



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO
DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS.**

AUTORES: CEVALLOS CEDEÑO RONNY PAUL

ERAZO ACHINA ESTEBAN DAVID

DIRECTOR: ING. ROSERO AÑAZCO RAMIRO ANDRÉS, MSc.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrando por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizando el plan de grado cuyo título es **“DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS”** presentado por los señores: Cevallos Cedeño Ronny Paul con número de cédula 1726868852 y Erazo Achina Esteban David con número de cédula 1003429188, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 15 días del mes de diciembre del 2023.

Atentamente


Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco, Msc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726868852		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cevallos Cedeño Ronny Paul		
DIRECCIÓN:	Pichincha – Cayambe		
EMAIL:	rpcevallosc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0992188366

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003429188		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Erazo Achina Esteban David		
DIRECCIÓN:	Pichincha - Atuntaqui		
EMAIL:	ederazoa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0986226544

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de una metodología para el diagnóstico del sistema de alta tensión de vehículos híbridos
AUTOR (ES):	Cevallos Cedeño Ronny Paul Erazo Achina Esteban David
FECHA: DD/MM/AAAA	18/12/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de diciembre de 2023

EL AUTORES:


.....
Cevallos Cedeño Ronny Paul


.....
Erazo Achina Esteban David

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental a lo largo de toda mi vida. Su constante respaldo ha sido el impulso que necesitaba en cada etapa de mi carrera académica. Agradezco infinitamente el sacrificio que han realizado día a día, motivándome incansablemente para no claudicar en mi camino.

A mi amado padre, Ronny Cevallos, le debo la fuerza interior que me impulsa a superarme diariamente. Su inspiración me ha enseñado a enfrentar los desafíos con valentía y a nunca rendirme. A mi querida madre, Paula Cedeño, le agradezco por ser un ejemplo de fortaleza. De ella he aprendido que lo crucial no es la cantidad de veces que uno cae, sino la determinación con la que se levanta.

Expreso mi gratitud a mis abuelos, quienes desde mi infancia me corrigieron, guiaron y me enseñaron a ser una persona íntegra. También, mi reconocimiento se extiende a todas las personas significativas que han cruzado mi vida universitaria, contribuyendo de manera positiva a mi crecimiento personal y académico.

Ronny Paul Cevallos Cedeño

Este trabajo está dedicado al sacrificio, apoyo y motivación que me brindaron mi madre y mis abuelitos, quienes han sido mi fuente de luz a lo largo de los altibajos de mi carrera estudiantil. Asimismo, dedico esta tesis a mi padre, quien, a pesar de su ausencia física, ha sido el ángel que me cuidó tanto dentro como fuera de mi hogar, ya que su presencia siempre se ha hecho sentir en todo momento.

Esteban David Erazo Achina

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por proporcionarme la invaluable oportunidad de forjarme como profesional. Desde el inicio, la universidad me acogió, ofreciéndome las condiciones propicias para crecer tanto a nivel personal como en mi desarrollo académico.

Quiero extender mi gratitud hacia mi tutor y mentor, el Ing. Ramiro Rosero, así como nuestro asesor, el Ing. Víctor Montenegro. A ambos les estoy agradecido por su orientación constante, su paciencia inquebrantable y la generosidad con la que compartieron sus vastos conocimientos. Han sido mi guía incansable a lo largo de esta extensa travesía, desde el inicio hasta su culminación. Aprendí de ellos una abundante cantidad de conocimientos que sin duda alguna serán fundamentales en mi carrera profesional a lo largo de toda mi vida.

Ronny Paul Cevallos Cedeño

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la vida, la salud y la sabiduría. También, agradezco a mi familia, quienes han sido mi guía a lo largo de mi travesía estudiantil, orientándome siempre hacia el camino del bien en la búsqueda de la realización de mis más anhelados sueños.

