



Powered by
Arizona State University

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autores: Óscar Eduardo Torres Cornejo

David Isaac Zevallos Sipión

Tutor: Ing. Marco V Noroña Merchán, M.Sc.

**Análisis del Daño del Módulo Regulador de Tensión de la
Batería Híbrida en el Toyota Prius A de Tercera Generación**

Guayaquil-Ecuador 2024

Certificación de Autoría

Yo Óscar Eduardo Torres Cornejo, con CI: 1312884586, declaro bajo juramento que el trabajo de titulación “Análisis del Daño del Módulo Regulador de Tensión de la Batería Híbrida en el Toyota Prius A de Tercera Generación”, es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Óscar Eduardo Torres Cornejo

CI: 1312884586

Certificación de Autoría

Yo David Isaac Zevallos Sipión, con CI: 0926482076, declaro bajo juramento que el trabajo de titulación “Análisis del Daño del Módulo Regulador de Tensión de la Batería Híbrida en el Toyota Prius A de Tercera Generación”, es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

David Isaac Zevallos Sipión

CI: 0926482076

Aprobación del Tutor

Yo, Marco Vinicio Noroña Merchán certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsables exclusivos tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán, MsC.

Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico esta tesis a un ser muy especial que hoy ya no está conmigo, pero que sin lugar a duda esta muy feliz en el lugar donde se encuentre, siempre te llevaré en mi corazón, gracias

Melva.

Óscar Eduardo Torres Cornejo

Dedicatoria

Dedico este logro trascendental en mi vida a Dios centro y razón de mi vida, a mi familia: Abuelos (que están en el cielo) , a mis madres (Matilde y Amialia), a mi padre (Julio) que desde el cielo me cuida, a mi padre (Norman), hermano, tíos (Carlos, Indira, Emilio, Ana y Marcelo), hijos(Lucas, Valentina, Aitana y Bianca), mi prometida (Stefanye García) y demás seres queridos, a quienes aprecio y estimo por sus consejos, apoyo incondicional y buenos deseos en cada paso de mi carrera, no solo estudiantil sino también personal y espiritual, una dedicación especial a la Dra. María Luisa Jara Alba por su apoyo incondicional en mi formación, siendo ella mi Jefa y luego exjefa ha estado siempre pendiente de que cumpla con tal valioso logro en mi vida.

David Isaac Zevallos Sipión

Agradecimiento

Indudablemente son muchos los involucrados en este proceso, Dios por sobre todas las cosas, familia, amigos, maestros, compañeros y colegas que en algún momento hicieron un aporte de gran importancia para lograr lo alcanzado, sin la motivación y apoyo recibido habría sido más difícil conseguirlo.

A Dios, por brindarme salud, darme las fuerzas y las ganas de nunca abandonar el objetivo a pesar de todas las adversidades que se presentaron. A mi familia, mi esposa Angela, mis hijas Noralma y Samantha, quienes por ellas soy lo que soy. A mi padre, por inculcarme gran parte de sus valores, principios y carácter que hoy me forman como persona. A mis amigos, compañeros y colegas, gracias por la confianza, por vivir y compartir conmigo gran parte de este trayecto. Un sincero agradecimiento al equipo de docentes y personal administrativo de la facultad de Ingeniería Automotriz campus Guayaquil, que siempre supieron cómo hacer las cosas para que este logro sea posible, a nuestro tutor, Ing. Marco Noroña, gracias por su paciencia y sus enseñanzas.

Especial y eterno agradecimiento a mi madre Prisky, aquella persona que siempre ha creído en mí, gracias por su apoyo incondicional, por sus consejos, por su forma de mostrarme el camino y darme el coraje necesario para nunca bajar los brazos, no me alcanza la vida para agradecer su dedicación y entrega.

Óscar Eduardo Torres Cornejo

Agradecimiento

Mi agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador que me dio la oportunidad de ayudarme a formar como profesional y de manera actitudinal que me brindó las herramientas necesarias para lograr mis objetivos, agradezco a mis madres (Matilde y Amalia) por su apoyo, a mi padre (Julio) que desde el cielo me cuida y guía, a mi padre (Norman) que siempre estuvo motivándome a cumplir este logro, a mis hijos (Lucas, Valentina, Aitana y Bianca), mi hermano Julio, a mis tíos (Carlos, Indira, Emilio, Ana y Marcelo) y al resto de mis familiares que siempre estuvieron para mí en este proceso de formación académica, dando lo mejor de mí, a mi prometida (Stefanye García) que incondicionalmente me da su apoyo moral y sentimental para poder salir adelante en este proceso. Agradezco de manera especial a la Dra. María Luisa Jara que siempre me brindó su apoyo en todo y su ayuda durante mi formación académica, agradezco de manera especial al Ing. Marco Noroña quien nos ha guiado de la mejor manera en el camino para poder lograr el objetivo anhelado, a mi compañero de tesis Oscar Eduardo Torres Cornejo por haber creído en el proceso de nuestro proyecto y siempre alentarme en los momentos difíciles.

David Isaac Zevallos Sipión

Índice de Contenido

| | |
|---|-------|
| Certificación de Autoría..... | iii |
| Aprobación del Tutor..... | v |
| Dedicatoria..... | vi |
| Agradecimiento..... | viii |
| Índice de Contenido..... | x |
| Índice de Figura..... | xiv |
| Indicie de Tablas..... | xviii |
| Resumen..... | xix |
| Abstract..... | xx |
| Capítulo I Antecedentes..... | 1 |
| 1.1 Tema de Investigación..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento del Problema..... | 1 |
| 1.3 Ubicación del Problema..... | 3 |
| 1.4 Formulación del Problema..... | 3 |
| 1.5 Sistematización de la Investigación..... | 4 |
| 1.6 Objetivos..... | 4 |
| 1.6.1 <i>Objetivo General</i> | 4 |
| 1.6.2 <i>Objetivos Específicos</i> | 4 |
| 1.7 Justificación y Delimitación de la Investigación..... | 4 |
| 1.7.1 <i>Justificación Teórica</i> | 5 |

| | |
|--|----|
| 1.7.2 <i>Justificación Metodológica</i> | 5 |
| 1.7.3 <i>Justificación Práctica</i> | 5 |
| 1.7.4 <i>Delimitación Temporal</i> | 6 |
| 1.7.5 <i>Delimitación Geográfica</i> | 6 |
| 1.7.6 <i>Delimitación del Contenido</i> | 6 |
| Capítulo II Marco Referencial | 8 |
| 2.1 Historia de los Vehículos Híbridos | 8 |
| 2.2 Marco Conceptual..... | 8 |
| 2.3 Mantenimientos Predictivos, Preventivos y Correctivos..... | 9 |
| 2.4 Falta de Mantenimiento de Vehículos Híbridos en la Pandemia del 2020..... | 10 |
| 2.5 Mantenimiento de la Batería Híbrida del Toyota Prius A de tercera Generación | 11 |
| 2.6 Historia del Toyota Prius | 13 |
| 2.7 Ventas del Toyota Prius en Ecuador..... | 14 |
| 2.8 Clasificación General de los Vehículos Híbridos | 15 |
| 2.9 Configuración Híbrida del Toyota Prius de Tercera Generación | 17 |
| 2.9.1 <i>Híbrido Completo o Full-Hybrid</i> | 18 |
| 2.9.2 <i>Híbrido Paralelo o Parallel-HEV (P-HEV)</i> | 19 |
| 2.9.3 <i>Enchufables o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)</i> | 19 |
| Tomado de: https://x-engineer.org/types-hybrid-electric-vehicles-hev/#google_vignette | 20 |
| 2.10 Componentes del Toyota Prius | 20 |
| 2.10.1 <i>Motor de Ciclo Atkinson</i> | 23 |
| 2.10.2 <i>Transmisión E-CVT</i> | 24 |
| 2.10.3 <i>Batería Híbrida</i> | 28 |

| | |
|--|----|
| 2.10.4 Bateria Auxiliar | 43 |
| 2.10.5 Motor Eléctrico..... | 44 |
| 2.10.6 Inversor..... | 46 |
| 2.10.7 Freno Regenerativo | 47 |
| 2.10.8 Tipos de Conducción..... | 48 |
| 2.10.9 Control Inteligente..... | 49 |
| 2.10.10 Monitoreo de Energía..... | 51 |
| 2.11 Equipos de Seguridad y Diagnósticos..... | 52 |
| 2.11.1 Multímetro Automotriz (Para Alto Voltaje)..... | 52 |
| 2.11.2 Scanner Automotriz Toyota Techstream..... | 54 |
| 2.11.3 Punta Lógica Automotriz..... | 55 |
| 2.11.3 Herramientas para Alta Tensión | 55 |
| 2.11.4 Guantes Dieléctricos..... | 56 |
| 2.11.5 Gafas de Seguridad..... | 57 |
| 2.11.6 Botas Dieléctricas..... | 58 |
| Capítulo III Diagnóstico Electrónico en el Sistema de Alto Voltaje | 59 |
| 3.1 Proceso de Mantenimiento en Modo Servicio..... | 59 |
| 3.2 Modo Mantenimiento al Sistema Híbrido del Toyota Prius..... | 59 |
| 3.3 Diagnóstico Electrónico Mediante Escáner Automotriz..... | 63 |
| 3.4 Procedimiento de Desmontaje de la Bateria HV | 65 |
| 3.5 Verificación del Estado de Bateria Híbrida..... | 68 |
| 3.6 Verificación del Jumper de Seguridad | 70 |
| 3.7 Revisión de los Elementos Híbridos (Estado de los Relés y BMS) | 72 |

| | |
|--|-----|
| 3.7.1 Relés..... | 72 |
| 3.7.2 BMS o Regulador de Tensión | 75 |
| 3.8 Mantenimiento de los Bornes de la Batería HEV y Conexiones Eléctricas..... | 75 |
| 3.9 Proceso de Instalación del Módulos BMS y Batería HEV | 76 |
| Capítulo IV Análisis de Funcionamiento del Sistema de Alto Voltaje | 82 |
| 4.1 Medición de Voltaje en Cada Celda..... | 82 |
| 4.2 Análisis del Funcionamiento Mediante el Scanner | 82 |
| 4.3 Análisis de Datos de las Baterías HEV | 84 |
| Conclusiones..... | 86 |
| Recomendaciones | 87 |
| Bibliografía | 88 |
| Anexos | 98 |
| Anexo 1..... | 98 |
| Anexo 2..... | 101 |
| Anexo 3..... | 105 |

Índice de Figura

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Mantenimiento Batería HV del Toyota Prius</i> | 12 |
| Figura 2 <i>Reemplazo de Batería HV del Toyota Prius</i> | 13 |
| Figura 3 <i>Ventas de Vehículos HEV en Ecuador Entre el año 2007 al 2021</i> | 15 |
| Figura 4 <i>Ilustración de Vehículos Full-Hybrid (Híbridos completos)</i> | 18 |
| Figura 5 <i>Esquema de Vehículo híbrido en paralelo o parallel-HEV (P-HEV)</i> | 19 |
| Figura 6 <i>Configuración de la AHS, Two-Mode Hybrid</i> | 20 |
| Figura 7 <i>Componentes del Toyota Prius</i> | 22 |
| Figura 8 <i>Esquema del Motor Atkinson</i> | 24 |
| Figura 9 <i>Transmisión E-CVT</i> | 25 |
| Figura 10 <i>Moto Generadores E-CVT</i> | 26 |
| Figura 11 <i>Posición de Marchas</i> | 27 |
| Figura 12 <i>Batería Híbrida</i> | 28 |
| Figura 13 <i>Conjunto de Batería de Níquel-Metalhidruro (Ni-MH)</i> | 31 |
| Figura 14 <i>Partes de la Batería Híbrida</i> | 32 |
| Figura 15 <i>Funcionamiento de la Batería HV Níquel-Metalhidruro del Toyota Prius</i> | 34 |
| Figura 16 <i>Diseño y Construcción de la Batería HEV Níquel-Metalhidruro del Toyota Prius</i> | 35 |
| Figura 17 <i>Jumper de Seguridad</i> | 37 |
| Figura 18 <i>ECU o Módulo Regulador de Tensión de la Batería HV del Toyota Prius</i> | 38 |
| Figura 19 <i>Módulo de Enfriamiento de la Batería Híbrida</i> | 39 |
| Figura 20 <i>Sistema Principal de Relé de la Batería Híbrida</i> | 40 |
| Figura 21 <i>Circuito del Sistema Principal de Relé</i> | 41 |
| Figura 22 <i>Conductos y Colector de Enfriamiento de la Batería Híbrida</i> | 42 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 23 | <i>Ubicación de la Batería HV del Toyota Prius A</i> | 43 |
| Figura 24 | <i>Batería Auxiliar del Toyota Prius A</i> | 44 |
| Figura 25 | <i>Motor Eléctrico</i> | 45 |
| Figura 26 | <i>El Inversor</i> | 46 |
| Figura 27 | <i>Esquema del Freno Regenerativo</i> | 47 |
| Figura 28 | <i>Botones del Modo de Conducción</i> | 48 |
| Figura 29 | <i>Control Inteligente de Entrada</i> | 50 |
| Figura 30 | <i>Encendido del Toyota Prius</i> | 51 |
| Figura 31 | <i>Indicador de Monitoreo de Carga de Batería</i> | 51 |
| Figura 32 | <i>Multímetro Automotriz</i> | 53 |
| Figura 33 | <i>VCM TIS (Toyota, Lexus y Scion)</i> | 54 |
| Figura 34 | <i>Punta Lógica</i> | 55 |
| Figura 35 | <i>Herramientas para Alta Tensión</i> | 56 |
| Figura 36 | <i>Guantes Dieléctricos</i> | 57 |
| Figura 37 | <i>Gafas de Seguridad</i> | 58 |
| Figura 38 | <i>Botas Dieléctricas</i> | 58 |
| Figura 39 | <i>Toyota Prius de Propiedad de la facultad de Ingeniería Automotriz (UIDE)</i> | 59 |
| Figura 40 | <i>Botón de Parking del Toyota Prius A Prius A</i> | 60 |
| Figura 41 | <i>Botón de Start/Stop y Llave Toyota Prius A</i> | 60 |
| Figura 42 | <i>Pisado del Acelerador (2 veces)</i> | 61 |
| Figura 43 | <i>Colocación de la Palanca en Neutro</i> | 61 |
| Figura 44 | <i>Pisado de Freno y Botón de Parking</i> | 62 |
| Figura 45 | <i>Modo Mantenimiento</i> | 62 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 46 | <i>Encendido del Motor en Modo mantenimiento del Toyota Prius A</i> | 63 |
| Figura 47 | <i>Conexión de VCM con el Vehículo</i> | 63 |
| Figura 48 | <i>Búsqueda del Vehículo en la VCM</i> | 64 |
| Figura 49 | <i>Conexión del Vehículo y la VCM</i> | 64 |
| Figura 50 | <i>Error de Comunicación con el VCM y la ECU</i> | 65 |
| Figura 51 | <i>Ubicación de la Batería HEV</i> | 66 |
| Figura 52 | <i>Desconexión del Jumper de Seguridad</i> | 67 |
| Figura 53 | <i>Desconexión de Líneas de Alta Tensión Batería HEV</i> | 67 |
| Figura 54 | <i>Desmontada de la Carcasa de la Batería HEV</i> | 68 |
| Figura 55 | <i>Sulfatamiento de la Batería HEV</i> | 69 |
| Figura 56 | <i>Comprobación de Batería HEV</i> | 69 |
| Figura 57 | <i>Marcado de Celdas de Batería HEV</i> | 70 |
| Figura 58 | <i>Desconexión del Jumper de Seguridad</i> | 71 |
| Figura 59 | <i>Verificación del Jumper de Seguridad</i> | 71 |
| Figura 60 | <i>Conjunto de Relés Principal Batería HV</i> | 72 |
| Figura 61 | <i>Conexión del SMR</i> | 73 |
| Figura 62 | <i>Conexión Principal del Relé con Sulfatamiento</i> | 74 |
| Figura 63 | <i>Limpieza del Circuito de los Relé Principales</i> | 74 |
| Figura 64 | <i>Daños al BMS o Regulador de Tensión</i> | 75 |
| Figura 65 | <i>Mantenimiento de Bornes de Batería HEV</i> | 76 |
| Figura 66 | <i>Batería HEV Empacada y Sellada</i> | 77 |
| Figura 67 | <i>Comprobación de Voltajes de Batería HEV</i> | 77 |
| Figura 68 | <i>Instalación de los Antiguos Componentes</i> | 78 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 69 | <i>Ensamblado de la Batería HEV Dentro del Vehículo</i> | 79 |
| Figura 70 | <i>Instalación de Conexión de Alta Tensión</i> | 80 |
| Figura 71 | <i>Instalación del Ventilador en la Batería HEV</i> | 80 |
| Figura 72 | <i>Instalación Final de la Batería HEV</i> | 81 |
| Figura 73 | <i>Voltaje de Celdas y Total de la Batería HEV</i> | 82 |
| Figura 74 | <i>Análisis del Funcionamiento de la Batería HEV</i> | 83 |
| Figura 75 | <i>Flujo de Energía</i> | 84 |

Indicie de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Clasificación, Categorías y Características de los Vehículos Híbridos</i> | 17 |
| Tabla 2 <i>Especificaciones Batería Híbrida</i> | 29 |
| Tabla 3 <i>Características de la Batería Híbrida del Toyota Prius</i> | 36 |
| Tabla 4 <i>Especificaciones del Motor Eléctrico</i> | 45 |
| Tabla 6 <i>Análisis de Datos de las Baterías HEV</i> | 84 |

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo analizar las fallas que se producen en el sistema de alto voltaje presente en un vehículo híbrido Prius de la marca Toyota, los cuales presentaron problemas al ser abandonados o dejaron de usarse durante el tiempo que duró el confinamiento a causa de la pandemia del COVID-19. El tiempo que duró el confinamiento a causa de la pandemia en Ecuador el 16 de marzo del 2020 hasta el 4 de mayo del mismo año, iniciando la “nueva normalidad”. Para este estudio se verificó el voltaje en cada uno de los módulos de la batería HEV, con el multímetro se analiza que exista voltaje recomendado por el fabricante y con el escáner automotriz no existió comunicación con la computadora del vehículo. El hallazgo fue la avería en el módulo de alto voltaje. Al ser un vehículo híbrido y quedar abandonado, fue manipulado al momento de encender cuando se levantaron las restricciones, causando así el daño del módulo regulador de tensión de la batería o BMS, arrojando el voltaje de 116.9V (en la batería antigua) y 217.4V (en la batería nueva). Los análisis de esta investigación se centran en los daños y recomendar a futuro a los técnicos que lo intervenga de manera preventiva y por consiguiente corregir de manera permanente (reemplazo del módulo).

Palabras Clave: Módulo de alta tensión, vehículos híbridos, batería HEV, sulfatación, mantenimientos.

Abstract

This research aims to analyse the failures that occurred in the high-voltage system of a Toyota Prius hybrid vehicle, which presented problems when abandoned or unused during the COVID-19 pandemic lockdown. The lockdown in Ecuador lasted from March 16 to May 4, 2020, when the "new normal" began. For this study, the voltage in each module of the HEV battery was verified. A multimeter was used to analyse whether the voltage recommended by the manufacturer was present, and an automotive scanner was used to verify that there was no communication with the vehicle's computer. The finding was a failure in the high-voltage module. Since it was a hybrid vehicle and was left abandoned, it was manipulated when it was turned on after the restrictions were lifted, thus causing damage to the battery voltage regulator module or BMS, resulting in a voltage of 116.9V (in the old battery) and 217.4V (in the new battery). The analyzes of this research focus on the damage and recommend that in the future, technicians should intervene in a preventive manner and consequently correct it permanently (by replacing the module).

Keywords: High voltage module, hybrid vehicles, HEV battery, sulfation, maintenance.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Análisis del daño del módulo regulador de tensión de la batería híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación.

1.2 Planteamiento del Problema

La ciudad de Guayaquil al ser una de las ciudades principales del Ecuador, cuenta con un amplio parque automotor, de estos el 20% son vehículos híbridos, dependiendo su tecnología, según fuente del Anuario AEADE 2021, desde el año 2009 al 2021, este segmento automotriz ha tenido una buena acogida por parte de los usuarios (AEADE, 2022).

Desde que se introdujeron al mercado automotriz ecuatoriano los vehículos híbridos con el Toyota Prius A de tercera Generación en el año 2010, marcó un hito en la historia Automotriz del Ecuador con tecnología moderna y de punta, pensando también en el medio ambiente.

Esta acogida de los vehículos híbridos tuvo un crecimiento en ventas y acogida por parte de los usuarios, debido a que desde el 24 de septiembre del 2021 se entregó a la Asamblea el “Proyecto de Ley Orgánica de Creación de Oportunidades, Desarrollo Económico y Sostenibilidad Fiscal”, la cual incluía reformas a la “Ley de Régimen Tributario Interno” y hubiesen impactado en el sector automotor porque incrementaba el ICE a los vehículos híbridos; subía impuestos a los vehículos eléctricos particulares; y aumentaba impuestos a las baterías, cargadores y cargadores para electrolinerías (AEADE, 2022).

Por temas políticos la Asamblea no aprobó la propuesta y el Ejecutivo envió un nuevo proyecto que entró en vigor por el ministerio de “La Ley” e incorporó cambios positivos que benefician al sector automotor, con la Reformas al “Reglamento de Matriculación Vehicular” en

el 2021, la ANT emitió una reforma a la Resolución 008-DIR-2017-ANT Reglamento de Procedimientos y Requisitos para la Matriculación Vehicular, el cual establece los siguiente (AEADE, 2022): -Gestores de matriculación:

.Un gestor de matriculación puede prestar sus servicios a una casa comercial o a varios concesionarios, siempre y cuando se trate de empresas relacionadas u obedezca a una alianza comercial justificada (AEADE, 2022).

-Matriculación de vehículos eléctricos, se eliminó el requisito de presentar la factura de pago de la acometida y medidor de energía emitida con la empresa correspondiente, la cual justifica la instalación de esta (AEADE, 2022).

-Se mantiene el 0 % de IVA a vehículos eléctricos, cargadores y baterías.

-Los vehículos híbridos están exentos del pago de ICE generando un ahorro de USD 2,6 millones al sector automotor (AEADE, 2022).

-Se faculta al presidente de la república, mediante decreto ejecutivo, reducir las tarifas del ICE de bienes o servicios previo dictamen favorable del ente rector de las finanzas públicas (AEADE, 2022).

-Se reestablece el fideicomiso en garantía para los vehículos (AEADE, 2022).

-Se incorpora dentro del COPCI un capítulo de Buenas Prácticas Regulatorias que pretende reducir o eliminar las regulaciones innecesarias, repetitivas y contradictorias (AEADE, 2022).

Desde el punto de vista de la economía de los usuarios que se encuentran en este segmento automotriz y a la limitada circulación que, por motivos de la pandemia, generó múltiples discusiones, ya que al ser un vehículo con una batería de Níquel Metal y al no tener un constante uso, genera fallos en los componentes del sistema híbrido como es el caso del módulo de control de la batería híbrida, por tal razón surge este tema a diagnosticar.

1.3 Ubicación del Problema

El vehículo híbrido Toyota Prius A de tercera generación, se encuentra en los talleres de Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) Sede Guayaquil, lugar donde se dieron los inconvenientes respecto al daño del módulo regulador de tensión de la batería híbrida.

1.4 Formulación del Problema

El proyecto de “Análisis del daño del módulo regulador de tensión de la batería híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación”, permitirá detectar daños generados a causa de la no utilización de estos tipos de vehículos por el confinamiento del “COVID-19” y falta de mantenimiento de estos, a origen de daños de sulfatamiento de los componentes híbridos tales como el módulo de control del voltaje de la batería híbrida.