Finalmente, extiendo mi gratitud a mi tutor y mentor de trabajo de grado, el Ingeniero Ramiro Rosero Msc., así como al opositor Ingeniero Víctor Montenegro. Agradezco su orientación constante, sus conocimientos y correcciones, los cuales han contribuido significativamente a mi crecimiento técnico y han sido fundamentales para la consecución de este trabajo de investigación.

Esteban David Erazo Achina

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPITULO I	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación actual	2
1.3 Prospectiva	3
1.4 Planteamiento del problema	4
1.5 Formulación del problema.....	5
1.6 Delimitación temporal y espacial	5
1.6.1 Delimitación temporal	5
1.6.2 Delimitación espacial	5
1.7 Objetivos.....	5
1.7.1 Objetivo general	5
1.7.2 Objetivos específicos	5
1.8 Alcance	6
1.9 Justificación	6
1.10 Contexto	7
CAPITULO II	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Fundamentos del vehículo híbrido	9
2.1.1 Contexto actual de vehículos híbridos en Ecuador.....	9
2.2 Arquitectura del vehículo híbrido.....	9
2.2.1 Vehículos híbridos	9
2.2.1.1 Microhíbridos.....	11
2.2.1.2 Híbridos en serie	11
2.2.1.3 Híbridos en paralelo.....	12
2.2.1.4 Híbrido serie – paralelo.....	13
2.2.1.5 Híbrido enchufable	14
2.3 Desempeño del vehículo.....	15
2.4 Sistema de propulsión en vehículos híbridos	15
2.4.1 Motor Atkinson	15
2.4.2 Motor eléctrico	17
2.4.2.1 Motor de corriente alterna y continua.....	19
2.4.2.2 Eficiencia y pérdidas de la máquina eléctrica.....	21
2.4.2.3 Moto generadores (MG1 y MG2).....	22
2.4.2.4 Comparativa entre motor eléctrico y motor de combustión interna	24
2.4.3 Transmisión	25
2.4.4 Almacenamiento de energía	26

2.4.5	Sistema inversor	30
2.4.5.1	Funcionamiento del sistema inversor	30
2.4.5.2	Transistores IGBT.....	30
2.4.5.3	Tipos de convertidores de potencia.....	31
2.4.5.4	Sistema de elevación de tensión	31
2.4.5.5	Control de alta tensión en los vehículos híbridos	32
2.4.5.6	Principios de la electrónica de potencia.....	33
CAPITULO III		34
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1	Metodología de diagnóstico del sistema de alta tensión.....	34
3.1.1	Herramientas, equipos y normas de seguridad necesarias.....	38
3.1.1.1	Equipos y medidas de seguridad.....	38
3.1.1.2	Herramientas y equipo de medición	40
3.2	Metodología de diagnóstico de la batería híbrida.....	43
3.2.1	Parámetros técnicos de la batería híbrida	44
3.2.2	Desmontaje de la batería híbrida	47
3.2.3	Diagnóstico de celdas	52
3.2.3.1	Códigos de avería.....	52
3.3	Metodología de diagnóstico del inversor.....	53
3.3.1	Parámetros técnicos del inversor	54
3.3.2	Transistores de alta y baja tensión.....	59
3.3.3	Diagnóstico del inversor	60
3.3.3.1	Códigos de avería.....	61
3.4	Metodología de diagnóstico de los motores eléctricos.....	62
3.4.1	Parámetros técnicos de los motores generadores	63
3.4.1.1	Motor generador MG1	63
3.4.1.2	Motor generador MG2	65
3.4.1.3	Diagramas de la configuración de los motores generadores.....	66
3.4.2	Diagnóstico de los motores generadores	69
3.4.2.1	Códigos de avería.....	69
CAPITULO IV.....		71
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1	Resultados de diagnóstico batería híbrida	71
4.1.1	Desmontaje de la batería de alta tensión	71
4.1.2	Análisis de celdas de los paquetes de baterías.....	73
4.1.2.1	Mantenimiento preventivo de paquetes de baterías.....	73
4.1.3	Medición de paquetes de baterías	74
4.1.4	Carga y descarga de paquetes de baterías.....	76
4.1.5	Nivelación de celdas	77

4.1.6	Módulo PRA (Power Relay Assembly)	79
4.1.6.1	Análisis del funcionamiento del PRA.....	79
4.1.6.2	Medición del módulo PRA	80
4.2	Resultados del diagnóstico del inversor	82
4.2.1	Análisis del funcionamiento del inversor	82
4.2.2	Desmontaje de componentes internos del inversor	82
4.2.3	Medición de componentes	84
4.2.3.1	Medición de diodos.....	84
4.2.3.2	Medición de transistores de alta y baja tensión	85
4.3	Resultados de diagnóstico de motores generadores	88
4.3.1	Desmontaje de motores generadores	88
4.3.2	Medición de los devanados	90
4.4	Construcción del módulo para equipos de estudio	91
	CAPITULO V	94
	5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1	Conclusiones.....	94
5.2	Recomendaciones	95
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	ANEXOS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM		PÁGINA
2.1	Clasificación de vehículos híbridos	10
2.2	Funcionamiento del vehículo híbrido	11
2.3	Diagrama Híbrido Serie	12
2.4	Diagrama Híbrido Paralelo	13
2.5	Diagrama híbrido serie-paralelo	14
2.6	Vehículo híbrido enchufable	14
2.7	Diferencia en el proceso de compresión de un ciclo otto y un Atkinson	16
2.8	Representación ciclo Otto-Atkinson entre presión-volumen.....	16
2.9	Relación potencia-torque en motor de combustión interna	17
2.10	Clasificación de los motores de VE.....	18
2.11	Relación entre potencia y torque de un vehículo eléctrico	19
2.12	Esquema del motor de corriente continua	20
2.13	Esquema del motor de corriente alterna CA.....	20
2.14	Gráfica Torque-Velocidad	21
2.15	Diagrama del sistema de moto generadores	23
2.16	Comparativa del motor eléctrico y motor de combustión interna	25
2.17	Transmisión de vehículo híbrido en corte-motor MG1	26
2.18	Batería Híbrida	27
2.19	Celda de batería Toyota Highlander	28
2.20	Componentes y cableado de alto voltaje	29
2.21	Configuración interna del inversor del sistema A/C	31
2.22	Cableado de alta tensión	32
3.1	Diagrama de flujo general de la metodología.....	34
3.2	Toyota Highlander	35
3.3	Componentes del sistema híbrido Toyota Highlander	35
3.4	Equipos de protección personal	39
3.5	Modelo de señalética de precaución	40
3.6	Multímetro Cat III	41
3.7	Flujograma de la metodología de la batería.....	44
3.8	Batería de alto voltaje del Toyota Highlander	45
3.9	Módulo PARA	46
3.10	Circuito del PRA (Power Relay Assembly)	47
3.11	Sistema OBD-II	48
3.12	Diagrama de conector DLC-OBD2	48
3.13	Datos generales del sistema híbrido	49
3.14	Desconexión de la batería de 12V	50
3.15	Desconexión del Jumper.....	50
3.16	Retiro de protección metálica	51
3.17	Extracción de pernos de seguridad	51
3.18	Flujograma de la metodología del inversor	54
3.19	Diagrama eléctrico de inversor	56