Desde que la OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró como pandemia al COVID-19 el 11 de marzo del 2020, en el Ecuador, el presidente del Ecuador en aquel entonces Lenin Moreno Garcés opta por declarar el Estado de Excepción, el 16 de marzo de 2020 ya con 58 casos positivos de COVID y 2 fallecidos; restringiendo así la movilidad de las personas en todo el Ecuador con la finalidad de evitar la transmisión de coronavirus, dentro de las resoluciones más importantes fueron (Angel Santilán Haro, 2020):

- Cierre de servicios públicos a excepción de salud, seguridad, servicios de riesgos.
- Hospitales, tiendas de barrio, mercados y supermercados permanecerán abiertos.
- Suspensión total de la jornada laboral presencial del sector público y privado a partir del martes 17 de marzo.
- Toque de queda (para vehículos y personas) desde martes 17 de marzo del 2020 desde 21h00 a 5h00 del siguiente día.

- Suspensión de vuelos nacionales de pasajeros.
- Suspensión de transporte interprovincial.

1.5 Sistematización de la Investigación

- ¿Cuál es la incidencia de la pandemia respecto al daño de los componentes del vehículo híbrido Toyota Prius A de tercera generación?
- ¿Cuáles son los lineamientos para tomar en cuenta para el correcto funcionamiento del módulo de control de tensión de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación?
- ¿Cómo se desarrolla el plan de análisis de la falla por falta de mantenimiento preventivo en el Toyota Prius A de tercera generación?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Analizar el daño del módulo regulador de tensión de la batería híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Describir el estado de los componentes de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación.
- Determinar las posibles soluciones en base a un diagnóstico electrónico en el sistema de alto voltaje.
- Realizar pruebas del funcionamiento correcto al módulo de control de tensión de la batería híbrida por medio de guías prácticas.

1.7 Justificación y Delimitación de la Investigación

Definido los objetivos de la investigación se puede indicar el paso de la determinación, el estado de condición del vehículo, desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

1.7.1 Justificación Teórica

La fundamentación teórica de este trabajo se basa en la investigación del funcionamiento completo del módulo regulador de tensión de la batería híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación, con el apoyo de manuales y boletines propios de la marca.

1.7.2 Justificación Metodológica

Analizar la falla y aplicación de soluciones, cuenta con todos los aspectos técnicos, mediante un proceso lógico y ordenado. Estos estudios acerca del diagnóstico son basados en las recomendaciones propios del fabricante y en otros estudios académicos como: “*Análisis del funcionamiento de una batería híbrida de un vehículo Toyota Prius con una guía de estudio, autoría Jonathan Vladimir Espinosa Zapata, mayo 2015 (Zapata, 2015); Estudio y análisis del conjunto de baterías del vehículo híbrido Toyota Prius modelo a, autoría Ronald Édison Méndez Caiche, de septiembre 2015 (Caiche, 2015); Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Metalhidruro (NiMH) en la Generación de Energía Alternativa para un Taller Automotriz, autoría Lenine Mickaela Fernandes Dib, de septiembre del 2021 (Dib, 2021)*” trabajos realizados en los vehículos híbridos Toyota Prius A de tercera generación, como encontrar una solución técnica en la inspección de este segmento de vehículos.

1.7.3 Justificación Práctica

A nivel internacional existen estudios que demuestran que este segmento de vehículos con el pasar del tiempo no los eximen de que no deben de ir a un taller automotriz para un chequeo periódico, como lo demuestra la reconocida revista “*La Vanguardia*”, desde Top Gear han querido determinar cuáles son las averías más frecuentes en estas unidades y para ello han recurrido a los conocimientos del taller especializado “*Motor Cebis*”, que ha identificado, entre otros, los siguientes cuatro problemas (Vanguardia, Redacción de la Revista, 2018):

- Avería del cableado del sistema eléctrico de los vehículos híbridos.
- Avería del conector de servicio.
- Avería de la caja de cambios unida al inversor.
- Avería de la junta de culata.

La referencia de estas averías son el resultado de un estudio realizado en base a revisión periódica de los vehículos híbridos, en la pandemia del “*COVID-19*” a causa del confinamiento se limitó la circulación vehicular y por ende el segmento de vehículos híbridos tales como el Toyota Prius A tercera generación, al contener una batería de Níquel Metal generan sulfatación y por ende comprometerá los componentes que conforman las partes híbridas, al no estar en constante uso.

1.7.4 Delimitación Temporal

El trabajo se desarrolla desde el mes de octubre del 2023 a enero del 2024, lapso que permitirá recabar el diagnóstico de las fallas del módulo de control de la batería en vehículo híbrido.

1.7.5 Delimitación Geográfica

Está investigación se desarrolla en un vehículo Híbrido Toyota Prius A de tercera generación, el cual está ubicado en los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) en la ciudad de Guayaquil.

1.7.6 Delimitación del Contenido

El primer bloque de este diagnóstico está orientado al planteamiento del problema, estableciendo un marco conceptual, ubicando el problema en el vehículo híbrido, formulando el mismo a base del módulo del control de la batería, sistematizando la investigación, mediante los objetivos generales y específicos del problema justificándolo, delimitando esta investigación en base a la hipótesis.

El segundo bloque se detalla los conceptos preliminares de la investigación, usando los tipos de mantenimientos, basado en la historia del modelo Prius, se habla de la llegada al Ecuador del Toyota Prius. Se detallan las ventas de este; en base al marco conceptual podemos hablar de los tipos de vehículos híbridos, los componentes de estos, tipos de tecnologías de baterías usadas en estos, módulo de la batería híbrida, definir qué es el BMS, se detalla la falta de mantenimiento de estos en la pandemia y por último se describirá un banco de pruebas genérico para reparación y mantenimiento de las baterías híbridas.

El tercer bloque se implementa el diseño metodológico, mediante el método de investigación a usar, el tipo de investigación, analizando el comportamiento de las baterías híbridas usadas en los vehículos híbridos, verificando la incidencia de la carga de los packs de la batería híbrida de alta tensión, realizando el mantenimiento de la batería del Toyota Prius A de tercera generación, usando procedimiento para realizar dicho mantenimiento.

El cuarto bloque, se llevan a cabo las pruebas del voltaje del módulo regulador de tensión de la batería híbrida, probando el voltaje nominal de la misma, probar el estado de los componentes a reemplazar y prueba final del vehículo híbrido Toyota Prius A de tercera generación.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Historia de los Vehículos Híbridos

Durante muchos años la industria automotriz ha estado sujeta por un estándar tecnológico, desde la combustión a carburador, usando los sistemas “Jetronic”, hasta la implementación completa del sistema de inyección a gasolina. La revolución de tecnología verde viene desde los años de 1914, con la implementación del vehículo eléctrico en aquellos tiempos, de la marca “*Detroit Electric Model 47 brougham*” y usado por la esposa de Henry Ford (Clara Ford) como su vehículo personal (The Henry Ford, 2022).

La discusión de las “*Tecnologías Híbridas*” se dio por los años sesenta, cuando el congreso de Estados Unidos recomienda el uso de coches eléctricos para reducir la contaminación ambiental, lo que causó que la industria automotriz se mueva a paso lento, en aquel entonces surgió la teoría del ingeniero Victor Wouk la cual sostenía que el “*Futuro no estaba en el motor eléctrico, sino en el híbrido gasolina/eléctrico*”, lo que en aquellos tiempos le valió muchas críticas. Para finales de la década de los sesenta, el prestigioso fabricante de automóviles “*General Motor*” mostraba en aquellos tiempos tres prototipos de microautos: uno eléctrico, uno híbrido y uno completo a gasolina. Los modelos que eran 100% eléctricos señalaban que quedaba mucho por hacer, las baterías daban prestaciones muy pobres en aquellos tiempos y poca autonomía, así que los híbridos eran la alternativa más factible (Motorpasión , 2022).

2.2 Marco Conceptual

Un vehículo híbrido o HEV “Hybrid Electric Vehicle”-, a diferencia de un vehículo de motorización normal, estos tipos de vehículos incorpora más de una fuente de potencia en el tren motriz o “Powertrain”. Un motor de combustión interna o ICE –“Internal Combustion Engine” y

motor eléctrico que son alimentadas por una batería electroquímica, ultra condensadores, o una combinación de ambas (Ullán, 2020).

Los vehículos híbridos son aquellos que su impulso es por dos motores que pueden ser de distinta naturaleza: por ejemplo, un motor de combustión interna y un motor eléctrico, un auto híbrido puede está configurado para aprovechar ambas fuentes para obtener energía y moverse de forma económica contando con un excelente rendimiento (Volkswagen Mexico, 2022).

El objetivo de tener un vehículo híbrido tiene como beneficios de conducción, ahorro de combustible y propician el cuidado del medio ambiente. La diferencia entre un vehículo a combustión interna y un vehículo híbrido, es que el motor a combustión interna funciona gracias al uso de la gasolina, en cambio los vehículos híbridos combinan un motor eléctrico y un motor de combustión interna propiciando un mayor ahorro de gasolina o diésel, generando una menor emisión de CO₂ (Volkswagen México, 2022).

2.3 Mantenimientos Predictivos, Preventivos y Correctivos

Cuando se habla de Mantenimiento, esta palabra engloba múltiples ideas a los dueños de empresas o de máquinas, debido a que se compromete tiempo y recursos (mano de obra y dinero), existen tres tipos de mantenimiento: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, los cuales se detallan brevemente:

-Mantenimiento predictivo: Este mantenimiento es muy similar al mantenimiento preventivo, la diferencia está en que para establecer el estado de los equipos se tienen en cuenta tanto variables físicas como químicas, se enfoca en detectar posibles fallos de los equipos, máquinas y vehículos con anterioridad permitiendo anticiparse a errores, hay que tener en cuenta que es muy difícil obtener una respuesta absoluta, pues no se puede saber con total certeza cuándo se producirán los supuestos fallos (Einatec Redacción, 2018).

-Mantenimiento preventivo. Este mantenimiento es conocido como mantenimiento planificado, el cual consiste en adelantarse a las posibles averías que puedan surgir en los equipos, máquinas o vehículos, es distinto al mantenimiento correctivo. La principal ventaja de este mantenimiento es evitar imprevistos y que todo esté siempre bajo control, es importante la organización porque hay que hacer inspecciones periódicas de los equipos o máquinas ya intervenidas (Einatec Redacción, 2018).

-Mantenimiento correctivo: Es el que consiste en arreglar los problemas a medida que van surgiendo, su principal ventaja es que no hay que intervenir en tiempo planificado (como se lo hace en el Mantenimiento preventivo), se debe de tener muy en cuenta que para solucionar aquellos problemas que puedan surgir habrá que parar la producción y podría afectar al ritmo laboral de talleres o lugar de trabajo, es ideal este tipo de mantenimiento para empresas con poca carga de trabajo (Einatec Redacción, 2018).

2.4 Falta de Mantenimiento de Vehículos Híbridos en la Pandemia del 2020

La pandemia obligó a los conductores a dejar sus vehículos guardados por un tiempo indeterminado, algunos de ellos son propulsión híbrido o eléctrico, debido a las medidas de restricción que tomaron los gobiernos en todo el mundo con la finalidad de atenuar el daño que iba causando la pandemia del COVID-19, lo cual exigió a que los conductores no utilizaran sus autos por varias semanas (Redacción El Comercio de Perú, 2020).

Sin embargo, la cuarentena del 2020 no significaba que los vehículos híbridos sean abandonados por los dueños, es ahí cuando se los debe de revisar y cuidarlos más. Estos tipos de vehículos genera muchas dudas por parte de los dueños en el sentido de la degradación de la batería del auto (Redacción El Comercio de Perú, 2020).

Los vehículos híbridos a diferencia de los vehículos que usan motores a combustión interna, estos cuentan con un conjunto de batería de alta tensión las cuales no se pueden manipular, debido a que su función es alimentar el sistema eléctrico; de acuerdo con la recomendación del fabricante y verificando el manual del vehículo, el conductor podría desconectarla de manera total o parcial, con esta recomendación se garantizaba la carga de la batería y la vida útil de la misma por el tiempo que dure la cuarentena (Redacción El Comercio de Perú, 2020).

De acuerdo con esta publicación del diario “*El Comercio*” se recomienda encender el vehículo híbrido al menos una vez en cuatro semanas, manteniéndolo solo en “*Parking*”, sin necesidad de conducir con la finalidad de verificar el arranque; luego de realizar dichas pruebas se deberán desconectar las funciones de los consumidores: radio, luces, aire acondicionado, luz interna, etc. Todo esto dejándolo encendido por media hora con la finalidad que se carguen las baterías tanto la auxiliar como la principal (Redacción El Comercio de Perú, 2020).

2.5 Mantenimiento de la Batería Híbrida del Toyota Prius A de tercera Generación

El sistema híbrido del Toyota Prius A de tercera generación, tiene 2 tipos de mantenimiento o servicio, los cuales son:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

En el mantenimiento preventivo se encuentran la revisión de los frenos, así como el monitoreo de la transmisión automática y motor; aunque también se revisan otras, como la correa, filtro de partículas, sobrealimentación, alternador y embrague, hay que contemplar las inspecciones convencionales como son:

- Aceite.
- Anticongelante.

- Suspensión.
- Transmisión automática.
- Batería.

Este tipo de mantenimiento preventivo tiene la finalidad de alargar la vida útil de la batería híbrida, la cual dura de 8 a 10 años dependiendo del cuidado como observamos en la figura 1.

En cambio, con el mantenimiento correctivo como se ve en la figura 2 se realiza el reemplazo definitivo de los componentes de los sistemas híbridos del vehículo, habiendo cumplido el kilometraje estipulado por el fabricante. Hay que contemplar que todos el sistema eléctrico y sobre todo las baterías, su duración oscila entre los 150 a 200 mil kilómetros; lo que también se podría traducir en 10 años (Carrera Rivera & Noroña Merchán, 2022).

Figura 1

Mantenimiento Batería HV del Toyota Prius



Fuente: (Redacción de UniEnergy Batería, 2023)

Figura 2

Reemplazo de Batería HV del Toyota Prius



Fuente: (Redacción de UniEnergy Batería, 2023)

2.6 Historia del Toyota Prius

Conforme al artículo publicado en el blog especializado (Motorpasión , 2022), en el año de 1976 Toyota empieza el desarrollo de vehículos híbridos con prototipo de deportivo híbrido en serie movido por turbina de gas (GT) y motor eléctrico, presentado en Japón. Para finales de los años noventa Toyota se lanza al mundo el primer vehículo híbrido de producción masiva con el “*Toyota Prius*”, Prius significa “*Pionero*”. Este modelo fue el primer híbrido puro, con una cantidad muy elevada de soluciones técnicas innovadoras para la época. Para aquellos años el Prius causó un fuerte impacto a los consumidores por su peculiar propuesta, tanto por la tecnología y la crítica de los expertos que estaban divididos sobre si el vehículo híbrido tenía un futuro comercial o no, lo que Toyota planteó en el año de 1997 fue un avance tecnológico significativo, viable y duradero (Motorpasión , 2022).

En el año 2004, Toyota lanza la segunda generación del Prius, traía incluida una extensa lista de tecnologías nuevas o renovadas, a diferencia del anterior Prius cuatro puertas, en la versión del año 2004 era ya un hatchback de cinco puertas muy versátil que llamaba mucho la atención por su carrocería casi futurista, totalmente en consonancia con su visión de futuro. Además, el Prius contaba con un coeficiente aerodinámico de sólo 0,26 gracias en parte a su característica trasera Kammbac. El fabricante afirmó en aquel entonces (2010) el Prius podía funcionar con 4 litros de gasolina cada 100 km, en realidad, solo necesitaría unos 6 litros de combustible, en la ciudad el consumo medio será de unos 5 litros y fuera de la ciudad, donde la conducción híbrida ya no es útil y el motor tiene que empujar un automóvil con baterías pesadas, el costo será de 7-8 litros, Toyota Prius A de tercera generación no requiere ninguna habilidad especial de conducción, pero si desea aprovechar al máximo el potencial de una configuración híbrida, debe acostumbrarse a conducir de manera un poco diferente (Redacción autotrip , 2021).

Al utilizar la inercia para acumular energía eléctrica (recuperación) por lo tanto, se puede ahorrar combustible; habiéndose adaptado para prever cuánto puede rodar el híbrido sin gasolina, frenando por inercia, será posible usar los frenos solo en casos excepcionales (Redacción autotrip , 2021).

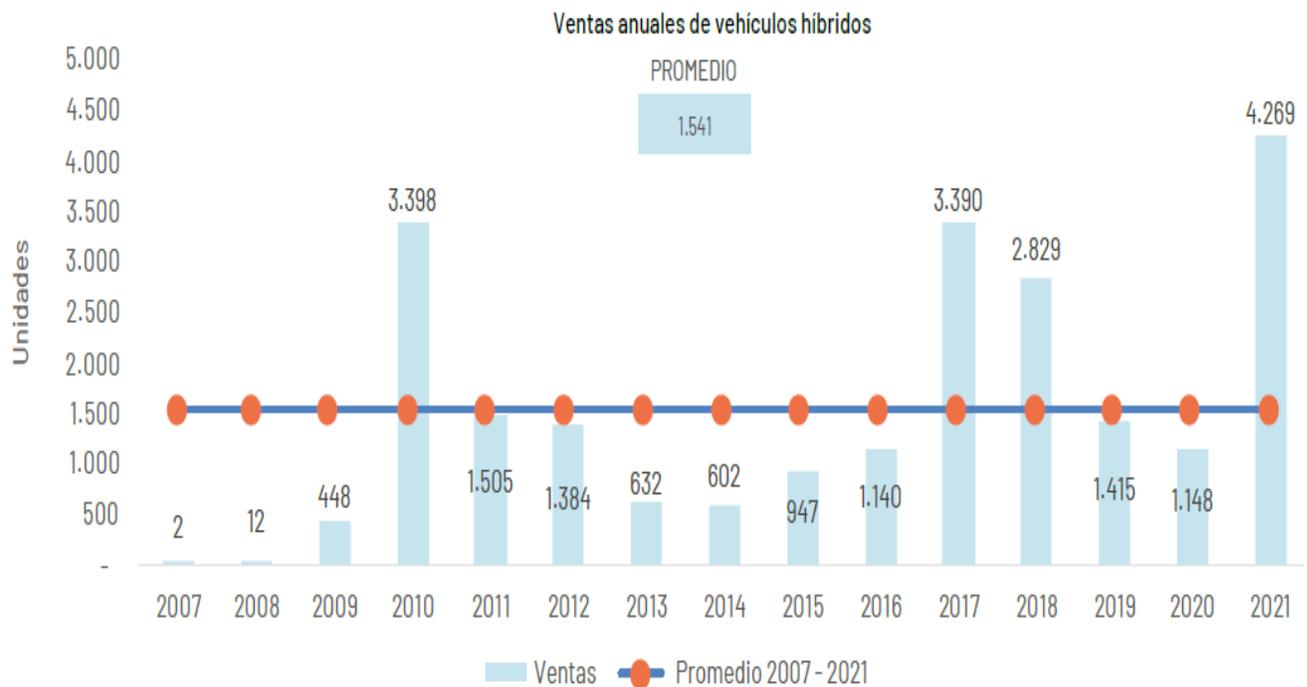
2.7 Ventas del Toyota Prius en Ecuador

De acuerdo con el anuario de la (AEADE, 2022), en la figura 3, de acuerdo con el año 2021, se registró un récord de ventas de vehículos híbridos con un total de 4.269 unidades, lo cual marca una nueva tendencia para los usuarios hacia la energía alternativa o verde en los automotores que ingresan al mercado ecuatoriano. La tecnología que ha impulsado este nuevo despunte en Ecuador es la hibridación ligera (Mild Hybrid Electric Vehicles - MHEV) o híbridos de 48 V, sin embargo, los cambios normativos que exoneraron del impuesto a los consumos especiales a todos

los vehículos híbridos, sin considerar su precio de venta al público, desde noviembre del 2021 podrá generar un mayor crecimiento en todos los tipos de vehículos híbridos en los meses venideros (AEADE, 2022).

Figura 3

Ventas de Vehículos HEV en Ecuador Entre el año 2007 al 2021



Fuente: (AEADE, 2022)

2.8 Clasificación General de los Vehículos Híbridos

En un vehículo híbrido eléctrico (HEV), la disposición y uso de los componentes origina diferentes tipos de HEV, dependiendo según su tren de potencia, por ello se dispondrá también de una batería que alimenta el motor o motores eléctricos que puede ser recargada mediante sistemas de frenado regenerativo, el ICE o directamente con la red, lo que es conocido como los PHEVs, - Plug in Hybrid Electric Vehicles - o híbridos enchufables (Ullán, 2020).

Al presente, las configuraciones híbridas se han aplicado en diversos tipos de vehículos como SUVs, compactos, pick-ups, camiones, autobuses, etc (Ullán, 2020).

Por esta razón se originan varias formas de clasificar los HEVS, en primera instancia la clasificación generalmente aceptada en los HEVs es según su ratio de electrificación, como se lo detalla a continuación (Ullán, 2020):

- Microhíbrido o Micro-Hybrid.
- Semi-Híbrido o Mild- Hybrid MHEV.
- Híbrido Completo o Full-Hybrid.
- Híbrido Serie o Series-HEV (S-HEV).
- Híbrido Paralelo o Parallel-HEV (P-HEV).
- Generador de Arranque Integrado o Integrated Starter Generator.
- Pre-Transmisión.
- Post-Transmisión.
- Híbrido a Través de la Carrera o Through the Road.
- Serie Paralelo o Series-Parallel HEV (SP-HEV).
- Híbrido de Potencia Dividida o PowerSplit Hybrid.
- Dos Modos Híbridos o Two-Mode Hybrid.
- Enchufables o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).

En la Tabla 1, se detalla la clasificación y características de los vehículos híbridos.

Tabla 1*Clasificación, Categorías y Características de los Vehículos Híbridos*

| Tipos | Clasificación Eléctrica | Ahorro de Combustible | Incremento de Costo | Características Añadidas | Ejemplos |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|---|---|
| Micro-hybrid o Microhíbridos | 3-5 kW | ~ 10% | Baja | Start/Stop, Frenado regenerativo moderado y accesorio alimentación | Mercedes Smart, Efficient Dynamics, Volkswagen Blue Motion y Suzuki Swift |
| Mild hybrid o Semihíbrido o MHEV | 7-5 kW | ~ 20% | Moderado | Start/Stop, Frenado regenerativo, accesorio alimentación y Asistencia electrónica moderada | Honda Insight, Chevrolet Silverado Hybrid, Mercedes-Benz S-Class Hybrid, BMW 7-Series Hybrid |
| Fullhybrido o Híbrido Completo | > 30kW | ~ 40% | High | Start/Stop, Frenado regenerativo, accesorio alimentación, Asistencia electrónica y Accionamiento solo eléctrico | Toyota Prius A de tercera generación, Ford Escape Hybrid, Chevrolet Tahoe Hybrid y BMW X6 Active Hybrid |

Fuente: (Ullán, 2020)

2.9 Configuración Híbrida del Toyota Prius de Tercera Generación

El Toyota Prius de tercera generación del 2010, cuenta con una configuración híbrida de la siguiente manera:

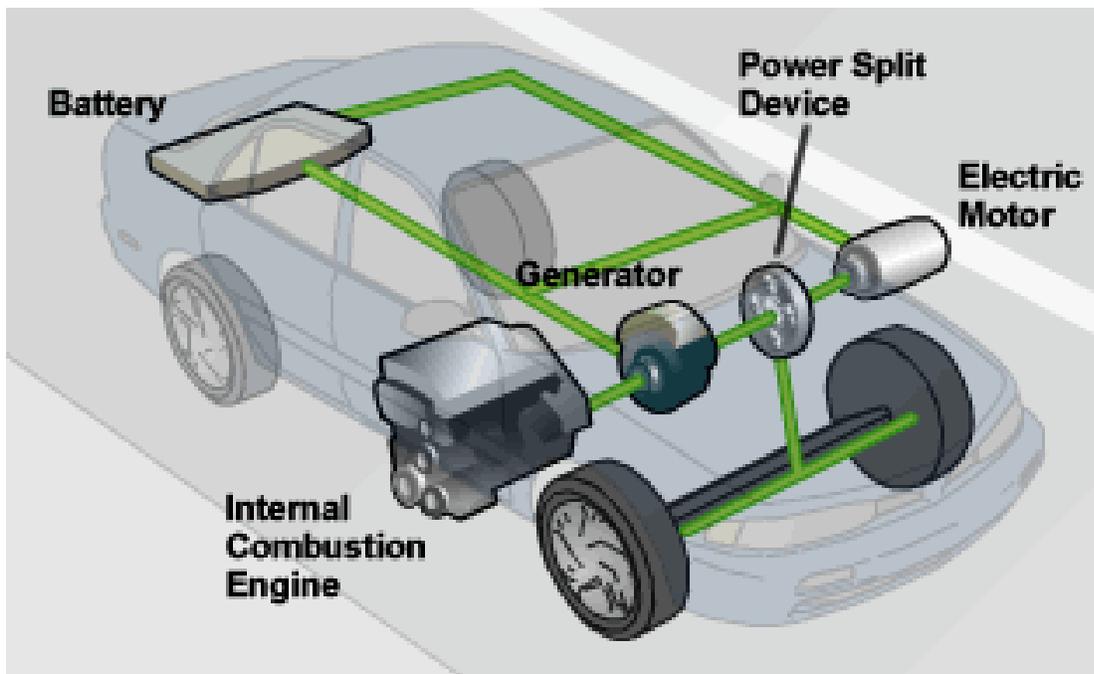
- Híbrida Completo o Full-Hybrid.
- Paralelo o Parallet-HEV (P-HEV).
- Enchufables o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).