3.20	Módulo IPM del inversor	57
3.21	Diagrama de inversor-convertidor	58
3.22	Diagrama eléctrico del elevador de tensión.....	58
3.23	Diagrama del circuito de alta tensión conversor DC/DC	59
3.24	Diagrama de baja tensión conversor DC/DC	60
3.25	Flujograma de la metodología de los motores eléctricos	63
3.26	Diagrama de generación de corriente alterna para MG1 y MG2	67
3.27	Diagrama motor eléctrico	68
3.28	Diagrama trifásico de motores generadores	68
3.29	Diagrama de fases U, V y W	69
4.1	Medición de celdas	74
4.2	Cargador de la batería de alta tensión.....	77
4.3	Dispositivo para nivelar el voltaje de las celdas.....	78
4.4	Medición de la resistencia del PRA.....	80
4.5	Medición de SMRs	81
4.6	Diodos con resistencia baja	84
4.7	Diodos con resistencia alta	85
4.8	Transistores de alta tensión.....	86
4.9	Diodos del convertidor DC/DC	87
4.10	Medición de resistencia de elevación de tensión del inversor.....	88
4.11	Transeje Toyota Highlander	88
4.12	Cableado trifásico	90
4.13	Medición de bobinados.....	91
4.14	Características del tubo cuadrado	91
4.15	Perfiles laminados platinas	92
4.16	Esquema de la estructura del módulo	93
4.17	Modelo final del módulo didáctico.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM		PÁGINA
Tabla 2.1	Comparativa entre los motores AC y DC.....	21
Tabla 2.2	Condiciones de funcionamiento del MCI y los MG.....	24
Tabla 2.3	Comparación entre tecnologías de almacenamiento de energía.....	28
Tabla 2.4	Especificaciones de batería de Toyota Highlander	29
Tabla 3.1	Ubicación y descripción de los componentes híbridos.....	36
Tabla 3.2	Resumen de elementos, normas de seguridad, herramientas y equipos. 42	
Tabla 3.3	Valores referenciales modulo PARA	47
Tabla 3.4	Resumen de códigos de avería de la batería hibrida.....	53
Tabla 3.5	Componentes internos del inversor separados en conjuntos	54
Tabla 3.6	Valores del fabricante.....	55
Tabla 3.7	Características de los diodos del Inversor MG1-MG2.....	59
Tabla 3.8	Resumen de códigos de avería en el inversor.....	61
Tabla 3.9	Parámetros MG1.....	64
Tabla 3.10	Parámetros del MG2.....	65
Tabla 3.11	Valores referenciales de los motores eléctricos.....	66
Tabla 3.12	Resumen de códigos de avería en los motores generadores.....	70
Tabla 4.1	Tensión y corriente del Bloque 1.....	75
Tabla 4.2	Tensión y corriente del Bloque 2.....	75
Tabla 4.3	Tensión y corriente del Bloque 3.....	76
Tabla 4.4	Tensión y corriente del bloque 1 después de ser niveladas	78
Tabla 4.5	Tensión y corriente del bloque 2 después de ser niveladas	79
Tabla 4.6	Tensión y corriente del bloque 3 después de ser niveladas	79
Tabla 4.7	Valores del módulo PRA.....	81
Tabla 4.8	Resultados de transistores de alta tensión	86
Tabla 4.9	Resultado de transistores de baja tensión	87
Tabla 4.10	Continuidad de los motores generadores.....	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM		PÁGINA
[3.1]	Voltaje nominal.....	45
[3.2]	Voltaje máximo.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM		PÁGINA
Anexo 1	Guía de prácticas de la batería híbrida.....	107
Anexo 2	Guía de práctica del inversor.....	117
Anexo 3	Guía de prácticas de los motores eléctricos.....	125
Anexo 4	Equipos etiquetados del inversor.....	133
Anexo 5	Etiquetas del módulo PRA	133
Anexo 6	Etiquetado de equipos mecánicos del transeje y motores eléctricos...	134

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en realizar un estudio descriptivo, característico y representativo del sistema de funcionamiento híbrido, así como de los elementos clave que constituyen el sistema de alta tensión. La motivación para llevar a cabo este estudio surge de la limitada información disponible tanto en medios virtuales como en fuentes bibliográficas. El objetivo principal es contribuir con un documento de consulta y un modelo didáctico-práctico diseñado para el diagnóstico, análisis y comprensión del sistema de alta tensión, con el propósito de facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La investigación se inicia con un ferviente interés por explorar y comprender esta tecnología emergente. En sus primeras etapas, se revisaron manuales técnicos, documentos electrónicos y videos detenidamente para obtener una comprensión clara del sistema de alto voltaje. Este enfoque tiene como objetivo proporcionar una base sólida para la rápida y clara asimilación de conceptos por parte del personal técnico y estudiantil.

La investigación se estructura en cuatro capítulos principales. En la fase de investigación bibliográfica, se abordan los fundamentos teóricos, la arquitectura y el sistema de propulsión de vehículos híbridos, así como el funcionamiento del sistema de alta tensión. Después, se presenta una metodología detallada para el diagnóstico de cada componente, el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema híbrido. La investigación culmina con un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos al realizar pruebas en un Toyota Highlander. La síntesis y simplificación de la información recopilada a través de medios de investigación digital y bibliográfica tienen como objetivo ofrecer un documento integral que facilite el aprendizaje del sistema y sirva como referencia para realizar diagnósticos en el sistema de alta tensión. Al concluir el análisis de los componentes del sistema híbrido, se logra una comprensión óptima del funcionamiento y diagnóstico de cada uno de estos elementos mecánicos y electrónicos.

ABSTRACT

This research focuses on conducting a descriptive, characteristic, and representative study of the hybrid operating system, as well as the key elements that constitute the high-voltage system. The motivation for carrying out this study arises from the limited information available in both virtual media and bibliographic sources. The main objective is to contribute with a reference document and a didactic-practical model designed for the diagnosis, analysis, and understanding of the high-voltage system, with the purpose of facilitating the teaching and learning process.

The research begins with a keen interest in exploring and understanding this emerging technology. In its early stages, technical manuals, electronic documents, and videos were thoroughly reviewed to gain a clear understanding of the high-voltage system. This approach aims to provide a solid foundation for the rapid and clear assimilation of concepts by technical staff and students.

The research is structured into four main chapters. In the bibliographic research phase, theoretical foundations, architecture, and the propulsion system of hybrid vehicles are addressed, along with the operation of the high-voltage system. Subsequently, a detailed methodology is presented for diagnosing each component, and for preventive and corrective maintenance of the hybrid system. The research concludes with a comprehensive analysis of the results obtained from testing a Toyota Highlander. The synthesis and simplification of information gathered through digital and bibliographic research aim to provide a comprehensive document that facilitates learning of the system and serves as a reference for diagnosing the high-voltage system. Upon concluding the analysis of hybrid system components, an optimal understanding of the operation and diagnosis of each of these mechanical and electronic elements is achieved.

INTRODUCCIÓN

La tecnología híbrida se define como la combinación de dos o más motores que generan energía para propulsar el vehículo. En este caso, se trata de la fusión de un motor de gasolina con uno eléctrico. Cada motor entra en acción de manera automática cuando es necesario o a solicitud del conductor. Los automóviles híbridos optimizan la energía generada para lograr un rendimiento superior con un consumo reducido. La energía almacenada en una batería de alto voltaje se combina con la energía de la gasolina para generar movimiento.

Existen diversos tipos de vehículos híbridos; los más comunes son los híbridos paralelos, donde las fuentes eléctricas y de combustión interna pueden trabajar de manera independiente o simultánea. También están los híbridos en serie, donde el motor a gasolina produce electricidad para alimentar la fuente eléctrica. En el caso de esta investigación, se realizaron pruebas en un vehículo con configuración serie-paralelo, donde un motor eléctrico impulsa inicialmente el motor de combustión interna, y en condiciones normales, ambos motores eléctricos funcionan simultáneamente con el MCI, activando potencia adicional cuando sea necesario.