2.9.1 Híbrido Completo o Full-Hybrid

Estos vehículos (figura 4) son los que mayor grado de electrificación tienen, para un sedán el motor eléctrico puede suministrar 30 kW o más, lo que define a un Fullhybrid es que el *motor eléctrico* puede dar toda la potencia necesaria para moverlo sin ayuda del motor a combustión interna, poseen todas las funcionalidades de las categorías anteriores, llegan hasta un 40% aproximadamente de ahorro de combustible respecto a un vehículo convencional, necesitan baterías de mayor capacidad que alimenten al motor eléctrico, pero por otra parte, no necesitan motor a combustión interna con la potencia del vehículo convencional (Ullán, 2020).

Figura 4

Ilustración de Vehículos Full-hybrid (Híbridos completos)



Fuente: (Oudkerk, 2021)

Estos vehículos tienen configuraciones más complejas como se aprecia en la figura 4, en consecuencia, un coste mayor, ya que dispone de dispositivos separadores de potencia, éstos consisten en engranajes planetarios que divide la potencia según las necesidades, en la tabla 1

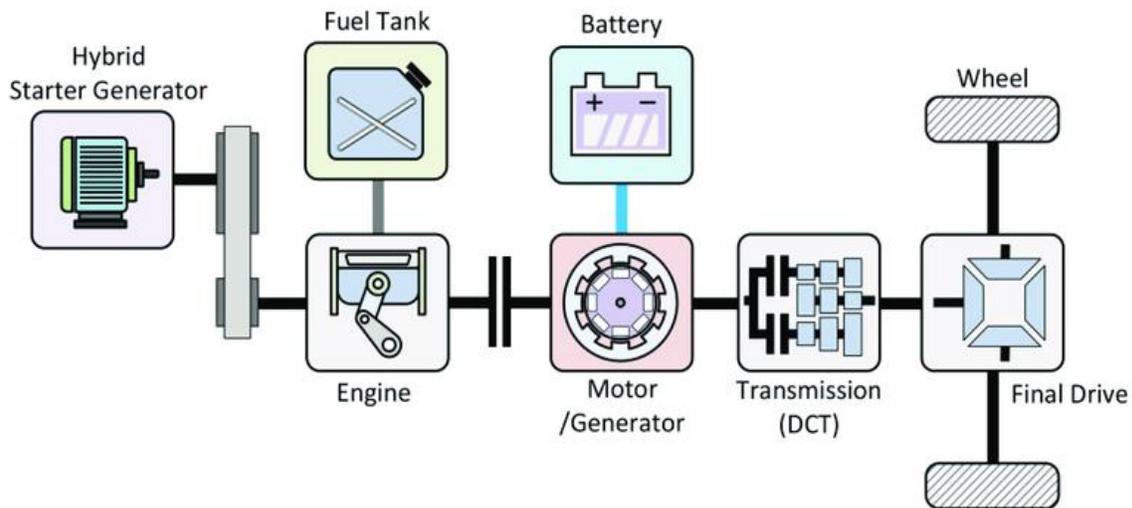
podemos ver la clasificación, categoría y características generales de los vehículos híbridos. (Ullán, 2020).

2.9.2 Híbrido Paralelo o Parallel-HEV (P-HEV)

Está configurado desde la potencia del *motor a combustión interna* y del *motor eléctrico*, se suma a la transmisión independientemente el uno del otro, como se puede observar en la figura 5 de la configuración general (Ullán, 2020).

Figura 5

Esquema de Vehículo híbrido en paralelo o parallel-HEV (P-HEV)



Fuente: (Redacción de Researchgate.net, 2024).

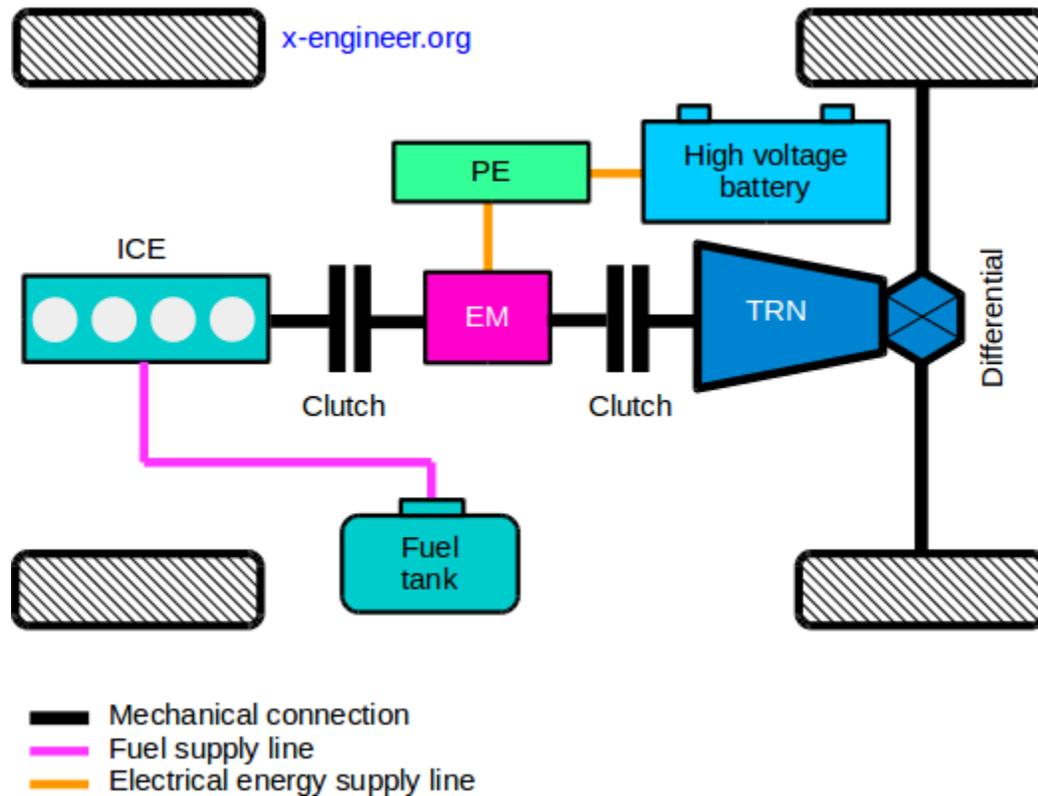
2.9.3 Enchufables o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

En este tipo de categorías podemos decir que posee un puerto de recarga exterior de la batería, cuentan con una diferencia muy importante, es el mayor tamaño de las baterías, con ello se consigue autonomías en modo eléctrico superiores diseñadas para la conducción diaria normal en trayectos de ciudad, normalmente son los que mayor electrificación tienen (Ullán, 2020).

Cuentan con autonomías similares a vehículos convencionales y puede conducirse en modo eléctrico en trayectos cortos de ciudad; por otro lado, las baterías más grandes aumentan el peso y coste del vehículo, en la figura 6 podemos observar su configuración (Lu, 2009).

Figura 6

Configuración de la AHS, Two-Mode Hybrid



Fuente: (Redacción de X-engineer.org, 2024)

2.10 Componentes del Toyota Prius

El Toyota Prius de tercera generación implementa un sistema híbrido en paralelo que trabaja tanto con el motor eléctrico como el motor de combustión interna pudiendo dar movimiento o tracción mecánica directamente a las ruedas; la ventaja de este sistema es que cualquiera de los motores individual o simultáneamente pueden generar dicho movimiento, durante el uso

combinado de los dos motores se aumenta o se suma la potencia, El Toyota Prius y los vehículos híbridos en general poseen cuatro características (Calle, 2012):

-Reducción de Pérdidas. El sistema híbrido del Toyota Prius tiene la función de detener o apagar automáticamente el régimen de ralentí del motor de combustión interna, por ejemplo, al detenerse en un semáforo, reduciendo el consumo de combustible, mientras que en los vehículos convencionales no sucede lo mismo, ya que el motor permanece encendido en ralentí y se desperdicia la energía mediante el consumo del combustible (Calle, 2012).

-Recuperación y Reutilización. Los vehículos híbridos no desaprovechan la energía, como sucede en los automóviles convencionales lo que se produce en las frenadas disipándose como calor, en un vehículo híbrido esta energía es aprovechada para recargar la batería de la parte eléctrica del sistema, esta recarga se da también durante la desaceleración del vehículo con el mismo objetivo de recargar la batería de la parte eléctrica del sistema híbrido, este proceso se lo conoce como freno regenerativo (Calle, 2012).

-Apoyo del Motor Eléctrico. En los vehículos híbridos existen momentos en los que la necesidad de velocidad y la fuerza obliga a funcionar al motor eléctrico, sumándose así a trabajar el motor a gasolina (Calle, 2012).

-Eficiencia. La tecnología del sistema híbrido aprovecha al máximo la energía producida por el motor de combustión al usar energía eléctrica para mover el vehículo en bajos regímenes de fuerza y al usar el motor térmico cuando hay altos regímenes de aceleración (Calle, 2012).

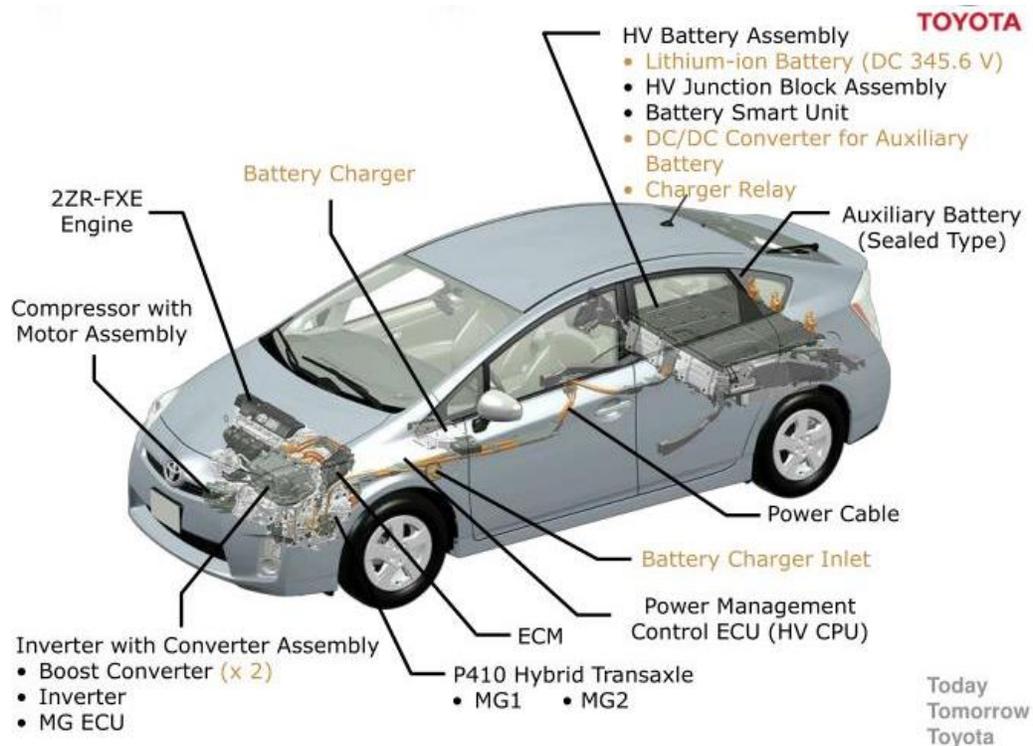
El Toyota Prius de tercera generación cuenta con componentes de alta tecnología como se ve en la figura 7, los cuales se detallan a continuación:

- Motor de Ciclo Atkinson.
- Transmisión E-CVT.

- Batería HEV.
- Batería auxiliar.
- Motor eléctrico
- Inversor.
- Freno regenerativo.
- Conducción EV, ECO, POWER.
- Control inteligente.
- Indicador de la zona de economía.
- Monitoreo de energía.
- Indicadores.

Figura 7

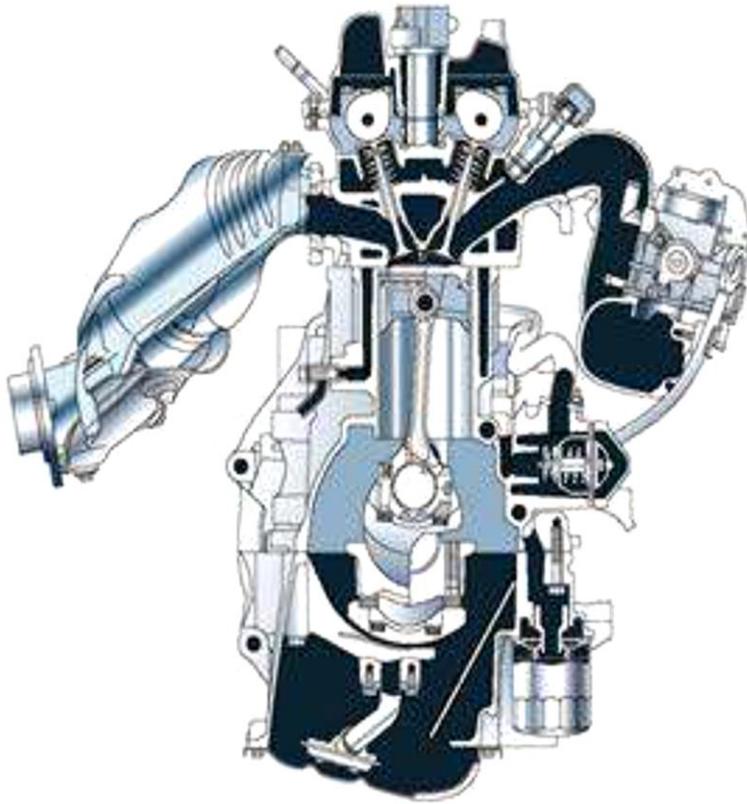
Componentes del Toyota Prius



Fuente: (Redacción Slideserve.com, 2014)

2.10.1 Motor de Ciclo Atkinson

El motor a combustión interna del Toyota Prius de tercera generación, tiene la característica de funcionar como al del motor Otto convencional, este ciclo se lo denomina motor Atkinson como la figura 8, el cual fue ideado por el inglés James Atkinson en 1887, la diferencia básica es que este motor tiene una compresión alta (en el caso del Prius es de 13:1), sin el inconveniente de la detonación o autoencendido que esto generaría en el motor de ciclo Otto, claro que hay que reducir la carrera efectiva de compresión con respecto a la de expansión, esta reducción de carrera se la hace retrasando el cierre de la válvula de admisión, permitiendo un reflujo de gases hacia el colector de admisión mientras el pistón está en su carrera ascendente, (reflujo que será aprovechado en el próximo ciclo de admisión), técnicamente la carrera de ascenso en compresión es de 9:1. La válvula de admisión permanece abierta un instante más al comenzar dicho ascenso, este retraso al cierre de la válvula va entre 78° y 105° después del punto muerto inferior, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, gracias al sistema VVT-I (Valve Variable Timing Intelligent) que en español quiere decir Válvula Variación Inteligente al Tiempo, luego en la carrera de descenso en trabajo o explosión la compresión llega a ser de 13:1, con esto se aprovecha las ventajas de una alta compresión. El retraso del cierre de la válvula determina la cantidad de gases que permanecen en el interior del cilindro y el comienzo de la compresión, esto se refleja en menores prestaciones pues tiene menor ingreso de mezcla al cilindro (menor consumo), pero aprovecha mejor el rendimiento de la carrera de trabajo o explosión que libera mayor energía. La diferencia en el ciclo tradicional ha llevado a decir que el motor Atkinson tiene cinco tiempos, admisión, reflujo de gases, compresión, trabajo y escape, claro que la cantidad de mezcla retenida es menor, pero permite el uso de compresiones más altas, lo que repercute en un mayor aprovechamiento de la energía liberada (Calle, 2012).

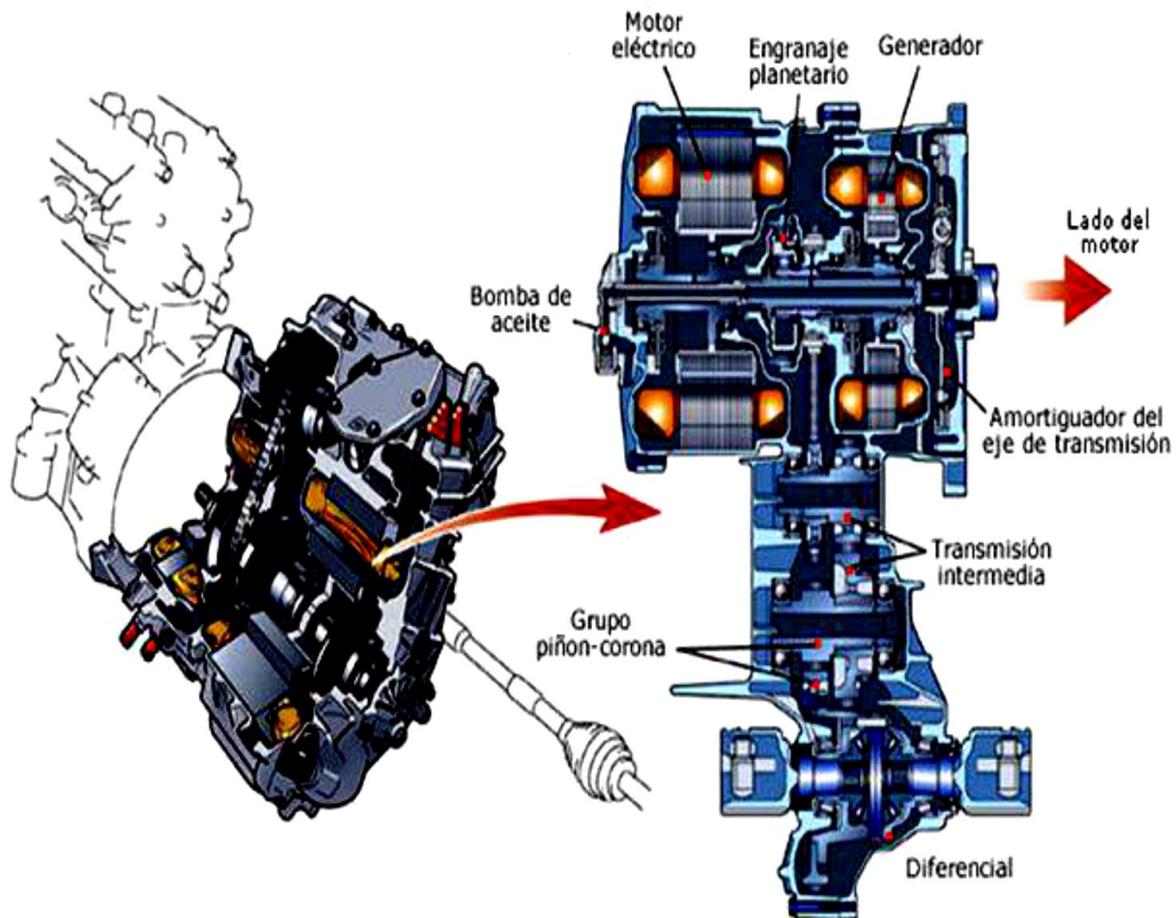
Figura 8*Esquema del Motor Atkinson*

Fuente: (Calle, 2012)

2.10.2 Transmisión E-CVT

El Toyota Prius tercera generación y otros modelos híbridos de la marca, ofrecen una transmisión E-CVT como vemos en la figura 9, es denominada PSD (Power Split Device) que quiere decir dispositivo separador de flujo, cuyas características son (Calle, 2012):

- Menor peso.
- Menores pérdidas por rozamiento.
- Mayor espacio.

Figura 9*Transmisión E-CVT*

Fuente: (Calle, 2012)

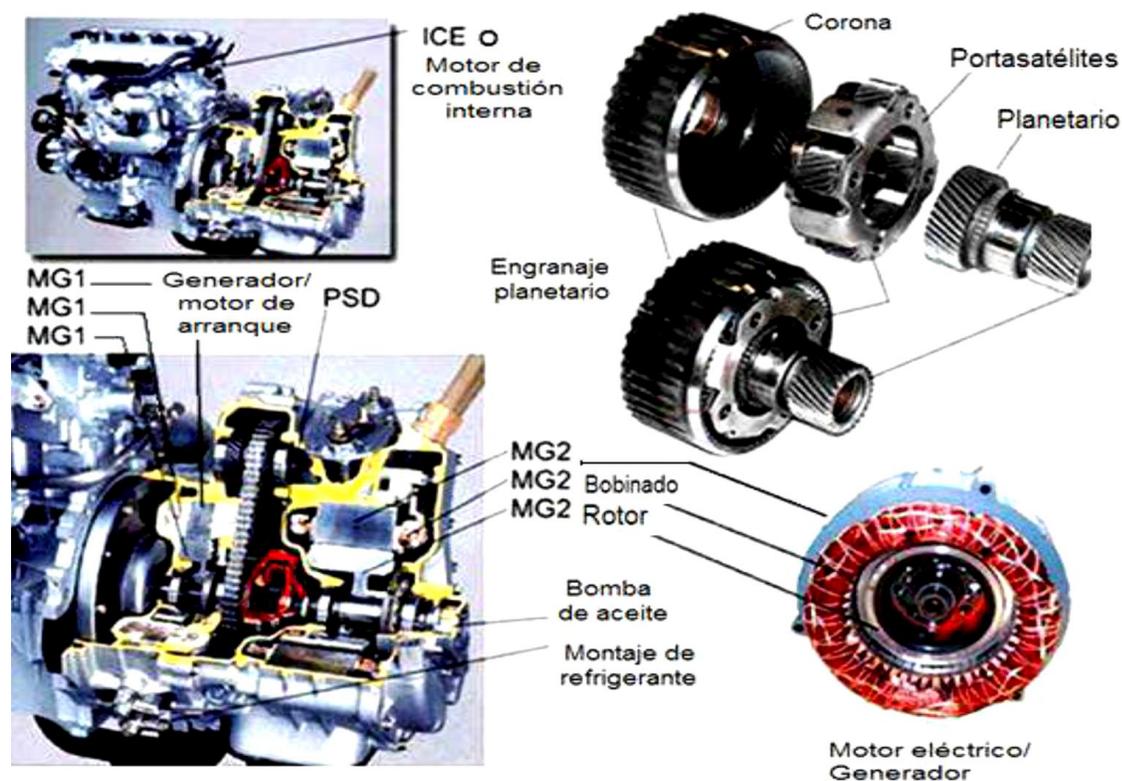
La mayor parte del tiempo el vehículo se mantiene con el motor funcionando a plena carga, pero no con alto número de revoluciones, con estas condiciones se necesita la fuerza para arrancar el vehículo cuando está totalmente detenido, así como desarrollar una velocidad cuando lo requiera el conductor, esto se logra con un conjunto de engranajes conformado por tres elementos, un primer elemento consiste en un engranaje central llamado “planeta”, un segundo elemento conformado por un grupo de cuatro engranajes que giran alrededor del planeta llamados “satélites”

y un último elemento engranaje llamado “corona” con dentado interior donde se unen o giran dentro los satélites (Calle, 2012).

La fuerza para mover el vehículo cuando está estático o a bajas revoluciones proviene del motor eléctrico integrado dentro la transmisión CVT, cuanto más lenta es la velocidad del vehículo mayor es la fuerza proveniente del motor eléctrico; al estar cerca de la velocidad máxima más fuerza provendrá del motor a combustión interna, pero sumada a la del motor eléctrico como vemos en la figura 10 (Calle, 2012).

Figura 10

Moto Generadores E-CVT



Fuente: (Calle, 2012)

La puesta de las marchas se realiza automáticamente y con variación continua, dado que no hay el paso de un engranaje a otro, no hay saltos entre cambios de marcha, el desarrollo de cada

cambio lo hacen dos poleas formadas por elementos cónicos conectados a través de una cadena para transmitir la potencia, a su vez puede cambiar su ancho a través de un circuito hidráulico. Este mecanismo cuenta con un cerebro electrónico que recibe la velocidad a la que se está rodando y las revoluciones del motor, las procesa y escoge la marcha adecuada, dando un sinfín de posibilidades de desmultiplicación, como vemos en la figura 11 (Calle, 2012).

Las marchas del comando de palanca de cambios son:

- Marcha atrás o reversa (R).
- Neutral o punto muerto (N).
- Marcha adelante o drive (D).
- Frenado de máquina o “braking” (B).
- Parqueo (P), esta posición de estacionamiento tiene un botón aparte, junto al volante.

Figura 11

Posición de Marchas



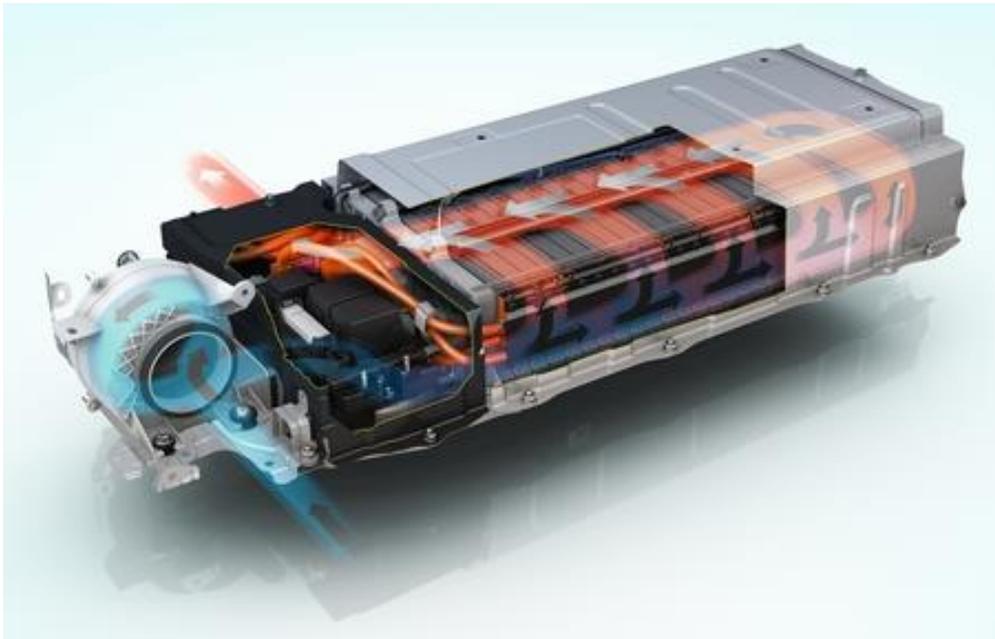
Fuente: (Calle, 2012)

2.10.3 Batería Híbrida

La batería híbrida va ubicada en la parte posterior del vehículo como se ve en la figura 12, entre la cajuela y el asiento posterior, el diseño del circuito eléctrico no permite que la batería pierda su carga, en el momento que se descarga considerablemente se acciona el motor de combustión interna automáticamente para devolver a un nivel óptimo, así se rueda a baja velocidad. La única forma de que la batería se descargue totalmente es que el vehículo permanezca mucho tiempo sin uso o en para, a pesar de que la pérdida de energía de la batería es muy lenta, el sistema eléctrico de la parte híbrida tiene garantía de ocho años según el fabricante, esta garantía incluye a la batería, dentro de ese lapso de tiempo la batería no tiene programado ningún tipo de mantenimiento, en la tabla 2 se ven las características de la batería híbrida (Calle, 2012).

Figura 12

Batería Híbrida



Fuente: (Calle, 2012)

Tabla 2*Especificaciones Batería Híbrida*

| Batería Híbrida del Toyota Prius de Tercera Generación | |
|---|--|
| • Material: | • Níquel e Hidruro Metálico |
| • Fabricado por: | • PANASONIC |
| • Voltaje aproximado: | • 202 voltios |
| • Amperaje: | • 6,5 amperios de capacidad (tres horas) |
| • Peso: | • 42 kg |

Fuente: (Calle, 2012)

La densidad de esta batería es una de las más altas que existen en el mundo, únicamente se recarga con el generador que tiene incorporada el vehículo, a la que impulsa el motor de combustión interna, no va conectada a ninguna red eléctrica, ni tampoco se recarga de otra manera. A fines del 2012 salió al mercado la versión del Toyota Prius enchufable, la cual permite que se recargue la batería de forma rápida (una hora y media) a través de un tomacorriente convencional de casa, la batería híbrida cuenta con los siguientes componentes (Calle, 2012):

- Jumper de seguridad.
- BMS o módulo regulador de tensión de la batería HEV Toyota Prius.
- Definición del módulo BMS.
- Sistema principal de relé de la batería HEV.
- Sistema de enfriamiento de la batería HEV.
- Batería auxiliar.

Respecto a la batería híbrida del Toyota Prius podemos decir que esta cuenta con lo siguiente: el tipo de fabricación, su funcionamiento y sus partes, como se detalla a continuación:

- *Batería de Níquel-metalhidruro (Ni-MH)*. En este tipo de baterías su uso es muy común en *vehículos híbridos* y *vehículos puramente eléctricos*, debido a sus múltiples ventajas: su densidad energética, aunque no tan elevada como la de las baterías *ion-litio*, pero tiene un valor aceptable; el número de ciclos de carga y descarga que puede soportar es elevado, siempre que la tasa de descarga de la batería no sea muy alta; pueden operar en un rango de temperatura bastante amplio y es inofensiva para el medio ambiente, además que son reciclables (Cepeda-Camacho y otros, 2022).

Las baterías de *Níquel-metalhidruro* como se ve en la figura 13, son muy usadas en electrónica portátil, almacenamiento de energía, en *vehículos híbridos*, *eléctricos*, y en transporte en general, también se consideran que son las sucesoras del mayor dominador del mercado a lo largo del tiempo, el *Níquel-cadmio* (Cepeda-Camacho y otros, 2022).

El sistema de baterías de *Ni-Cd* tuvieron un comienzo modesto, pero con los avances tecnológicos de las últimas cuatro décadas, desde 1950 las capacidades específicas de las baterías han mejorado enormemente, un fuerte crecimiento en el consumo de la batería recargable acontecido en el mercado debido al gran aumento de la demanda de ordenadores portátiles, móviles y videocámaras, empujó al desarrollo de los requerimientos de rendimiento de la batería, particularmente la duración de servicio, aún más; debido a este factor junto con la concienciación medioambiental, han acelerado el desarrollo del sistema alternativo *Ni-MH (Níquel-metalhidruro)* (Cepeda-Camacho y otros, 2022).

Figura 13

Conjunto de Batería de Níquel-metalhidruro (Ni-MH)



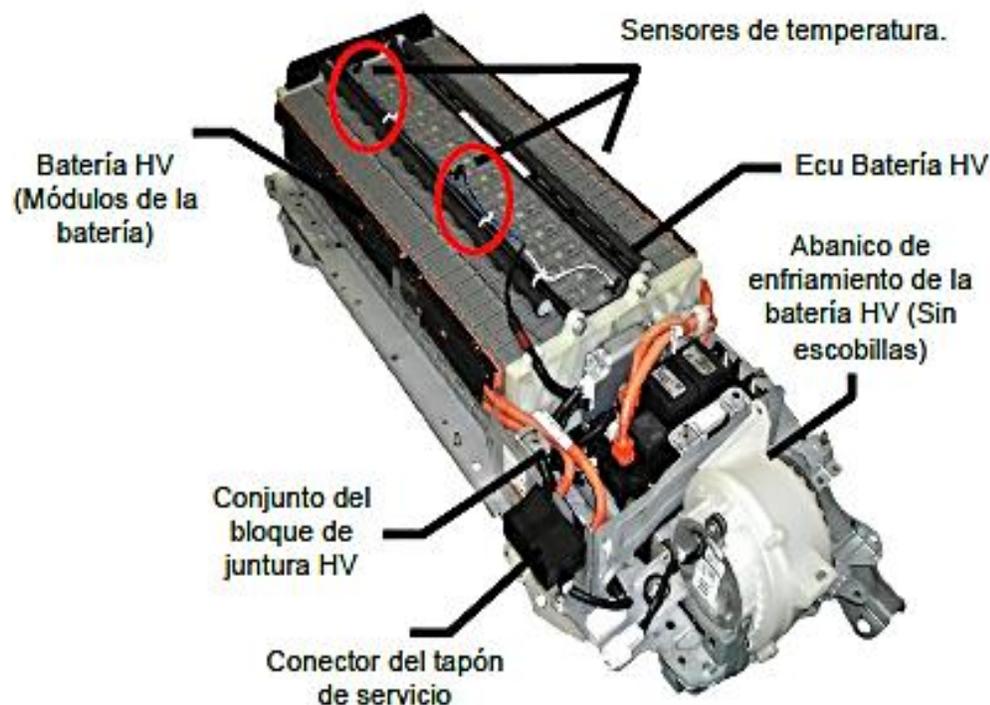
Fuente: (Moron, 2020)

-Partes de la batería híbrida de Níquel- metalhidruro. La batería híbrida de alto voltaje de Toyota Prius A como se ve en la figura 14, constituida por sensores de temperatura los cuales censan la temperatura en diferentes puntos, están comunicados con el módulo de control de tensión de la batería híbrida, en caso de no tener una temperatura adecuada de funcionamiento se genera un código de diagnóstico (DTC), que aparece en el tablero de instrumentos con el testigo de luz de comprobar el motor (check engine), generando un mensaje de falla en la batería de alta tensión, encendiendo la luz de color rojo en forma de triángulo que indica alerta de mal funcionamiento del sistema híbrido en el tablero de instrumentos. El conjunto de batería híbrida cuentan con tres relés principales del sistema (System main relay) uno (SMR1), dos (SMR2) y tres (SMR3), los cuales dan paso a que la corriente fluya hacia el inversor y a todo el sistema, una computadora (llamada ECU de la batería) que controla temperatura, voltajes, también cuenta con un jumper de seguridad o conector de servicio es el encargado de dividir el voltaje total en dos, el cual al

momento de darle mantenimiento al pack de batería debe de ser retirado, evitando así fugas altas de corriente, cuenta con un ventilador que se encarga de mantener baja la temperatura de la batería evitando el recalentamiento y una tapa que está sujeta con pernos a la carrocería portante del vehículo (Zapata, 2015).

Figura 14

Partes de la Batería Híbrida



Fuente: (Zapata, 2015)

-Funcionamiento de la Batería HEV Níquel-Metalhidruro del Toyota Prius. El funcionamiento de la batería híbrida en el Toyota Prius comprende el estudio de un completo sistema de componentes y estructuras en el automóvil, estos sistemas están formados por un Motor de combustión a gasolina (Ciclo Atkinson) o diésel, un motor eléctrico, un generador y una computadora central, como se ve en la figura 15. La batería híbrida es la encargada de transportar la energía recolectada en sus celdas después de la carga externa, transmitiendo así el flujo eléctrico a través de un

conductor en forma de cable coaxial, al computador central que procesa la información y transmite este flujo al motor eléctrico, cuya energía desarrollada transformada en Newton Fuerza, se transfiere al tren delantero la fuerza generada permitiendo que se active el motor a combustión interna (Ciclo Atkinson) o diésel con el movimiento de los pistones y válvulas que abren y cierran el flujo aire combustible activando los inyectores (Zapata, 2015).

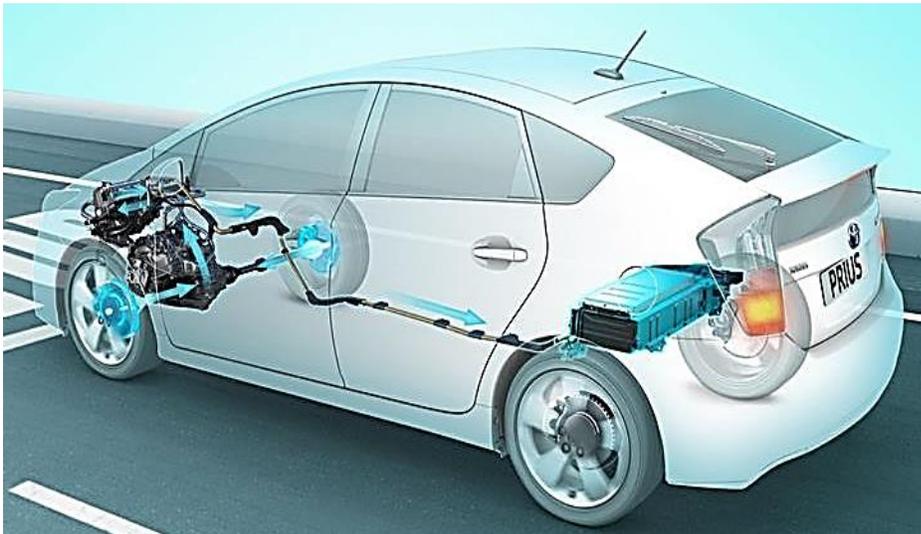
La energía del motor permite la carga de los generadores, los cuales realimenta el sistema eléctrico pasando por la Inversor y activando el motor eléctrico, con la finalidad de activar el tren delantero del vehículo, de tal forma que tanto motor eléctrico como el motor a combustión trabajan en sentido sinérgico transmitiendo la energía al tren delantero del vehículo e impulsándolo hacia adelante o hacia atrás. Con este sistema de combustión-eléctrico la batería híbrida siempre está transmitiendo la carga eléctrica de sus celdas, hacia todo el sistema constantemente, se vuelve a cargar cuando el automóvil está en velocidad de crucero y cuando desacelera y para, durante el tiempo de arranque y aceleración la batería consume casi toda su energía cargada, pero se recupera aplicando todo tiempo de velocidad crucero, desaceleración y parada (Zapata, 2015).

Todos los componentes son dispositivos eléctricos responsables en la transferencia de la energía contenida dentro de la batería de alto voltaje para el resto del sistema, los relés son interruptores eléctricos de alta corriente que pueden detener el paso de corrientes de alta tensión a través de los cables, aislando la batería, la unidad inteligente o módulo de tensión de la batería, es una unidad de control electrónico, que supervisa la información, la temperatura y el voltaje de celdas internas. La batería inteligente a través de la unidad ECU, procesa la información y la envía al computador central, el sensor de corriente controla la cantidad de corriente que fluye a través de un circuito (AMP) e informa de los datos a la unidad inteligente de la batería, la resistencia de

precarga protege los componentes del sistema de subidas de tensión que pueden ocasionar daños (Zapata, 2015).

Figura 15

Funcionamiento de la Batería HV Níquel-Metalhidruro del Toyota Prius



Fuente: (Calaza, 2013)

-Diseño y Construcción de la Batería HEV. El Prius tercera generación del año 2010 es un vehículo híbrido que cuenta con una batería sellada de alto voltaje que contiene módulos de batería fabricados con níquel-metalhidruro (NiMH) como se ve en la figura 16, esta se encuentra encerrada en una caja de metal y se instala en la zona de carga bajo el suelo detrás del asiento trasero (Zapata, 2015).

La caja de metal está aislada de la alta tensión y cubierta por la alfombra en el área del habitáculo, esta batería híbrida consta de 28 módulos de níquel-metalhidruro (NiMh) de baja tensión (7,2 v) conectados en serie que producen aproximadamente 201,6 Voltios. Cada módulo NiMh de la batería son no derramables y están dentro de una caja sellada, el electrolito de los módulos de batería alcalinas de NiMh son contruidos con una mezcla de hidróxido de potasio y

sodio, es absorbido dentro de las placas de las celdas de la batería sin que existan riesgos de fuga, incluso en una colisión (Zapata, 2015).

Figura 16

Diseño y Construcción de la Batería HEV Níquel-Metalhidruro del Toyota Prius



Fuente: (Jishin, 2021)

-Características Físicas de la Batería Híbrida. El pack de baterías HV contiene seis celdas de 1,2 V de níquel-hidruro de metal que están conectadas en serie para formar un módulo, en los modelos Prius 2001-2003 las baterías venían con 38 módulos y se dividían en dos campos conectados en serie, por lo tanto, la batería HV del Prius de primera generación batería contiene un total de 228 células con una tensión nominal de 273.6V (Zapata, 2015).

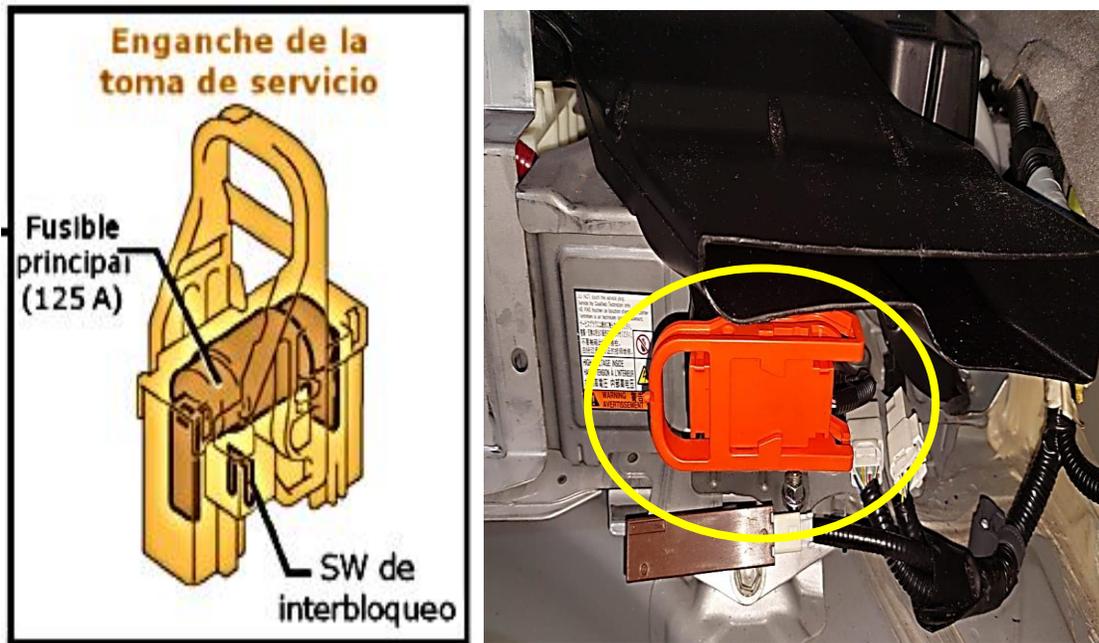
En el Prius 2004, los modelos Prius a diferencia de lo modelos actuales la batería poseía 28 módulos que se conectan para dar una tensión nominal de 201.6V, las placas de electrodo en la batería de alta tensión están hechas de níquel poroso y de aleación de hidruro de metal (NiMh) como se ve en la tabla 3 (Zapata, 2015).

Tabla 3*Características de la Batería Híbrida del Toyota Prius*

| Toyota Prius A tercera generación Pack batería HV | |
|--|-----------|
| • Voltaje del paquete de Batería | • 201.6 V |
| • Número de módulos de batería NiMh en el paquete | • 28 |
| • Número de células/celdas | • 168 |
| • Voltaje de módulos NiMh en el paquete | • 7.2 V |

Fuente: (Zapata, 2015)

-Jumper de Seguridad. El jumper de seguridad o conector de servicio es una clavija de color naranja ubicada en la batería como se ve en la figura 17, que tiene como principal función que al momento de ser retirado, divide el voltaje total en dos secciones, por ejemplo la batería del Toyota Prius está ubicada en el paquete número 10, dejando una sección con 70V y una sección con 150V (esto cambia según la disposición del fabricante), el jumper es monitoreado por la ECU del vehículo híbrido, la cual detecta que esté conectado correctamente caso contrario el sistema se bloquea y no permite encender el vehículo, es de suma importancia mencionar que cada vez que se realiza una operación de mantenimiento se tiene que retirar el Jumper por seguridad protegiendo el sistema de descargas eléctricas fuertes (Zapata, 2015).

Figura 17*Jumper de Seguridad*

Fuente: (Motor, 2017)

-BMS o Módulo Regulador de Tensión de la Batería HV del Toyota Prius. El Toyota Prius A de tercera generación cuenta con la ECU o módulo regulador de tensión batería híbrida como se ve en la figura 18, la cual proporciona las siguientes funciones (Zapata, 2015):

- Estima el amperaje de carga/descarga y los requerimientos de salida para la ECU del vehículo, en tanto que el SOC puede estar constantemente mantenido a un nivel equilibrado (Zapata, 2015).
- Estima la cantidad de calor generado durante la carga/descarga, ajusta el ventilador de refrigeración para mantener la batería HEV a una considerable temperatura (Zapata, 2015).
- Supervisa la temperatura del voltaje de la batería, si detecta un mal funcionamiento, puede restringir o detener la carga/descarga para proteger la batería HEV (Zapata, 2015).

Figura 18

ECU o Módulo Regulador de Tensión de la Batería HV del Toyota Prius



-Definición del Módulo BMS. El BMS (*Battery Management System*) Sistema de gestión de batería, es un dispositivo de seguridad que su principal función es evitar fallas al utilizar la batería híbrida al momento de cargar de forma no adecuada, haciendo causar chispazos, humaredas o explosiones. De ahí la importancia de cargar las baterías de los vehículos híbridos de forma segura para evitar fallas o accidentes, esto implica que el BMS es un elemento indispensable para garantizar la seguridad, así como ayudar a alargar la vida útil de una batería (Redaccion de Renting Finders, 2023).

-Tipos de BMS. En la industria automotriz, referente a los vehículos híbridos o eléctricos existen 3 tipos, los cuales son:

- Centralizado: Es un único controlador, que se conecta a las celdas de la batería mediante numerosos cables (Redaccion de Renting Finders, 2023).

- Distribuido: Hace referencia a la celda que tiene un BMS instalado, con un único cable que comunica a la batería y al controlador (Redaccion de Renting Finders, 2023).

- Modular: En el mercado existen algunos controladores que disponen de cierto número de celdas y existe comunicación entre los controladores (Redaccion de Renting Finders, 2023).

Para enfriar la batería híbrida en el caso del Toyota Prius, el fabricante Denso diseñó un sistema de enfriamiento por medio de ventiladores como se ve en la figura 19, el cual es capaz incluso de tomar aire fresco del interior de la cabina de pasajeros. En los nuevos modelos del Prius o de vehículos híbridos, este ventilador trabaja con un motor sin escobillas y se debe tener mucho cuidado de no obstruir la toma de aire interna de la cabina que viene ubicada al lado de la silla trasera de pasajeros, debido a que el aire frío (*del habitáculo*) ingresa succionado por el ventilador, ingresando este por la parte superior de la batería y luego sale por la parte inferior aire caliente hacia el exterior, de esta manera se mantiene la temperatura adecuada en la batería (Redacción de Auto Avance, 2014).