Una ventaja destacada de esta tecnología es la reducción significativa, de hasta un 60%, en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con un vehículo convencional. El sistema de propulsión de un vehículo híbrido consta de cinco componentes esenciales: motor de combustión interna, transeje híbrido, motores generadores, inversor/conversor y batería de alta tensión. Cada uno desempeña un papel crucial en el proceso. La presente investigación se centra en el sistema de alta tensión, desarrollando una metodología para diagnosticar cada componente mediante la implementación de un módulo didáctico que facilita la manipulación de los equipos. Este estudio descriptivo, característico y representativo aborda el funcionamiento y los elementos clave del sistema de alta tensión en vehículos híbridos.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Menciona (Camarillo, 2018) que, Henrie Pieper, un fabricante de vehículos de Bélgica fue el primero en fabricar un vehículo híbrido en 1899. Un año después, en 1900, Ferdinand Porsche desarrollo automóviles híbridos que incorporaban un motor térmico y un generador eléctrico para suministrar energía eléctrica. En un avance posterior, entre 1978 y 1979, David Arthurs, un ingeniero eléctrico de Springdale fue el creador del vehiculo hibrido que incorporaba la tecnología de frenado regenerativo. Entonces el funcionamiento de este vehículo se da según (Shanu & Senthilkumar, 2021), el vehículo hibrido consta de dos motores, un eléctrico y uno de combustión interna (MCI). El motor eléctrico trabaja a bajas velocidades y el motor MCI, se activa a grandes velocidades, por otro lado, tiene como función al recargar la batería del vehículo usando la energía al momento de accionamiento de los frenos. Según (Yong Qiang et al., 2018), bajo la presión de la crisis energética y la contaminación ambiental, las normativas sobre las emisiones de los automóviles y el consumo de energía son cada vez más estrictas. El vehículo híbrido, que puede resolver los problemas medioambientales y las limitaciones de kilometraje, se convierte en la tendencia de desarrollo más popular en la actualidad (Ren et al., 2021). El control de optimización de la energía de la batería contribuye en gran medida a mejorar el consumo de combustible y el rendimiento dinámico del vehículo, el control de optimización de la energía de la fuente de alimentación de baja tensión del vehículo también tiene una influencia significativa en el consumo de combustible del vehículo y el rendimiento dinámico (Ehrenberger et al., 2020). La acción positiva a la contaminación ambiental de vehículos híbridos, ha llegado a un punto de crear alternativas de recolección de la energía según (Bai & Liu, 2021), mediante la obtención de sistemas que generan varios tipos de trabajo como: frenado, emisiones de gases, energía mecánica surgida por el motor de combustión interna, vibraciones, combustibles alternativos. La estrategia de gestión de la energía mencionada por (Liu et al., 2021), es la clave para distribuir la energía requerida por el vehículo entre el motor, el generador y el motor. Mientras tanto, la economía y la dinámica de los vehículos eléctricos híbridos están estrechamente relacionadas con la estrategia de gestión de la energía (Hou et al., 2021). Según (Verma et al., 2021) un vehículo hibrido requiere una

alta potencia específica (W/kg) y una alta energía específica (W*h/kg) para aumentar la distancia recorrida y reducir el tiempo de carga. La energía eléctrica para los vehículos eléctricos (o algunos tipos de vehículos híbridos) suele suministrarse mediante una estación de carga eléctrica doméstica o una estación de carga pública. (Dižo et al., 2021), menciona que, si queremos hablar de las ventajas del funcionamiento de los vehículos eléctricos, tenemos que analizar primeramente la forma de producción de la energía eléctrica.

1.2 Situación actual

En la industria automotriz, según (Basque EcoDesign Center, 2019), tiende en el uso de tecnologías híbridas y eléctricas se encuentra en claro ascenso. En el año 2017, las ventas a nivel mundial alcanzaron más de 3 millones de vehículos, mostrando un incremento del 56% en comparación con 2016. China lideró con el 40% del total, mientras que la Unión Europea y Estados Unidos representaron el restante 50%. El sector automotriz, impulsado por estas tecnologías, ha recibido un significativo respaldo mediante incentivos fiscales para fomentar su adopción, así como políticas gubernamentales que regulan la producción y venta de automóviles basados en combustibles fósiles.

Por otro lado, los ciudadanos en Ecuador muestran un interés creciente en la adopción de prácticas de movilidad sostenible y la preservación del entorno, lo que conlleva la demanda de combustibles de mayor calidad, vehículos eficientes y la implementación de políticas integrales para la renovación de la flota automotriz.