Figura 19

Módulo de Enfriamiento de la Batería Híbrida

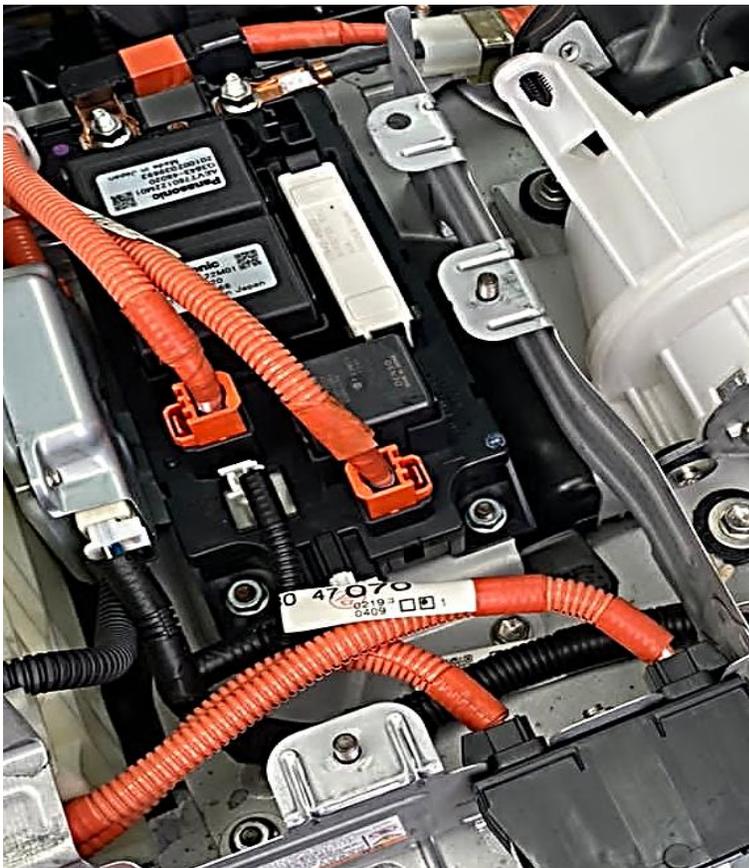


Fuente: (Redacción de Auto Avance, 2014)

-*Sistema Principal de Relé de la Batería híbrida.* El sistema principal de relé (SMR) como se muestra en la figura 20, de la batería del Toyota Prius A de tercera generación, conecta y desconecta el suministro de poder para el circuito de alto voltaje sobre la base de los comandos de la HV ECU, cuenta con un total de tres relés (uno para el lado negativo y dos para el lado positivo) son proporcionados para asegurar la operación apropiada, su funcionamiento se muestra en la figura 21 (Zapata, 2015):

Figura 20

Sistema Principal de Relé de la Batería Híbrida

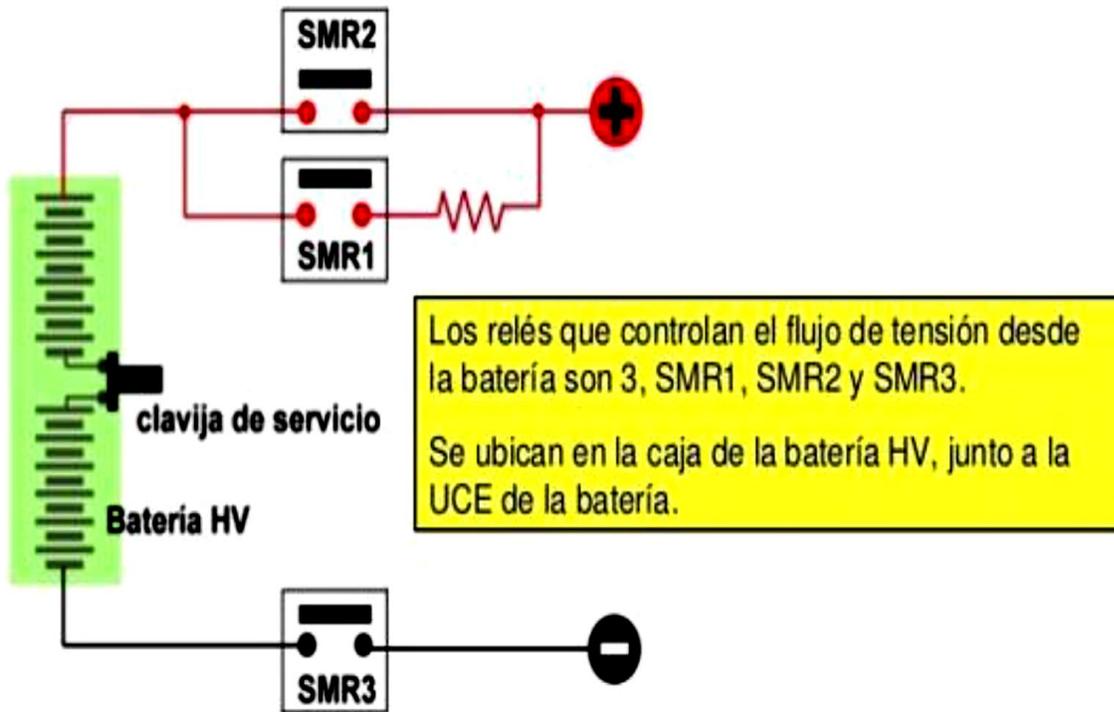


- Cuando se energiza el circuito, el SMR1 y SMR3 se encienden, el resistor en línea con el SMR1 protege el circuito de la corriente inicial excesiva, después el SMR 2 es prendido y el SMR1 se apaga, permitiendo que la corriente fluya libremente en el circuito (Zapata, 2015).

- Cuando esta desactivado, SMR2 y SMR3 se apagan en ese orden y la HV ECU o módulo de regulador de tensión verifica que los relés respectivos han sido adecuadamente puestos en OFF (Zapata, 2015).

Figura 21

Circuito del Sistema Principal de Relé



Fuente: (Zapata, 2015)

- Sistema de Enfriamiento de la Batería HEV del Toyota Prius.* La ECU o módulo regulador de tensión de batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación, detecta la temperatura de la batería a través de tres sensores de temperatura, en la batería de alta tensión y un sensor de temperatura en el colector de admisión, sobre la base de esas lecturas, el módulo regulador de tensión de batería ajusta el ciclo de trabajo del ventilador de refrigeración para mantener la temperatura por medio de los conductos como se ve en la figura 22, a través del mismo módulo dentro del rango especificado por el fabricante (Zapata, 2015).

El módulo regulador de tensión de la batería híbrida mantiene el ventilador apagado o funcionando a bajas velocidades de la siguiente manera (Zapata, 2015):

- El A/C se utiliza para enfriar el vehículo.
- Algún margen se deja en la temperatura de la batería.

Figura 22

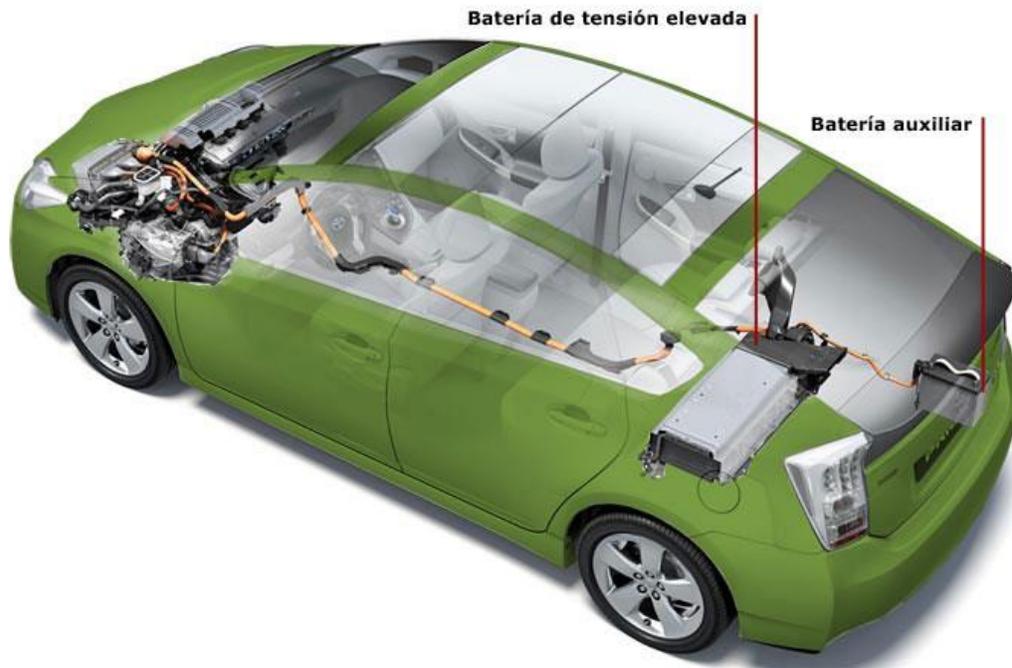
Conductos y Colector de Enfriamiento de la Batería Híbrida



-Ubicación de la Batería Híbrida. La ubicación de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación cambia según lo indique el fabricante y tomando en cuenta el modelo del vehículo, por lo general en los vehículos Toyota, se la encuentra ubicada en parte posterior del mismo o abajo del asiento posterior como se ve en la figura 23 (Zapata, 2015).

Figura 23

Ubicación de la Batería HV del Toyota Prius A



Fuente: (Calle, 2012)

2.10.4 Batería Auxiliar

El Toyota Prius A de tercera generación utiliza una batería auxiliar de 12V como se ve en la figura 24, esta batería alimenta el sistema eléctrico del vehículo similar a un vehículo convencional (Zapata, 2015).

La batería está conectada a tierra o masa al chasis metálico del vehículo y con ventilación al aire del ambiente a través de un tubo, este tipo de batería es muy sensible a la alta tensión, al momento de cargar la batería auxiliar se debe utilizar el cargador de homologado o aprobado por Toyota, porque un cargador de batería estándar no tiene un control adecuado de tensión y puede dañar la batería HEV, es importante indicar que el cargador aprobado no está disponible se puede utilizar un cargador de goteo si el amperaje se mantiene por debajo de 3,5 A (Zapata, 2015).

Figura 24

Batería Auxiliar del Toyota Prius A



Fuente: (Zapata, 2015)

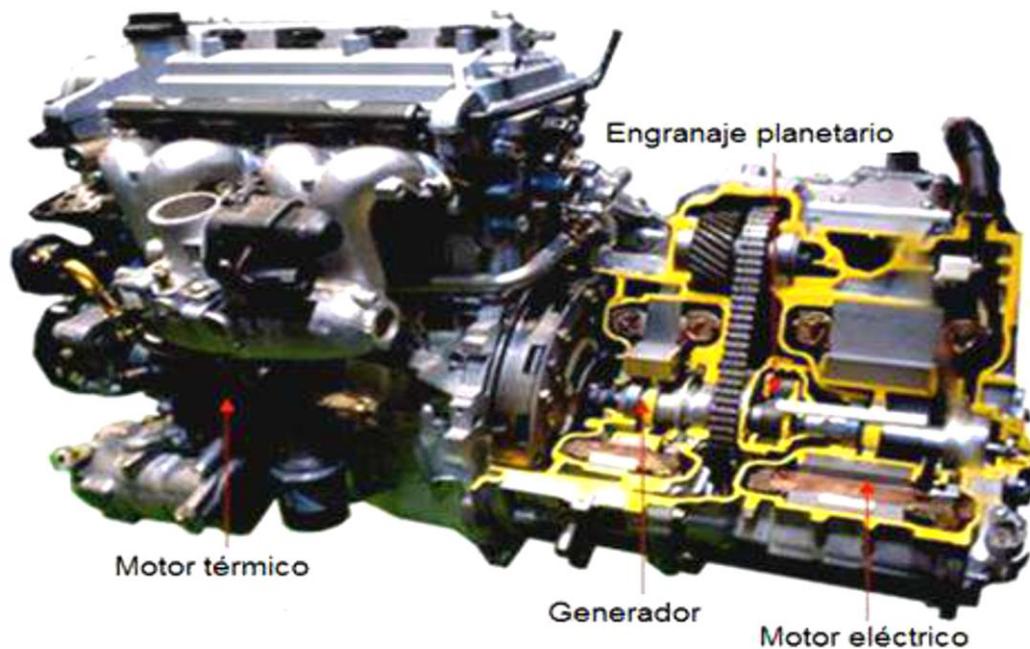
2.10.5 Motor Eléctrico

El motor eléctrico como se ve en la figura 25, es fabricado por la misma marca japonesa Toyota, la cual expresa que no hay ningún motor en el mundo del cual se obtenga esa potencia de 50 kW con ese tamaño, el único motor que llega hasta esa potencia es fabricado por la Nissan, pero su peso y dimensiones son mayores, dado el desarrollo de la transmisión que tiene el vehículo y sumando la potencia de ambos motores se puede lograr una velocidad máxima 170 km/h, el régimen máximo del motor eléctrico es de 6.150 rpm, en la siguiente tabla 4 se detallan las especificaciones (Calle, 2012).

Tabla 4*Especificaciones del Motor Eléctrico*

| Motor Eléctrico del Toyota Prius de Tercera Generación |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento con 500 voltios • Potencia de 50 kW a 1 200-1 540 rpm • Genera un Par de 400 N·m • Peso de 104 kg • Es un motor síncrono de imanes permanentes de Neodimio |

Fuente: (Calle, 2012)

Figura 25*Motor Eléctrico*

Fuente: (Calle, 2012)

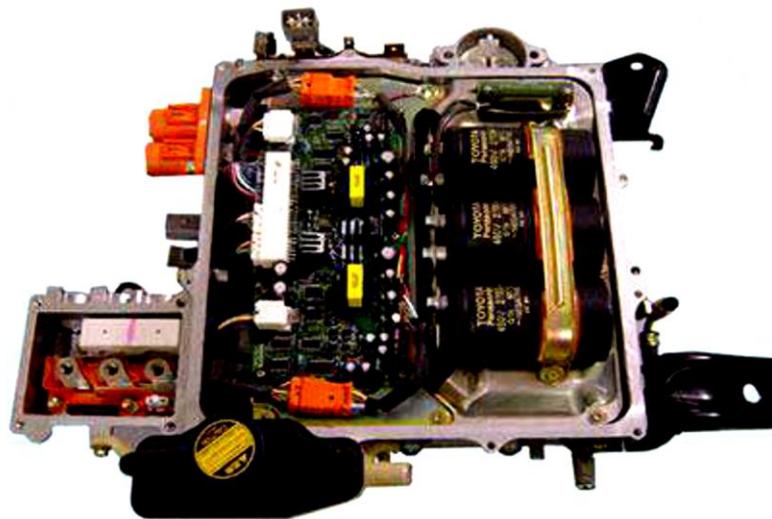
2.10.6 Inversor

La función principal del inversor es administrar el flujo de electricidad entre la batería y el motor eléctrico, además posee un convertidor integrado como se ve en la figura 26, es el que envía parte de la electricidad al sistema de batería convencional de 12 voltios, dado que el Toyota Prius no tiene alternador, el inversor es encargado también de: (Calle, 2012):

- Convertir los 201,6 voltios de corriente continua que entrega la batería en 201,6 voltios de corriente trifásica (corriente alterna). Luego multiplica los 201,6 voltios en 500 voltios de corriente alterna trifásica, para alimentar el motor eléctrico y el generador (Calle, 2012).
- Convertir los 201,6 voltios de corriente continua en 201,6 voltios de corriente alterna para el compresor eléctrico del aire acondicionado (Calle, 2012).
- Convertir los 201,6 voltios de corriente continua en 12 voltios de corriente continua y 100 amperios para recargar la batería normal de 12 voltios y alimentar al circuito normal del vehículo (luces, audio, ventiladores, etc.), el Toyota Prius no tiene alternador (Puente, 2018).

Figura 26

El Inversor



Fuente: (Calle, 2012)

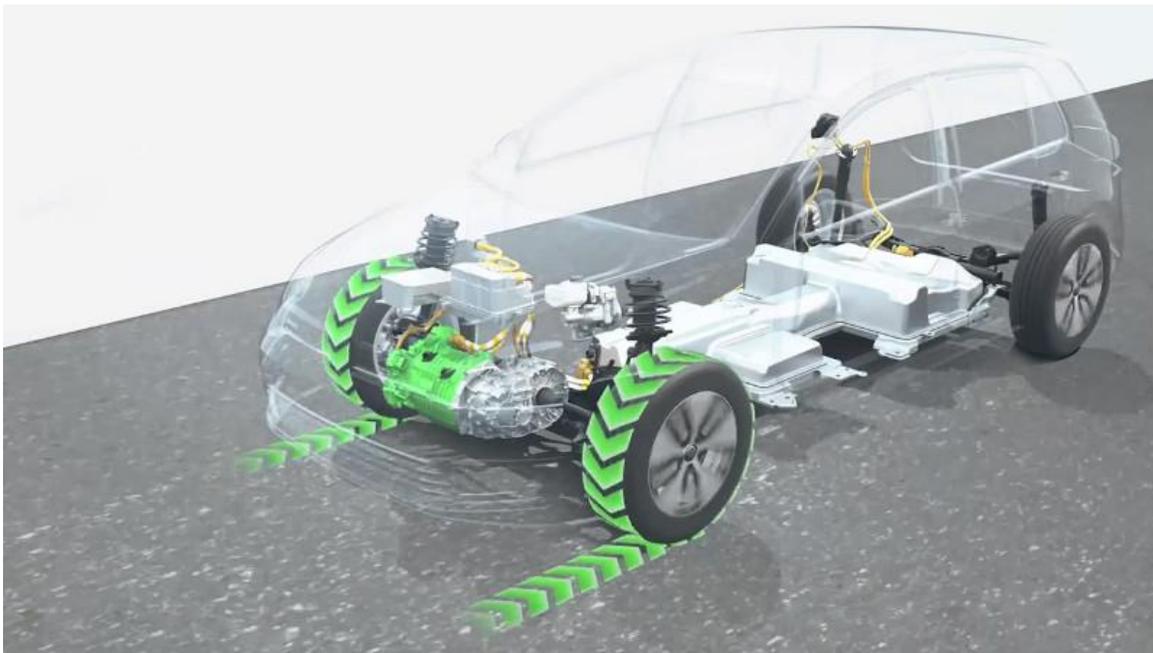
El inversor y el motor eléctrico son dos elementos que se enfrían por medio de un circuito de agua independiente al del motor de combustión interna, mediante un sistema de bomba eléctrica, cabe mencionar que desde el año 2004 se implementó en el diseño un radiador más sencillo y pequeño para este circuito (Calle, 2012).

2.10.7 Freno Regenerativo

El diseño del Prius busca aprovechar toda la energía posible, es por eso que Toyota implementó el freno regenerativo con el objeto de utilizar la energía cinética que se produce en las frenadas, su funcionamiento lo podemos observar en la figura 27, en donde al pisar el pedal de freno o con dejar de acelerar, el motor eléctrico funciona como generador convirtiendo así la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargar la batería, Toyota ha implementado otros dispositivos en el frenado como lo son: (Calle, 2012):

Figura 27

Esquema del Freno Regenerativo



Fuente: (Calle, 2012)

- ECB: Control electrónico del frenado.
- ABS: Sistema antibloqueo de frenos.
- BA: Asistente de frenado.
- EBD: Distribución electrónica de frenado.
- TRC: Control de tracción.

2.10.8 Tipos de Conducción

Para los vehículos híbridos modernos de Toyota, incluyendo al Prius se ideó tres tipos de conducción como se ve en la figura 28, con el objetivo final de optimizar el consumo de combustible según la situación, con respecto a sus predecesores y ante otros híbridos hay una gran diferencia, pues cada tipo de conducción debe seleccionar con un simple botón incorporado en la parte derecha del volante, esto de ninguna manera complica la conducción, al contrario, pues con accionar un botón se puede escoger el mejor tipo de manejo, cabe mencionar que la selección del tipo de conducción dependería primordialmente del tráfico, además en las tres situaciones el cambio de marchas es automático (Calle, 2012).

Figura 28

Botones del Modo de Conducción



Fuente: (Calle, 2012)

- Tanto la temperatura del sistema híbrido como la del motor térmico es la ideal, es decir no es alta (después de un trayecto largo), o baja (si apenas se enciende el sistema después de haber estado apagado durante largo rato).
- La velocidad del vehículo es menor a 50km/h.
- La presión en el pedal no es excesiva.
- El control crucero no está activado.

2.10.9 Control Inteligente

El Toyota Prius está totalmente equipado incluso en sus modelos más básicos, pues incorpora una serie de innovaciones y comodidades que se encontrarían solo en automotores de lujo, a esta serie de innovaciones se las denomina control inteligente de la siguiente manera (Calle, 2012):

- Control Inteligente de Entrada.
- Control Inteligente de Arranque.

-Control Inteligente de Entrada. En los vehículos actuales no es novedad la apertura remota de los seguros de las puertas, prácticamente lo tienen todos los automóviles en la actualidad, la diferencia está en las llaves del Toyota Prius como se ve en la figura 29, ya que si por el uso, la pila del control remoto perdería su carga o por no usarse también, dentro del llavero lleva una llave que puede accionar manualmente los seguros de las puertas, además tiene un botón junto a la manija de la puerta que cierra automáticamente todo el vehículo sin el uso del telemando del llavero, asimismo el vehículo detecta la proximidad del llavero y automáticamente abre los seguros sin necesidad de presionar ningún botón ni en el llavero ni en el carro para el acceso al habitáculo del conductor (Calle, 2012).

Figura 29*Control Inteligente de Entrada*

Fuente: (Redacción de Amazon.com, 2023)

-Control Inteligente de Arranque. Desde el lanzamiento del Toyota Prius se han venido implementando en vehículos especialmente de lujo y estándar el encendido por botón y no por la llave como usualmente se hace, es decir el conductor puede echar a andar su vehículo simplemente con presionar un botón “POWER” en el caso del Prius también es así, el mencionado botón “POWER” está en el tablero junto al volante (el vehículo se enciende si se presiona dicho botón y se acciona el pedal de freno a la vez), en ese instante una serie de antenas monitorean que el llavero (programado único para cada carro), este dentro del habitáculo, de ser así puede funcionar o encenderse el motor, sin la necesidad de encajar una llave en el interruptor como se hace en los autos convencionales (sin botón de encendido). En el caso de que no se requiera avanzar en el

vehículo, sino encender alguno de los accesorios, se presiona una vez el botón “POWER” (sin presionar el pedal de freno) como se observa en la figura 30 (Calle, 2012).

Figura 30

Encendido del Toyota Prius



Fuente: (Coescrito por Personal de wikiHow.com, 2023)

2.10.10 Monitoreo de Energía

El monitoreo de energía mediante la pantalla central, como se ve en la figura 31, indica al conductor cuál de los diferentes motores ya sean estos eléctricos, a combustión interna o los dos a la vez funcionan, además muestra el nivel de carga de la batería con el objeto de aplicar el modo de conducción más adecuado, todo esto se divide en la pantalla central del tablero (Calle, 2012).

Figura 31

Indicador de Monitoreo de Carga de Batería



2.11 Equipos de Seguridad y Diagnósticos

En este apartado se usaron herramientas de Diagnósticos con la finalidad de determinar el estado actual de los componentes del motor (*Sensores y Actuadores*) y también el estado de la parte híbrida del vehículo, los cuales serán detallados a continuación:

- Multímetro Automotriz (Para Alto Voltaje).
- Scanner Automotriz (6 Scon I, VSM).
- Punta Lógica Automotriz.
- Herramientas para Alto Voltaje.
- Guantes para Alto Voltaje.
- Gafas de Seguridad.
- Botas Dieléctricas

2.11.1 Multímetro Automotriz (*Para Alto Voltaje*)

El comprobador de corriente automotriz o también llamado multímetro automotriz, polímetro o tester como se ve en la figura 32, es una herramienta eléctrica portátil de gran ayuda, ya que con ella podemos medir magnitudes eléctricas como corrientes, tensiones, resistencias o capacidades en los vehículos. Es muy común en los talleres porque su función de mayor importancia es la de medir las magnitudes eléctricas, entre las principales funciones de los comprobadores de corriente o multímetro automotriz, destacan las siguientes (Redacción de Loctite Teroson.com , 2023):

- Medir la corriente alterna.
- Comprobar la carga de una batería.
- Comprobar la continuidad.
- Comprobar el caudalímetro.