Sin embargo, la calidad de los combustibles que se comercializan en el país no está acorde con los requerimientos de la nueva tecnología automotriz, menciona (Telegrafo, 2017). La gasolina extra y super presentan deficiencias en cuanto al cumplimiento de los estándares de octanaje necesarios para el parque automotor. Por tanto, es imperativo abordar y mejorar estas cuestiones, para evitar daños a sistemas de inyección electrónicos, por la mala calidad de combustibles.

De igual manera, la capacitación técnica vehicular híbrida ecuatoriana, se vio afectada por esta nueva tecnología, entonces el personal automotriz se vio obligado a realizar capacitaciones extranjeras debido a la poca información que se tiene de este tipo de

vehículos, también a la capacitación de seguridad laboral, al momento del mantenimiento vehicular por lo que, a un mal uso, puede llegar a ocurrir peligros laborales, con el fin de manipular adecuadamente la tecnología híbrida y eléctrica.

Dicho esto, en el Ecuador la tecnología híbrida, ha generado a la tendencia de los siguientes datos en ventas vehiculares híbridas, como en el 2009 la tasa de compras de estos vehículos fue de 1437 unidades, mientras en el 2010 fue su mayor auge con 4509 vehículos, y entre el año 2011 al 2016 decreció de una manera irregular variando de 2330 a 991 unidades, luego desde el año 2017, incrementó a 3390 cifras y desde este año comenzó nuevamente a decaer, en el 2018 a 2820 unidades, año 2019 a 1406 unidades y por último el año 2020 a 1130 unidades vehiculares, dicho por (Automotrices, 2019).

1.3 Prospectiva

Esta presente investigación, se da a conocer los distintos tipos de vehículos híbridos que se presentan en nuestro medio, de igual manera, para el año 2035 La Industria Automotriz Europea, dará a cabo una disminución del motor de combustión interna (MCI), dado esto, Ecuador se verá reflejado a adaptarse a este cambio en dicho año, el incremento de vehículos híbridos sería un aproximado del 35%, según el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables según (Shanu & Senthilkumar, 2021). Y con esto, brindar una visión amplia del sistema mecánico y energético que utiliza este tipo de vehículo, con sus respectivas causas y consecuencias. También de informar el - ¿Por qué?, es el tipo de vehículo que debemos optar en nuestro medio en comparación al de motor de combustión interna convencional.

Según (Bai & Liu, 2021), los vehículos eléctricos híbridos (VEH) se han desarrollado ampliamente gracias a las ventajas inherentes tanto a los vehículos con motor de combustión interna (MCI) como a los vehículos eléctricos con batería (VEB). En los vehículos eléctricos híbridos, las baterías y los motores eléctricos se introducen para ayudar a los motores de combustión interna a mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En consecuencia, los vehículos eléctricos híbridos ofrecen oportunidades para los métodos de recolección de energía que son adecuados tanto para los motores de combustión interna como para los vehículos eléctricos con baterías. Con estos métodos de recolección de energía, se puede

cosechar más energía de los vehículos eléctricos híbridos y se pueden lograr menores emisiones de (GEI).