-Comprobar el potenciómetro de mariposa.

Figura 32

Multímetro Automotriz



Fuente: (Redacción Rhtools.com , 2023)

Al utilizar el multímetro, vas a trabajar con corriente eléctrica, por lo tanto, es de vital importancia tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidente. Tomaremos como referencia la comprobación del estado de la batería de un vehículo, se debe de colocar la perilla del multímetro en V y la escala de 20 V de corriente continua, es sumamente importante dejar en reposo la batería para obtener un resultado fiable, como son estos 2 (dos) ejemplos (Redacción de Loctite Teroson.com , 2023):

- Con el coche apagado se obtendrá una medición de 12.92-12.8 V, lo que indica que la batería está a un 100 % de carga.
- Con el coche en marcha, el valor debe ser próximo a los 14 V y constante.

Si la tensión no sube de 12 V a 14 V al arrancar, el comprobador de corriente te está indicando que el alternador no carga, si se producen variaciones de tensión superiores a 0,5 V, el

regulador de tensión del alternador se encuentra en mal estado (Redacción de Loctite Teroson.com , 2023).

2.11.2 Scanner Automotriz Toyota Techstream

Toyota Techstream es un software de diagnóstico y análisis de sistemas de vehículos perteneciente al grupo (Toyota, Lexus y Scion), se utiliza para diagnosticar problemas y realizar pruebas en los sistemas electrónicos de esta marca, proporcionando información detallada sobre el rendimiento y la operación de estos sistemas. Para utilizar la VCM como se ve en la figura 33, es necesario contar con el equipo, softwares adecuados y tener los conocimientos (Redacción de autodemiaonline.com, 2024).

Figura 33

VCM TIS (Toyota, Lexus y Scion)



Fuente: (Redacción de toyota-4runner.org, 2024)

2.11.3 Punta Lógica Automotriz

La punta lógica o también denominada onda lógica como se ve en la figura 34, es utilizada comúnmente para mediciones de corriente continua generalmente en electrónica digital y mecánica automotriz (Redacción de La Electrónica, 2021).

Figura 34

Punta Lógica



Fuente: (Redacción de Patagonia Tools.com, 2023)

2.11.3 Herramientas para Alta Tensión

Las herramientas de alta tensión como se ve en la figura 35, están fabricadas para cumplir con los estándares específicos que precisan las reparaciones de vehículos híbridos y eléctricos de alto voltaje de 1000V y garantizar que las herramientas de prueba sean adecuadas y seguras para trabajar en sistemas de alto voltaje, se requiere también que las herramientas manuales estén totalmente probadas y aisladas según las normas IEC 60900: 2012 (Normativa para herramientas

y equipos de alta tensión), y que lleven los símbolos internacionales para las herramientas de alto voltaje (Redacción Iberisa.com , 2021)

Figura 35

Herramientas para Alta Tensión



Fuente: (Redacción Iberisa.com , 2021)

2.11.4 Guantes Dieléctricos

Los guantes para alta tensión o guantes dieléctricos como se ve en la figura 36, se usan en voltajes hasta 1000 voltios, se debe utilizar un guante de clase 00, son recomendados para trabajos en alta tensión automotriz (híbridos o eléctricos), ya que al funcionar este tipo de vehículos con voltajes altos se requiere contemplar riesgos eléctricos. Las normativas que deben cumplir los guantes aislantes de electricidad son **EN 60903 - ISO 9001:2000**, también recomendamos utilizar sobreguantes protectores para evitar que los guantes dieléctricos sufran perforaciones (Redacción de AT Protección.com, 2023).

Figura 36*Guantes Dieléctricos*

Fuente: (Redacción Guantes Dieléctricos.com , 2020)

2.11.5 Gafas de Seguridad

Las gafas de seguridad industrial como se ve en la figura 37, son un elemento indispensable para proteger a las personas, (personal técnico) al momento de estar expuesto durante su horario laboral para que de esta forma puedan desempeñar sus tareas de forma segura, esta herramienta les protege de los riesgos y de los peligros a los que pueden estar expuestos, ya que ofrecen una protección de seguridad, estando así bien protegido durante las tareas más peligrosas. Es de vital importancia recordar que la protección facial y ocular son muy relevantes porque preservan las partes más vulnerables del cuerpo humano y que más exponemos durante nuestro día a día. Las gafas de seguridad son parte del Equipos de Protección Individual (EPI) junto a otros elementos como las pantallas faciales y a equipos combinados (Redacción de Haléco Iberia.com , 2022).

Figura 37

Gafas de Seguridad



Fuente: (Redacción RS.com, 2023)..

2.11.6 Botas Dieléctricas

Las botas dieléctricas como se ve en la figura 38, si se utilizan cuando hay un riesgo de descarga eléctrica por alta tensión, proporcionan protección debido a sus propiedades aislantes que evitan que la corriente eléctrica sea conectada a tierra (Redacción Workmaster Boots.com, 2023).

Figura 38

Botas Dieléctricas



Fuente: (Redacción Botascat.com, 2023).

Capítulo III

Diagnóstico Electrónico en el Sistema de Alto Voltaje

3.1 Proceso de Mantenimiento en Modo Servicio

El vehículo seleccionado para el proyecto fue el Toyota Prius de tercera generación como se muestra en la figura 39.

Figura 39

Toyota Prius de Propiedad de la Facultad de Ingeniería Automotriz (UIDE)



3.2 Modo Mantenimiento al Sistema Híbrido del Toyota Prius

El modo mantenimiento en un vehículo híbrido (Toyota Prius A de tercera generación) es muy importante para los técnicos y profesionales del campo, ya que son los llamados a conocer el procedimiento de este segmento de vehículos, es un implemento del fabricante (Toyota) en su línea de revisión o de inspección del motor de combustión en vehículo híbrido, en pocas palabras, cuando los técnicos requieran evaluar condiciones del funcionamiento con el motor de combustión encendido, tendrán que realizar este procedimiento y se anula el sistema híbrido, permaneciendo encendido hasta sacarlo de esa condición, volviendo a pulsar el botón start /stop. La manera en la que se realiza es siguiente:

- Se inicia el proceso con el vehículo en Parking, como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Botón de Parking del Toyota Prius A



1. Pulsar 2 veces el botón Start como se muestra en la figura 41 (NO tocar el pedal del freno / acelerador).

Figura 41

Botón de Start/Stop y Llave Toyota Prius A



2. Pisar 2 veces el acelerador, como se muestra en la figura 42.

Figura 42

Pisado del Acelerador (2 veces)



3. Pisar el freno y colocar la palanca en Neutro como se observa en la figura 43.

Figura 43

Colocación de la Palanca en Neutro



4. Pisar 2 veces el acelerador.
5. Se realizan los pasos anteriores, pisar el freno y aplastar el botón de parking como se observa en la figura 44.

Figura 44*Pisado de Freno y Botón de Parking*

6. Pisar 2 veces el acelerador y se mostrará en el panel de instrumentos el siguiente mensaje "modo mantenimiento" o "maintenance mode", como se ve en la figura 45.

Figura 45*Modo Mantenimiento*

7. Pisar el freno y pulsar el botón Start y el motor a combustión interna (Ciclo Atkinson) se encenderá como se ve en la figura 46.

Figura 46

Encendido del Motor en Modo mantenimiento del Toyota Prius A



3.3 Diagnóstico Electrónico Mediante Escáner Automotriz

En este apartado se procederá a detallar el diagnóstico realizado mediante el scanner automotriz (TIS Technical Information System) para vehículos Toyota, Lexus y Scion con la finalidad de constatar el estado de funcionamiento de la batería híbrida y sus componentes.

Paso #1:

Se procede a realizar la conexión mediante la conexión OBD II y la VCM, a través de la computadora o ECU del Toyota Prius debido a que arrojaba (revisar sistema híbrido) como se ve en la figura 47.

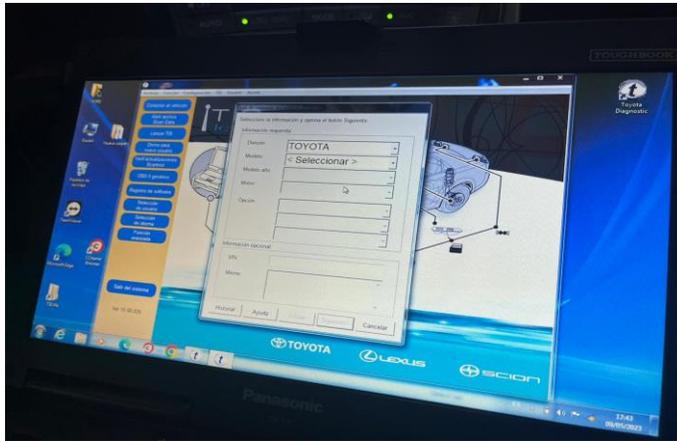
Figura 47

Conexión de VCM con el vehículo

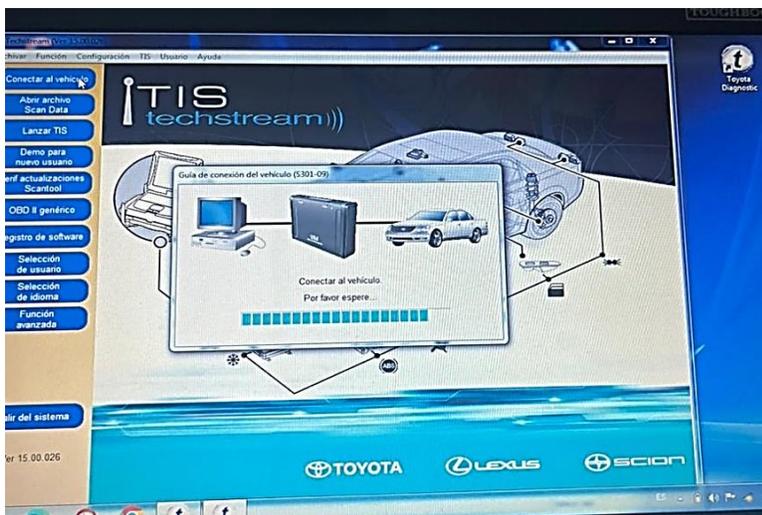


Paso #2:

Buscar el vehículo en la VCM TIS (Technical Information System) con la finalidad de diagnosticar el estado del sistema híbrido como se muestra en la figura 48.

Figura 48*Búsqueda del Vehículo en la VCM***Paso #3:**

Proceder con la conexión al OBD II mediante la VCM y buscar la marca y tipo de vehículo, realizaremos la comunicación como se muestra en la figura 49.

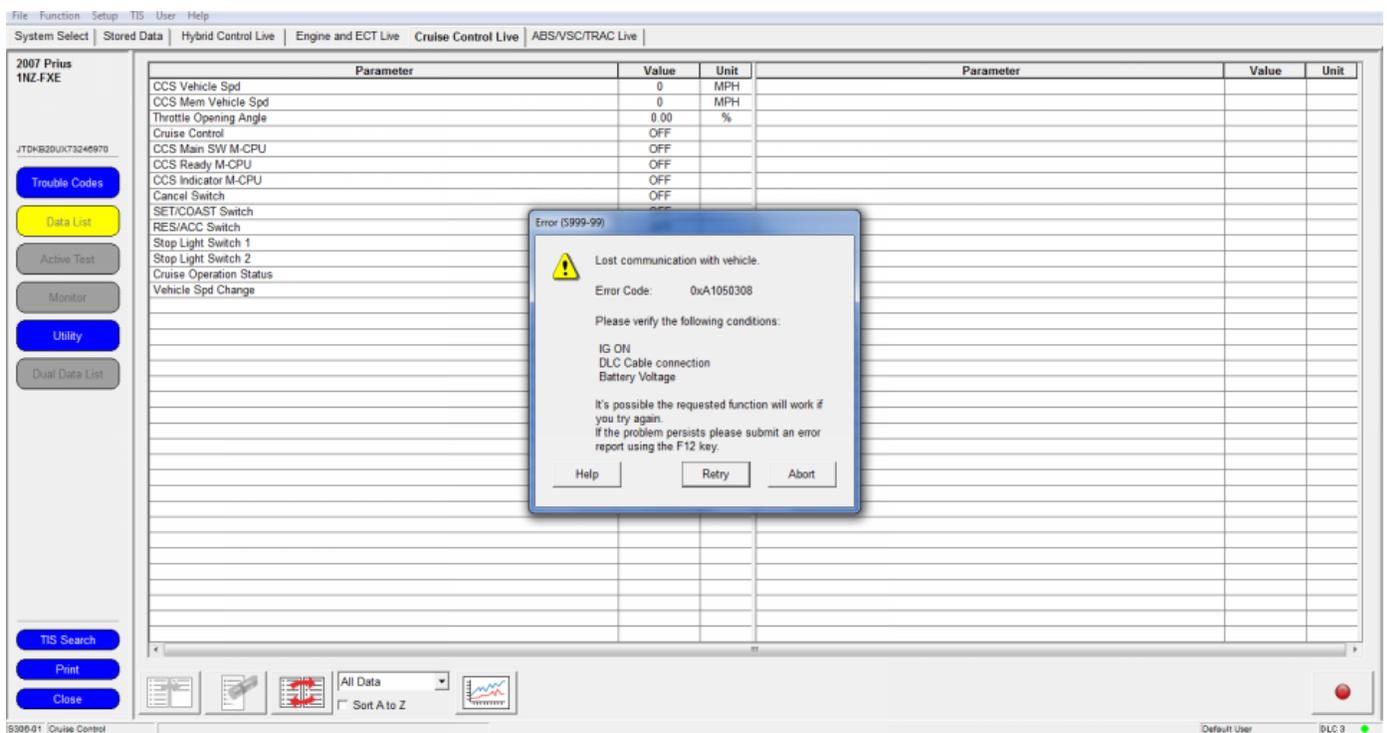
Figura 49*Conexión del Vehículo y la VCM*

Paso #4:

Proceder con la conexión al OBD II mediante la VCM o TIS (Technical Information System), buscando la marca, tipo de vehículo y realizar la comunicación, arrojando un error a dicho procedimiento como se muestra en la figura 50, por lo que se realiza el desmontaje de la batería.

Figura 50

Error de Comunicación con el VCM y la ECU



3.4 Procedimiento de Desmontaje de la Batería HEV

Para poder determinar si la batería estaba afectada, se procedió con el desmontaje de esta, con la finalidad de revisarla de manera visual y con equipos de comprobación electrónica (multímetro), a continuación, se detallan los pasos:

Paso #1:

Desmontar la batería híbrida, la cual está ubicada en la parte posterior del vehículo (asiento de pasajero o posterior) como se observa en la figura 51.

Figura 51

Ubicación de la Batería HEV



Paso #2:

Proceder a desconectar el Jumper de seguridad como se ve en la figura 52, con la finalidad de esperar que el sistema eléctrico de la batería HEV entre en reposo.

Figura 52

Desconexión del Jumper de Seguridad

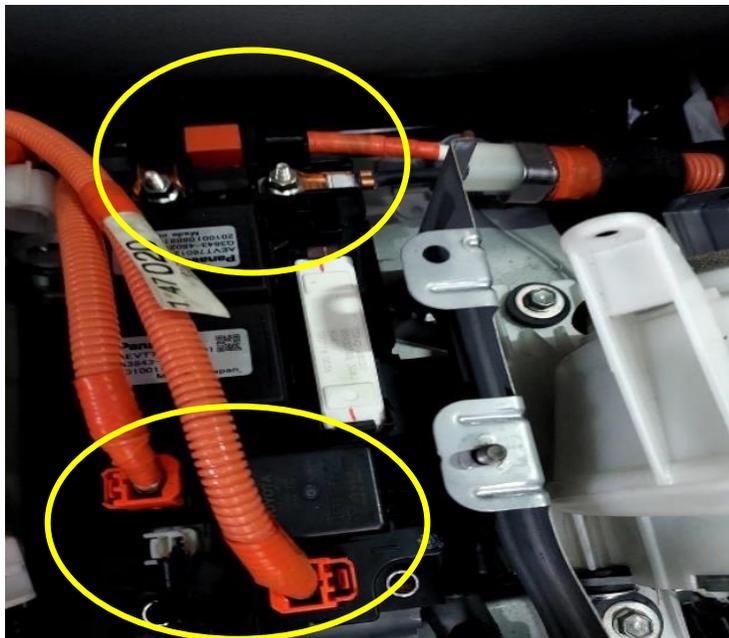


Paso #3:

Desconectar las conexiones (color naranja) y líneas de alta tensión de la batería HEV, las cuales van al inversor del vehículo y la ECU como se ve en la figura 53.

Figura 53

Desconexión de Líneas de Alta Tensión Batería HEV



Paso #4:

Desmontar la carcasa como podemos ver en la figura 54, para verificar el estado del sensor de temperatura, el estado del modulo BMS y los relé.

Figura 54

Desmontada de la Carcasa de la Batería HEV



Toda esta serie de pasos se realizaron como preámbulo para determinar los hallazgos encontrados.

3.5 Verificación del Estado de Batería Híbrida

La batería híbrida fue encontrada en mal estado como se evidencia en las fotos, en la siguiente verificación arrojaron los siguientes datos, según la inspección visual y con el multímetro a continuación, se detallan los pasos:

Paso #1:

Se encontró con sulfato en las conexiones o bornes de las celdas como se ven en la figura 55, lo cual no es una buena señal del estado de la batería y podría ser una razón estar arrojando un falso contacto al ECU.

Figura 55

Sulfatamiento de la Batería HEV



Paso #2:

Realizar la medición y comprobación del voltaje de la batería HEV del vehículo como se observa en la figura 56 todas las celdas arrojan un voltaje de 116.9 V (como referencia), no adecuado para trabajo de las celdas siendo del voltaje adecuado de 217.4 V.

Figura 56

Comprobación de Batería HEV



Paso #3:

Medir el voltaje de cada celda, se procede a marcar cada una de estas para tener la referencia del voltaje encontrado, como se observa en la figura 57.

Figura 57

Marcado de Celdas de Batería HEV



Este tipo de verificación ayudó a demostrar que la batería esté en mal estado, por lo que se requiere mantenimiento o por consiguiente contemplar su reemplazo.

3.6 Verificación del Jumper de Seguridad

Se debe contemplar siempre la posibilidad de que exista un riesgo al momento de dar servicio a vehículos híbridos, por lo que los fabricantes dan ciertas indicaciones y sugerencias, como la que se cita a continuación:

- Antes de desmontar la batería, se debe de realizar el corte de la corriente, desconectando el Jumper o conector de servicio como se observa en la figura 58.

Figura 58

Desconexión del Jumper de Seguridad



El jumper de seguridad cumple la función de dividir el voltaje, cuenta con un fusible principal (de 125 amp.) altamente resistente, además cuenta también con un switch de interbloqueo que al abrirse el mismo dejaría de ser leído por la ECU de la batería híbrida y no daría paso para encender el vehículo, por esto se realizó una comprobación como se observa en la figura 59.

Figura 59

Verificación del Jumper de Seguridad



3.7 Revisión de los Elementos Híbridos (Estado de los Relés y BMS)

En este apartado luego de haber desmontado la batería procedimos con la revisión de los relés principales del sistema híbrido y la BMS (computadora del sistema híbrido), donde se pudo constatar los siguientes hallazgos:

3.7.1 Relés Principales

Se observa que están en aparente buen estado la caja de relés principal de la batería híbrida como se observa en la figura 60:

Figura 60

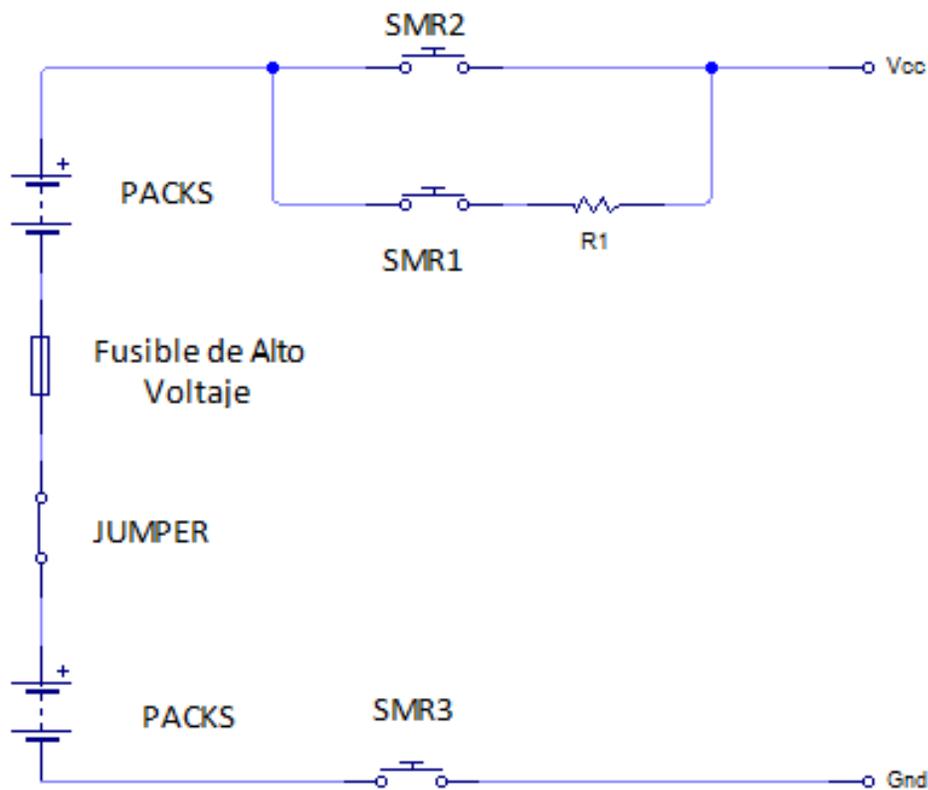
Conjunto de Relés Principal Batería HV



Este conjunto principal de los relés, tiene como objetivo realizar la conexión del sistema híbrido con los demás componentes, mediante la siguiente función SMR (System Main Relay) 2, siendo esta conexión directamente al positivo del vehículo, el SMR 3, su conexión será conectada al negativo o masa del mismo y por último SMR 1 servirá como protección del sistema, tal cual se muestra en la siguiente figura 61.

Figura 61

Conexión del SMR



Se procede a desconectar los socket de la conexión principal, que va desde los relés principal hasta la batería HEV, donde pudimos constatar que existía sulfatamiento en los mismos, como se observa en la figura 62.

Figura 62

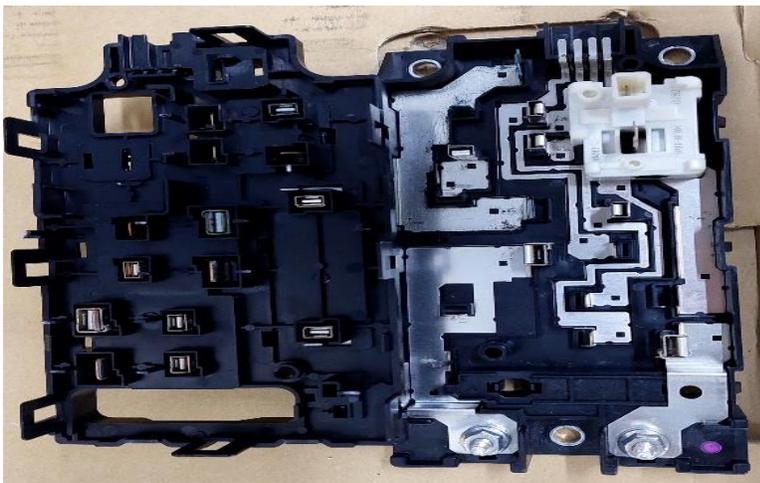
Conexión Principal del Relé con Sulfatamiento



Se procedió con la revisión del circuito de los relés principal y posterior limpieza del mismo, donde pudimos constatar que existía también rastros de sulfatamiento como se observa en la figura 63.

Figura 63

Limpieza del Circuito de los Relé Principales

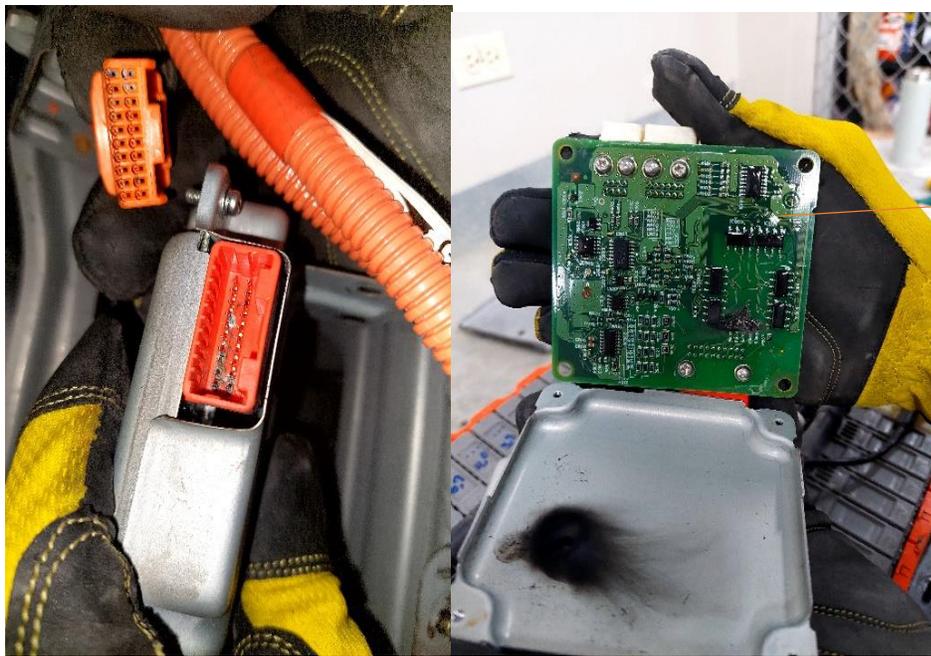


3.7.2 BMS o Regulador de Tensión

Se procede con la revisión del módulo regulador de tensión de la batería o BMS, donde se constataron los daños en la placa del regulador por causa de una sobrecarga o falla en el mismo y la existencia permanente del sulfatamiento que es el principal origen del daño como se observa en la figura 64.

Figura 64

Daños al BMS o Regulador de Tensión



Falla en la placa y
circuito integrado
modulo regulador de
tensión

3.8 Mantenimiento de los Bornes de la Batería HEV y Conexiones Eléctricas

Se da limpieza a los bornes sulfatados de cada celda de la batería híbrida, al igual que los conectores como medida preventiva, este tipo de procedimientos ayudarían a conservar el tiempo de vida útil y garantía de la batería estipulada por el fabricante que de 8 años o 100.000 km. El procedimiento para realizar se los evidencia en la figura 65.

Figura 65*Mantenimiento de Bornes de Batería HEV*

El procedimiento para realizar el mantenimiento de los bornes, se lo hace con una solución a base de agua, limón y bicarbonato con la finalidad de romper y cortar el sulfato en los bornes.

3.9 Proceso de Instalación del Módulos BMS y Batería HEV

Luego de haber realizado el Mantenimiento de la batería HEV, sus componentes híbridos y analizarlos, se procedió con la instalación del nuevo módulo BMS en la batería HEV e instalar la nueva batería híbrida en el vehículo, se detalla dicho procedimiento a continuación:

- Se instala batería nueva al vehículo como se muestra en la figura 66.

Figura 66

Batería HEV Empacada y Sellada



Como se puede ver en la imagen desde fábrica la batería HEV nueva viene solo con los cables, los módulos y carcasa, con la finalidad de usar el conjunto de reles, módulo controlador de tensión, ventilador, sensores de temperatura y demás accesorios.

- Comprobar los voltajes en las celdas de la batería híbrida nueva como se observa en la figura 67 con la finalidad de que no vayan a fallar el resto de los componentes.

Figura 67

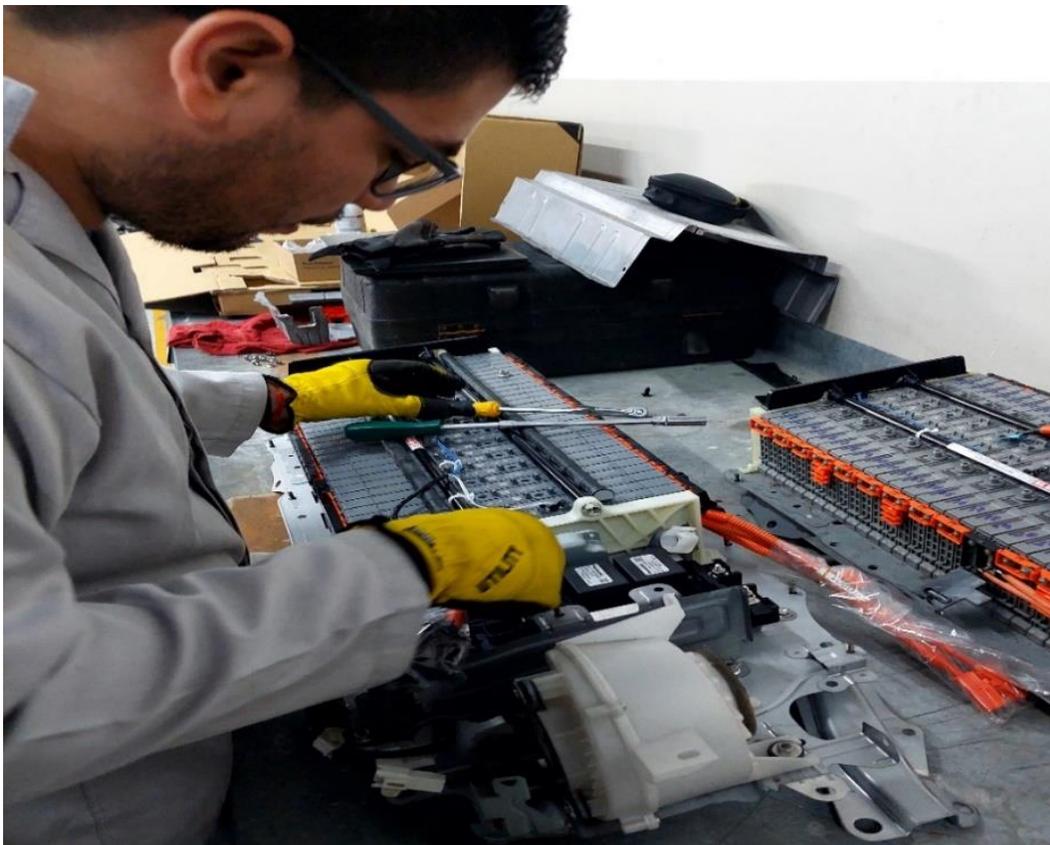
Comprobación de Voltajes de Batería HEV



- Desarmar los otros componentes que se encontraban en la antigua batería híbrida (sonda de temperatura, fusibles principales y cooler), se procede a instalarlos a la nueva batería con la finalidad de que todos sus elementos funcionen de manera técnica y correcta, incluido el módulo regulador de tensión, todo esto posterior al ensamblaje dentro de vehículo híbrido, como se observa en la figura 68.

Figura 68

Instalación de los Antiguos Componentes



- Ensamblar la batería híbrida nueva ya con los componentes (relés, módulo regulador de tensión o BMS, sensores de temperatura y ventilador), dentro del vehículo Toyota Prius A como se ve en la figura 69.

Figura 69

Ensamblado de la Batería HV Dentro del Vehículo



-Colocar la conexión de alta tensión en la batería HEV, que va desde la batería HEV al inversor y la transmisión E-CVT como se puede ver en la figura 70.

Figura 70

Instalación de Conexión de Alta tensión



- Instalar el ventilador, el cual se encarga de enfriar a la batería HEV mediante el aire acondicionado del habitáculo como se ve en la figura 71.

Figura 71

Instalación del Ventilador en la Batería HEV



- Como parte final del ensamblaje de la batería híbrida, proceder a dejarla instalada como si viniera en el vehículo desde fábrica, como se ven en la figura 72.

Figura 72

Instalación Final de la Batería HEV



Capítulo IV

Análisis de Funcionamiento del Sistema de Alto Voltaje

4.1 Medición de Voltaje en Cada Celda

En este apartado se evidencia la medición del voltaje de cada una de las celdas (7.7V) con la finalidad de que estén trabajando de manera correcta el sistema híbrido, el voltaje nomina o total de la batería híbrida es de (217.4V), valores evidenciados como se ven la figura 73.

Figura 73

Voltaje de Celdas y Total de la Batería HEV

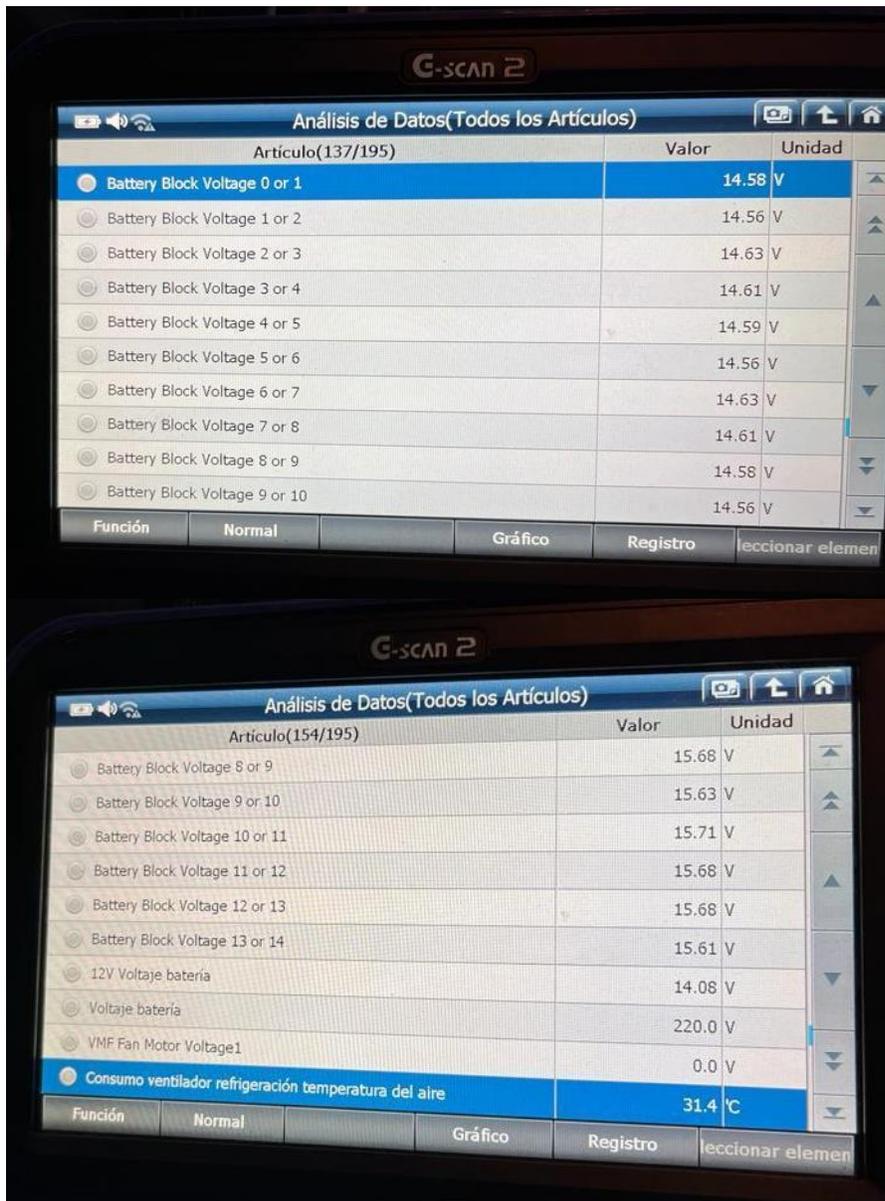


4.2 Análisis del Funcionamiento Mediante el Scanner

Luego de haber realizado la medición del voltaje de cada celda, se procedió con el análisis del funcionamiento de la batería HEV, mediante el uso de un scanner automatizado evidenciamos las lecturas que se arrojó, mediante el G:Scan 2, el cual funciona correctamente con la ECU-HEV y la ECU, como se puede observar en la figura 74, la lectura que realiza el scanner es por medio de agrupación y una sumatoria total del voltaje generado por la batería y por los 2 (dos) motores generador del vehículo ya que estos generan una alta tensión.

Figura 74

Análisis del Funcionamiento de la Batería HEV



Se pudo constatar también que en el tablero de instrumentos existe un correcto flujo de energía entre el motor de combustión interna, los motogeneradores y la batería HEV, cargándose como se puede visualizar en la figura 75.

Figura 75*Flujo de Energía*

4.3 Análisis de Datos de las Baterías HEV

En este último apartado procedimos a recopilar los datos de los voltajes tanto de la batería antigua como de la batería nueva antes de ser ensamblada dentro del vehículo y luego con el vehículo encendido, siendo esto la causa (sobrecarga) el daño principal en el módulo regulador de tensión o BMS, a continuación, se detalla en la tabla 5 los datos recopilados de los voltajes de ambas baterías:

Tabla 5*Análisis de datos de las Baterías HEV*

| Voltajes de las Batería HV Toyota Prius | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|
| Celdas de la Batería HV | Voltaje Batería Antigua (V) | Voltaje Batería Nueva (V) |
| C:1 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 2 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 3 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 4 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 5 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 6 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 8 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 9 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 10 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 11 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 12 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 13 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 14 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 15 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 16 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 17 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 18 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 19 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 20 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 21 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 22 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 23 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 24 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 25 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 26 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 27 | 4,17 | 7,7 6 |
| C: 28 | 4,17 | 7,7 6 |
| Total | 116,9 | 217,4 |

Conclusiones

Como resultado de esta investigación, se ha logrado un mayor entendimiento sobre la relación de los componentes de la batería de un vehículo Toyota Prius de tercera generación que se hallan dentro del circuito de alta tensión, donde se encuentra el módulo de alto voltaje BMS. Al revisar estos componentes podemos notar que lo mencionado anteriormente es una de las causas por la que no pudo haber encendido.

Se concluye que, para determinar las posibles soluciones de fallas en el sistema de alto voltaje, es preciso seguir un procedimiento, que consiste en colocar un scanner donde podemos ver comunicación con los módulos del vehículo, en este caso no existió dicha comunicación por lo que se procedió a desmontar la batería HEV, arrojando distintos voltajes.

Se concluye que para realizar mantenimiento es elaborar guías prácticas, para verificar el correcto funcionamiento de la batería y el módulo. Este procedimiento se realizó con la ayuda de un multímetro y un escáner automotriz.

Recomendaciones

Realizar constantemente los mantenimientos de la batería híbrida, es decir cada 5.000 km o 10.000 km, con la finalidad revisar de forma preventiva, evitando sulfatamiento en la misma, si el vehículo ya no asiste al concesionario luego de haber cumplido el kilometraje comprendido por la garantía y habiendo cumplido la vida útil de la batería híbrida desde fábrica, los lugares donde se realicen mantenimiento deben de revisar periódicamente el estado de la batería HEV (cada 5.000 km).

Si el vehículo híbrido se deja más de una semana sin usarse, lo recomendable es encender el vehículo o por consiguiente desconectar el negativo de la batería auxiliar al igual que el jumper con la finalidad de que el vehículo no acumule energía y no genere sulfato.

Al momento de manipular la batería híbrida por parte de los técnicos, siempre se debe tener en cuenta las medidas de protección por riesgo eléctrico.

Bibliografía

- Comunicaciones Autosoporte. (22 de febrero de 2023). Las Fallas más comunes en vehículos híbridos y eléctricos. Autosoporte.com: <https://autosoporte.com/https-autosoporte-com-blog-de-tecnica-automotriz-fallas-comunes-hibridos-electricos/>
- Morales Landín, C. A., & Valverde Jiménez, U. Y. (2010). Scanner Automotriz Interfaz PC. Instituto Politécnico Nacional.
- AEADE. (2022). Anuario 2021. Anuario 2021, 121-128.
- Análisis del Sistema Inversor de un Vehículo Híbrido, Toyota Prius. (s.f.).
- Angel Santilán Haro, E. P. (2020). Caracterización epidemiológica de Covid-19 en Ecuador Epidemiological . InterAmerican Journal Medicine and Health, 2.
- Autofacil . (2021). Toyota llama a revisión a los Prius de la tercera generación. Autofacil : <https://www.autofacil.es/toyota/prius/toyota-llama-revision-prius-tercera-generacion/93987.html>
- Blázquez, L. (20 de agosto de 2021). Sistema de frenado regenerativo. Coches.com : <https://noticias.coches.com/consejos/frenado-regenerativo-que-es-y-como-funciona/434350>
- Caiche, R. E. (2015). Estudio y Análisis del Conjunto de Baterías del Vehículo Híbrido Toyota Prius Modelo A. Guayaquil: UIDE.
- Calaza, H. (18 de noviembre de 2013). ¿Cómo funciona el Toyota Prius híbrido? Autocosmos.com: <https://noticias.autocosmos.com.ar/2013/11/18/como-funciona-el-toyota-prius-hibrido>
- Calle, F. J. (2012). Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículos Toyota Prius de III Generación en la ciudad de Cuenca. Universidad del Azuay.

- Carrera Rivera, G. G., & Noroña Merchán, M. V. (15 de septiembre de 2022). Editorial Tinta y Pluma.com. Restitución de Baterías de Vehículos Híbridos Y Eléctricos Mediante un Proceso de Regeneración Eléctrica: <https://editorialtintaypluma.com/index.php/etp/article/view/5>
- Cepeda-Camacho, S. S., Garzón-Muñoz, C. F., Guasumba-Maila, J. E., & Oramas-Proañó, D. D. (2022). Descripción de las características de los diferentes tipos de baterías utilizadas en los vehículos eléctricos. Quito: Polo del Conocimiento.
- Chavez, I. I. (16 de abril de 2020). Batería Híbrida Toyota “Prius C” y sus Niveles de Energía. TAAET Electronics: <https://www.aaetcom.app.exur.com/news-aaet-blog/bateria-hibrida-toyota-prius-c-y-sus-niveles-de-energia>
- Chavez, I. I. (19 de abril de 2020). Procedimiento de Modo Mantenimiento en Vehículo Híbrido. TAAET Electronics: <https://www.aaetcom.app.exur.com/news-aaet-blog/modo-mantenimiento-vehiculo-hibrido-toyota>
- Coescrito por Personal de wikiHow.com. (19 de julio de 2023). Cómo encender un Toyota Prius. WikiHow.com: <https://es.wikihow.com/encender-un-Toyota-Prius-%28Estados-Unidos%29>
- Dib, L. M. (2021). Reutilización de las Baterías de Tracción de Níquel-Hidreto Metálico (NiMH) en la Generación de Energía Alternativa para un Taller Automotriz. Guayaquil: UIDE.
- Diego López Donaire . (06 de septiembre de 2022). Cómo abrir y arrancar un coche cuando no detecta la llave. Actualidad: <https://www.aaetcom.app.exur.com/news-aaet-blog/modo-mantenimiento-vehiculo-hibrido-toyota>
- Donado, I. A. (7 de septiembre de 2020). La ECU y el acelerador . Autosoporte.com: <https://autosoporte.com/la-ecu-automotriz-y-el-acelerador-control-del-posicionador/>

- Donado, I. A. (18 de mayo de 2021). ECU de Batería en Vehículo Híbrido: Funciones. Auto Soporte.com: <https://autosoporte.com/ecu-de-bateria-en-vehiculo-hibrido-funciones/#:~:text=A%20la%20salida%20de%20la,realizar%20la%20conexi%C3%B3n%20del%20sistema.>
- Einatec Redacción. (julio de 2018). Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, ¿cuál es mejor? Einatec: <https://einatec.com/blog/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>
- El Diario Ec Redacción del Diario. (Diciembre de 2008). Ministerio recibe su primer vehículo híbrido. El Diario Ec: <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/100589-ministerio-recibe-su-primer-vehiculo-hibrido/>
- Elan McAfee. (25 de febrero de 2016). Cómo conducir un Toyota Prius. Your mechanic.com: <https://www.yourmechanic.com/article/how-to-drive-a-toyota-prius>
- Elias, S. (2016). Internationalization of Higher Education in the light of some indicators. Buenos Aires : Universidad Nacional del Sur.
- Flores, V. H. (2016). Análisis del Sistema Inversor de un Vehículo Híbrido. Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE).
- Jishin. (29 de noviembre de 2021). Toyota mejorará sus híbridos con las baterías bipolares de NiMh. Entusiasta Toyota.com: <https://www.entusiastatoyota.com/toyota-mejorara-sus-hibridos-con-las-baterias-bipolares-de-nimh/>
- Lu, H.-Y. (2009). Informe sobre el rendimiento de campo del módulo de conversión enchufable Hymotion™ de A123Systems para el Toyota Prius. SAE International.

- Moron, E. (marzo de 2020). Baterías de NiMH ¿qué son y por qué son mejores? Hive Blog:
<https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/bater-as-de-nimh-qu-son-y-por-qu-son-mejores--1600979269>
- Motor es. (21 de julio de 2015). ¿Cuántos kilómetros puede durar un Toyota Prius sin averías?
 Motor es: <https://www.motor.es/noticias/cuantos-kilometros-toyota-prius-201522349.html>
- Motor Pasión. (2022). <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/la-historia-del-toyota-prius-ii-evolucion-de-la-tecnologia-hibrida>. Motorpasion:
<https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/la-historia-del-toyota-prius-ii-evolucion-de-la-tecnologia-hibrida>
- Motor, T. P. (2017). Boletín 15. PRC 800, 7-15.
- Motorpasión . (2022). Historia del coche híbrido: la tecnología se perfecciona.
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>
- Oudkerk, H. D. (27 de enero de 2021). Mild hybrid o Microhíbridos. Diario AutoMotor:
<https://diarioautomotor.com.ar/mild-hybrid-o-microhibridos-electrificar-motores-para-consumir-menos-sin-grandes-inversiones-algunas-ventajas-y-algunos-inconvenientes/>
- Pérez, A. (16 de junio de 2022). Baterías de litio: tipos, ventajas e inconvenientes. Autobild.es:
<https://www.autobild.es/noticias/baterias-litio-tipos-ventajas-inconvenientes-1078491>
- Puenguenan, J. M. (2016). Estudio y Caracterización del Sistema Moto-Generador del Toyota Prius. Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE).
- Puente, E. (2018). Diseño de Procedimiento Técnico para el Análisis del Vehículo Toyota Prius mediante un Multímetro FSA 050. Repositorio Digital UIDE.

Redacción Workmaster Boots.com. (1 de agosto de 2023). Botas Dieléctricas . Workmaster

Boots.com : <https://www.workmasterboots.com/es/productos/productos-seg%C3%BAAn-el-tipo/botas->

[diel%C3%A9ctricas#:~:text=Las%20botas%20diel%C3%A9ctricas%20\(o%20aislantes,e1%C3%A9ctrica%20sea%20conectada%20a%20tierra.](https://www.workmasterboots.com/es/productos/productos-seg%C3%BAAn-el-tipo/botas-diel%C3%A9ctricas#:~:text=Las%20botas%20diel%C3%A9ctricas%20(o%20aislantes,e1%C3%A9ctrica%20sea%20conectada%20a%20tierra.)

Redacción AEADE Ecuador. (2010). Anuario 2010. Quito: AEADE Ecuador.

Redacción Autocasión.com. (16 de febrero de 2012). Ya se conocen los precios del Toyota Prius.

Autocasión.com: <https://www.autocasion.com/actualidad/pruebas/toyota-lanza-el-restyling-del-prius>

Redacción autotrip . (15 de febrero de 2021). Prius 3ra generación, Toyota Prius III es un híbrido

de todo planeta. Autotrip: <https://autorip.ru/es/prius-3-pokoleniya-toyota-prius-iii-gibrid-vseya-planety-legendy-i/>

Redacción Aviación G&J. (07 de marzo de 2023). Reparación y Mantenimiento de Accesorios.

Aviación G&J: <https://gjaviation.com/servicios.html>

Redacción Botascat.com. (3 de agosto de 2023). Botas Dieléctricas Caterpillar. Botascat.com :

<http://www.botascat.com/index.php?accion=mostrar&clave=117>

Redacción de Amazon.com. (19 de julio de 2023). Zenthike Reemplazo de llave inteligente.

Amanzon.com: <https://www.amazon.com/-/es/ZENITHIKE-Reemplazo-inteligente-proximidad-HIGHLANDER/dp/B08KDQJ14G>

Redacción de AT Protección.com. (25 de julio de 2023). Guantes Dielectricos . AT

Protección.com: <https://www.atproteccion.com/57-guantes-dielectricos#:~:text=Guantes%20diel%C3%A9ctricos%20para%20baja%20tensi%C3%B3n&text=Para%20riesgo%20a%20voltajes%20hasta,un%20guante%20de%20clase%202.>

Redacción de Haléco Iberia.com . (10 de marzo de 2022). ¿Por qué es importante usar gafas de seguridad industrial en el trabajo? Haléco Iberia.com : <https://www.haleco.es/por-que-es-importante-usar-de-gafas-de-seguridad-industrial-en-el-trabajo/>

Redacción de Honda.es. (24 de enero de 2022). ¿Qué es el freno regenerativo y cómo funciona? Honda.es: <https://www.honda.es/hondadreams/2022/01/25/que-es-el-freno-regenerativo-y-como-funciona/>

Redacción de La Electrónica . (25 de agosto de 2021). Punta Lógica . La Electrónica.com: laelectronica.com.gt/extras/que-es-una-punta-logica-y-como-se-usa#:~:text=Punta%20lógica%20o%20también%20conocida,alto%2C%20nivel%20bajo%20y%20desconexión.

Redacción de Loctite Teroson.com . (julio de 2023). Comprobador de corriente automotriz. Loctite Teroson.com : <https://blog.reparacion-vehiculos.es/como-se-manipula-un-comprobador-de-corriente#:~:text=El%20comprobador%20de%20corriente%20automotriz,o%20capacidades%20en%20los%20veh%C3%ADculos.>

Redacción de Patagonia Tools.com. (26 de julio de 2023). Autel Ps100 Punta Logica Auto Probador Circuitos. Patagonia Tools.com: <https://patagoniatools.com.ar/productos/automotriz/autel/autel-ps100-punta-logica-auto-probador-circuitos/>

Redacción de Priuschat.com. (29 de marzo de 2017). HV ECU frente a batería híbrida: ¿cuál es mala? Priuschat.com: <https://priuschat.com/threads/hv-ecu-vs-hybrid-battery-which-is-bad.101598/>

Redaccion de Renting Finders. (marzo de 2023). BMS – Battery Management System. Renting Finders.com:

<https://rentingfinders.com/glosario/bms/#:~:text=E1%20BMS%20es%20un%20compone nte%20de%20seguridad%20que,cargarlas%20de%20forma%20segura%20para%20evitar %20estos%20accidentes.>

Redacción de Researchgate.net. (2024). Researchgate.net. Configuración del sistema híbrido paralelo.: <https://www.researchgate.net/figure/Parallel-Hybrid-System-Configuration>

Redacción de Tecnomax Equipamientos.com. (24 de julio de 2023). Scanner Diagnóstico Automotriz TOYOTA OTC. Tecnomax Equipamientos.com: <https://tecnomaxequip.com.ar/producto/scanner-diagnostico-automotriz-toyota-techstream/>

Redacción de Tecnova.com. (2023). Baterías para vehículos. Tecnova.com: <https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=2053>

Redacción de Todas las noticias de Automoción. (2023). Toyota tiene problemas con la transmisión e-CVT montada en los modelos Hybrid. Noticias de Automoción: <https://likeautomotive.com/toyota-has-problems-with-the-e-cvt-transmission-mounted-on-hybrid-models/>

Redacción de toyota-4runner.org. (2024). Toyota-4runner.org. Foro de TIS Techstream: <https://www.toyota-4runner.org/5th-gen-t4rs/121604-toyota-tis-techstream-30.html>

Redacción de UniEnergy Batería. (17 de marzo de 2023). Costo De La Batería Prius 12v (Consejos Cruciales Para Comprar Una Batería Prius). UniEnergy Batería: <https://www.uetechologies.com/prius-12v-battery-cost/>

- Redacción de X-engineer.org. (2024). X-engineer.org. Tipos de vehículos eléctricos híbridos (HEV): https://x-engineer.org/types-hybrid-electric-vehicles-hev/#google_vignette
- Redacción El Comercio de Perú. (08 de abril de 2020). Autos híbridos y eléctricos: ¿cómo mantenerlos durante la cuarentena? | Fotos. Diario El Comercio de Perú: <https://elcomercio.pe/ruedas-tuercas/servicios/autos-hibridos-y-electricos-como-mantenerlos-durante-la-cuarentena-coronavirus-covid-19-fotos-noticia/?ref=ecr>
- Redacción Guantes Dieléctricos.com . (noviembre de 2020). Guantes Dieléctricos.com . Amigo Safety.com: <https://blog.amigosafety.com/2020/11/guantes-dielectricos.html>
- Redacción Iberisa.com . (02 de julio de 2021). Equipos y Herramientas para Vehículos Híbridos y Eléctricos. . Iberisa.com : <https://iberisasl.com/equipamiento-y-herramientas-para-vehiculos-hibridos-y-electricos/>
- Redacción Rhtools.com . (julio de 2023). Multimetro Digital Bosch 540h Automotriz Híbrido. Rhtools.com : https://www.rhtools.com.ar/MLA-1120729944-multimetro-digital-bosch-540h-automotriz-hibrido-rh-tools-_JM
- Redacción RS.com. (25 de julio de 2023). Guía de gafas de protección. Rs.com: <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-gafas-proteccion>
- Redacción Slideserve.com. (31 de agosto de 2014). Slideserve.com. Prius PHV: <https://www.slideserve.com/gerda/prius-phv>
- Redacción Wiki how. (2023). Cómo revisar el sistema híbrido en un Prius. Wikihow.com: <https://es.wikihow.com/revisar-el-sistema-h%C3%ADbrido-en-un-Prius>
- The Henry Ford. (2022). 1914 Detroit Electric Model 47 Brougham, Personal Car of Clara Ford. The Henry Ford: <https://www.thehenryford.org/artifact/209957/#slide=gs-214237>

Ullán, P. W. (2020). Vehículos híbridos. Pasado, presente y futuro. Barcelona : Escola Técnica Superior.

Vanguardia, Redacción de la Revista. (28 de septiembre de 2018). Las averías más comunes en los coches híbridos. La Vanguardia:
<https://www.lavanguardia.com/motor/taller/20180928/452004611757/averias-comunes-coches-hibridos.html>

Volkswagen Mexico. (16 de junio de 2022). Autos híbridos: cómo son y sus diferencias con otros vehículos. <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/innovacion/que-es-un-auto-hibrido.html>

Zapata, J. V. (2015). Análisis del Funcionamiento de una Batería Híbrida de un Vehículo Toyota Prius con una Guía de Estudio. Quito: UTE (Universidad Tecnológica Equinoccial).

Zárate, W. E. (2021). Diseño Computacional de Engranajes Magnéticos para una Transmisión E-CVT en los Vehículos Híbridos. Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) .

Anexos

Anexo 1

| |
|-------------------------------|
| <i>Guía de Práctica N° 01</i> |
|-------------------------------|

| ASIGNATURA | RESPONSABLE | FECHA DE PRÁCTICA | DURACIÓN PRÁCTICA |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Electricidad Automotriz | Ing. Marco Noroña | 03/11/2023 | 4 HORAS |

| LABORATORIO O TALLER | GUIA PRÁCTICA N° | NOMBRE DE LA PRÁCTICA |
|----------------------|------------------|---|
| UIDE | 01 | Comunicación con el escáner y desmontaje de la batería HEV del Toyota Prius A de tercera generación |

| | |
|--|--|
| 1. | OBJETIVO GENERAL |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar el Daño del Módulo Regulador de Tensión de la Batería Híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación. |
| 2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Describir el estado de los componentes de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación. • Determinar las posibles soluciones en base a un diagnóstico electrónico en el sistema de alto voltaje. • Realizar pruebas del funcionamiento correcto al módulo de control de tensión de la batería híbrida por medio de guías prácticas. |
| 3. | RECURSOS |
| EQUIPOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> • Scanner automotriz | <ul style="list-style-type: none"> • Llaves combinadas y dados. |
| 4. | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA |

Vehículo Prius

Vehículo Prius de la marca Toyota con cilindraje 1.8, con motorización híbrida escogido para realizar la comprobación del daño del módulo regulador de tensión.



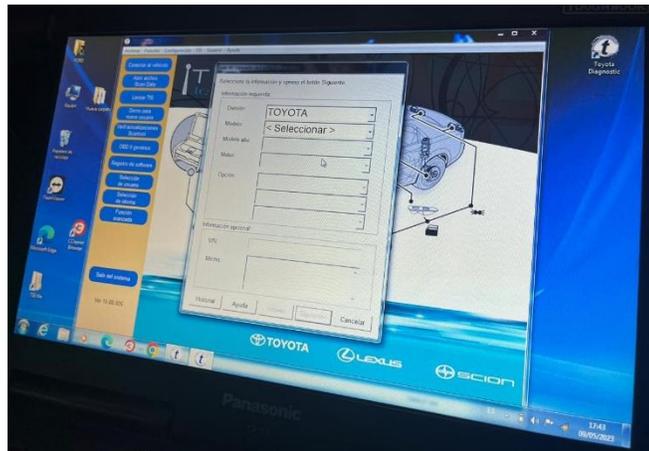
Error en el Tablero de Instrumentos

Se procede a realizar la conexión mediante la conexión OBD II y la VCM, a través de la computadora o ECU del Toyota Prius, debido a que arrojaba (revisar sistema híbrido).



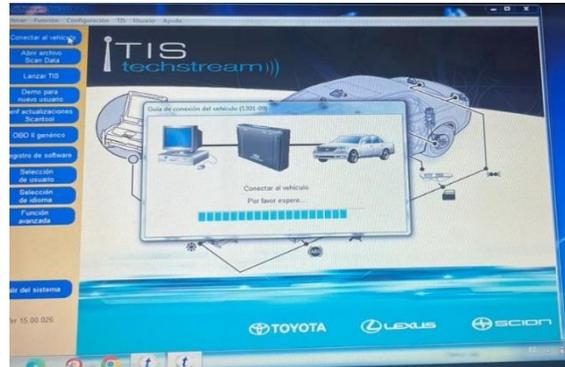
Búsqueda del Modelo

Se procedió a buscar el vehículo con el VIN del Vehículo en la VCM con la finalidad de diagnosticar el estado del sistema híbrido.



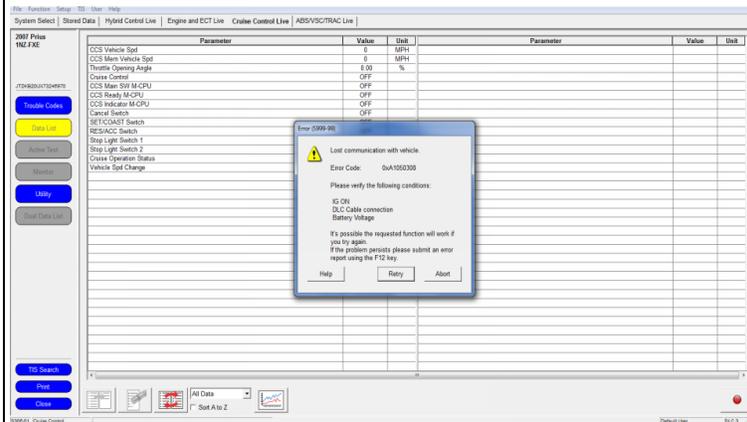
Conexión mediante la VCM

Luego de realizar la búsqueda del vehículo y el modelo, no se logró mantener conexión con la VCM y la ECU del vehículo.



Error de conexión

Se procedió con la conexión al OBD II mediante la VCM, buscando la marca, tipo de vehículo y realizar la comunicación, arrojando un error a dicho procedimiento, por lo que los investigadores contemplamos realizar el desmontaje de la batería.



Proceso de desmontaje de la batería HEV

Se procede a desmontar la batería híbrida, la cual está ubicada en la parte posterior del vehículo (asiento de pasajero o posterior) en la cual vamos a realizar las pruebas necesarias.



Desconexión del Jumper

Se procedió a desconectar el Jumper de seguridad con la finalidad de esperar que el sistema eléctrico de la batería entre en reposo.



Desconexión de líneas de alta tensión

Se procede a desconectar las conexiones (color naranja) y líneas de alta tensión de la batería HV, las cuales van al inversor del vehículo y la ECU.

**Desarmado de la Carcasa de la batería HEV**

Luego se procedió a ir desarmando carcasa de la batería HEV con la finalidad de ir viendo el estado de esta y sus componentes.

**Desmontaje de carcasa**

Se desmontó la carcasa para verificar el estado del sensor de temperatura, el estado del módulo BMS y de los relés.



Anexo 2

Guía de Práctica N° 02

| ASIGNATURA | RESPONSABLE | FECHA DE PRÁCTICA | DURACIÓN PRÁCTICA |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Electricidad Automotriz | Ing. Marco Noroña | 01/12/2023 | 4 HORAS |

| LABORATORIO O TALLER | GUIA PRÁCTICA N° | NOMBRE DE LA PRÁCTICA |
|----------------------|------------------|--|
| UIDE | 02 | Verificación batería HEV, componentes y análisis del estado total de las celdas. |

| | |
|--|--|
| 1. | OBJETIVO GENERAL |
| | <ul style="list-style-type: none"> Analizar el Daño del Módulo Regulador de Tensión de la Batería Híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación. |
| 2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS |
| | <ul style="list-style-type: none"> Describir el estado de los componentes de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación. Determinar las posibles soluciones en base a un diagnóstico electrónico en el sistema de alto voltaje. Realizar pruebas del funcionamiento correcto al módulo de control de tensión de la batería híbrida por medio de guías prácticas. |
| 3. | RECURSOS |
| EQUIPOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> Multímetro Fluke y Bosch | Llaves combinadas y dados. |
| 4. | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA |

Inspección visual de la batería**HEV**

Luego de desmontar la batería híbrida del vehículo, se procedió con una inspección visual de la misma, donde pudimos constatar que existen daños.

**Sulfatamiento de bornes en la batería**

Se encontró sulfato en las conexiones de las celdas o bornes, lo cual no es una buena señal del estado de la batería y podría ser una razón estar arrojando un falso contacto al ECU.

**Medición de voltaje de las celdas**

Se procedió a realizar la medición y comprobación del voltaje en de la batería HEV del vehículo, lo cual nos arroja en una celda, un voltaje de 6.4 V (como referencia), lo cual es un voltaje no adecuado de trabajo en las celdas siendo de el adecuado de 7.2 V.



Marcación del voltaje hallado

Luego de haber realizado la medición de voltaje de cada celda, se procedió a marcar cada una de estas para tener una referencia de voltaje hallado.

**Desmontar componentes de la batería HEV**

Se procede a desmontar los componentes batería HEV del vehículo con la finalidad de revisar dichos elementos, su condición en la cual se encuentran cada uno de los mismo.

**Comprobación del jumper de seguridad**

Se procede a desconectar el jumper de seguridad de la batería HEV, se le realizan las comprobaciones necesarias verificando que esté en buen estado.



Desconexión del relé principal

Se procedió a desconectar los sockets de la conexión principal, que va desde el relé principal hasta la batería HEV, donde pudimos constatar que existía sulfatamiento en los mismos.

**Daños en el módulo regulador**

Se procedió con la revisión del módulo regulador de tensión de la batería o BMS, donde constataron los daños a los conectores de este, a causa de existir una sobre carga en el mismo y la existencia permanente del sulfatamiento que es el principal origen del daño.



Anexo 3

Guía de Práctica N° 03

| ASIGNATURA | RESPONSABLE | FECHA DE PRÁCTICA | DURACIÓN PRÁCTICA |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Electricidad Automotriz | Ing. Marco Noroña | 05/12/2023 | 4 HORAS |

| LABORATORIO O TALLER | GUIA PRÁCTICA N° | NOMBRE DE LA PRÁCTICA |
|----------------------|------------------|--|
| UIDE | 03 | Instalación del módulo regulador de voltaje o BMS y Batería HEV en el vehículo. |

| | |
|--|--|
| 1. | OBJETIVO GENERAL |
| | <ul style="list-style-type: none"> Analizar el Daño del Módulo Regulador de Tensión de la Batería Híbrida en el Toyota Prius A de tercera generación. |
| 2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS |
| | <ul style="list-style-type: none"> Describir el estado de los componentes de la batería híbrida del Toyota Prius A de tercera generación. Determinar las posibles soluciones en base a un diagnóstico electrónico en el sistema de alto voltaje. Realizar pruebas del funcionamiento correcto al módulo de control de tensión de la batería híbrida por medio de guías prácticas. |
| 3. | RECURSOS |
| EQUIPOS | MATERIALES |
| <ul style="list-style-type: none"> Multímetro Fluke y Bosch | Llaves combinadas y dados. |
| 4. | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA |

Desempacado de la batería HEV

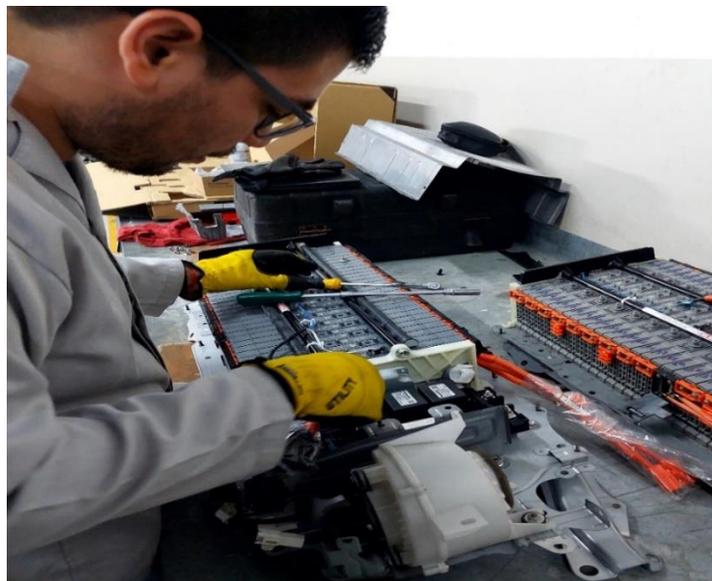
Desde la fábrica la batería HEV nueva viene solo con los cables, los módulos y carcasa, con la finalidad de usar lo relé, módulo controlador de tensión, ventilador, sensores de temperatura y demás accesorios.

**Medición de voltaje la batería HEV**

Se procede a comprobar los voltajes en las celdas de la batería híbrida nueva con la finalidad de que no vayan a fallar el resto de los componentes.

**Armado de los componentes antiguos a la batería HEV nueva**

Luego de haber desarmado los otros componentes que se encontraban en la antigua batería híbrida (sonda de temperatura, fusibles principales y cooler), se procedimos a instalarlos a la nueva batería con la finalidad de que todos sus elementos funcionen de manera técnica y correcta, incluido el módulo regulador de tensión, todo esto posterior al ensamblaje dentro de vehículo híbrido.



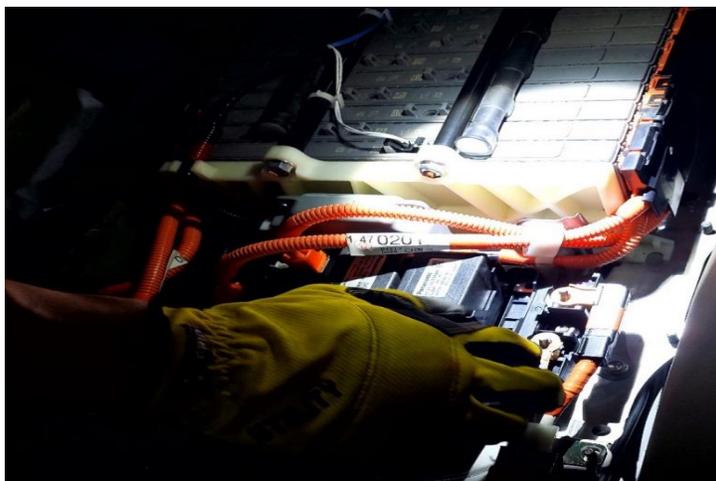
Ensamblado de la Batería HEV en el vehículo.

Se procede a ensamblar la batería híbrida nueva ya con los componentes (relés, módulo regulador de tensión o BMS, sensores de temperatura y ventilador), dentro del vehículo Toyota Prius A.



Conexión de alta tensión batería HEV

Luego se procedió a colocar la conexión de alta tensión en la batería HEV, el cual que va desde la batería HEV al inversor y la transmisión E-CVT.



Instalación del Ventilador batería HEV

Se procede con la instalación del ventilador, el cual se encarga de enfriar a la batería HEV mediante el aire acondicionado del habitáculo.



**Instalación de protectores
plásticos del baúl.**

Se procedió a dejarla el baúl como si viniera instalada el vehículo desde fábrica



Daños en el módulo regulador

Se procede con la medición del voltaje de cada una de las celdas (7.7V), dentro del vehículo con la finalidad de que estén trabajando de manera correcta el sistema híbrido, el voltaje nomina o total de la batería híbrida es de (217.4V).



Verificación mediante scanner

Se procedió con el análisis del funcionamiento de la batería, mediante el uso de un scanner automotriz evidenciamos las lecturas que se arrojó, mediante el G:Scan 2, el cual funciona correctamente con la ECU-HEV y la ECU, la lectura que realiza el scanner es por medio de agrupación y una sumatoria total del voltaje generado por la batería y por los 2 (dos) motores generador del vehículo ya que estos generan una alta tensión.

Screenshot 1: Artículo(137/195)

| Artículo | Valor | Unidad |
|-------------------------------|-------|--------|
| Battery Block Voltage 0 or 1 | 14.58 | V |
| Battery Block Voltage 1 or 2 | 14.56 | V |
| Battery Block Voltage 2 or 3 | 14.63 | V |
| Battery Block Voltage 3 or 4 | 14.61 | V |
| Battery Block Voltage 4 or 5 | 14.59 | V |
| Battery Block Voltage 5 or 6 | 14.56 | V |
| Battery Block Voltage 6 or 7 | 14.63 | V |
| Battery Block Voltage 7 or 8 | 14.61 | V |
| Battery Block Voltage 8 or 9 | 14.58 | V |
| Battery Block Voltage 9 or 10 | 14.56 | V |

Screenshot 2: Artículo(154/195)

| Artículo | Valor | Unidad |
|---|-------|--------|
| Battery Block Voltage 5 or 9 | 15.68 | V |
| Battery Block Voltage 9 or 10 | 15.63 | V |
| Battery Block Voltage 10 or 11 | 15.71 | V |
| Battery Block Voltage 11 or 12 | 15.68 | V |
| Battery Block Voltage 12 or 13 | 15.68 | V |
| Battery Block Voltage 13 or 14 | 15.61 | V |
| 12V Voltaje batería | 14.08 | V |
| Voltage batería | 220.0 | V |
| VMF Fan Motor Voltage1 | 0.0 | V |
| Consumo ventilador refrigeración temperatura del aire | 31.4 | °C |

Daños en el módulo regulador

Se constató que la batería HEV se encuentre trabajando en la pantalla del tablero de instrumentos, existiendo un correcto flujo de energía entre el motor de combustión interna, los motogeneradores y la batería.