1.4 Planteamiento del problema

Con el avance tecnológico dentro de la industria automotriz se ha ido dejando atrás el uso del alternador, dando paso a la creación de vehículos que sean impulsados a través de baterías ya sea en paralelo, en serie o en ambas, que juntas operen con el motor y así tener una reducción de gases contaminantes que tanto perjudican al medio ambiente, por ende, logrando esto se estaría aprovechando en un gran porcentaje el uso del combustible, el problema viene en el sistema de carga y también en la acumulación de esta energía que el vehículo demanda. En Japón el vehículo Highlander mantuvo problemas en el sistema de carga y con su personal de trabajo, debido a contener gran parte de vehículos híbridos que economizan el combustible y el cuidado del medio ambiente, dado esto, se produjo un descuido al personal técnico de mantenimiento, debido a que los vehículos contenían un sin número de carga eléctrica y al momento del respectivo mantenimiento el personal técnico, no contenía equipamiento adecuado para la extracción excesiva de la carga existente y así brindar un óptimo trabajo, dado esto se producían riesgos laborales . Por ende, se recurrió a la capacitación del personal en seguridad industrial en vehículos híbridos y su debido sistema de carga. En Brasil y otros países de América Latina, son de claro ejemplo que la llegada de los vehículos híbridos no era muy común, por ello, los talleres automotrices no contenían equipamiento adecuado para el mantenimiento y también a su personal capacitado, lo que se produjo accidentes mortales en los talleres. El personal técnico, desconocía la cantidad de energía que se acumulaba en los vehículos, lo que llevó a su debida capacitación de su personal de trabajo y a la obtención de productos de seguridad para el mantenimiento y con esto así reducir los accidentes laborales. Llegando la tecnología de los vehículos híbridos al país, este tuvo ciertos inconvenientes ya que no poseía los suficientes conceptos necesarios para el entendimiento de esta nueva tecnología, esto se veía reflejado en el mantenimiento y en algunos casos lesiones o daños a técnicos en los talleres por parte de los vehículos. Por lo tanto en todos los talleres activos y permitidos en el país se vieron en la necesidad de capacitaciones e implementaciones de equipos y herramientas sofisticadas para así lograr un buen mantenimiento tanto preventivo como correctivo a los vehículos híbridos para que a futuro ya no existan estos errores y falta de conocimiento en esta tecnología, y así

el personal encargado del área de mantenimiento se encuentre capacitado para realizar trabajos en los vehículos ofreciendo un buen servicio a su distinguida clientela.

1.5 Formulación del problema

¿Cuál sería el procedimiento para evaluar el consumo de corriente que fluye en un vehículo híbrido?

1.6 Delimitación temporal y espacial

1.6.1 Delimitación temporal

El presente estudio se realizará durante el tiempo comprendido entre los meses Marzo- Agosto del año 2023.

1.6.2 Delimitación espacial

El presente estudio se desarrollará en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura en uno de los talleres de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Implementar una metodología de diagnóstico al sistema de carga de alto y bajo voltaje en un vehículo híbrido a través de un módulo didáctico.

1.7.2 Objetivos específicos

- Definir una metodología de diagnóstico del sistema de alta tensión de un vehículo híbrido a través de una revisión bibliográfica para el desarrollo de guías de práctica de laboratorio.
- Implementar un módulo didáctico para el diagnóstico de la batería de alto voltaje de un vehículo híbrido basado en una metodología del análisis del estado de carga.

- Construir un módulo didáctico del sistema de alta tensión del vehículo híbrido incluyendo el inversor y moto generadores a través del análisis de manuales de taller y mantenimiento.

1.8 Alcance

Esta investigación busca desarrollar una metodología de diagnóstico del sistema de alta y baja tensión de un vehículo híbrido través de la implementación de un módulo didáctico (batería de alta tensión, inversor convertidor, conjunto estator MG1 y MG2) con un enfoque a procesos para la Carrera de Ingeniería Automotriz, por ende, se basará en datos obtenidos en las diferentes pruebas que se realizará.

Se elaborará un plan de estrategias donde se determinarán diferentes puntos, como la construcción de un módulo didáctico en donde se analizará el sistema de alta tensión provenientes del Toyota Highlander, dentro de este concepto se desarrollará una metodología del sistema de carga tanto de alta como baja tensión en un vehículo híbrido, esto realizado bajo una revisión bibliográfica. Adicionalmente, implementaremos un módulo didáctico para realizar un diagnóstico a la batería de alto voltaje en el vehículo híbrido. Además, se analizará el sistema de propulsión del vehículo mediante la implementación de un módulo didáctico del sistema de motores generadores. Finalmente, se analizará cómo funciona el sistema de control corriente de un vehículo híbrido a través de la implementación de un módulo didáctico del sistema inversor. El análisis de resultados de la investigación se realizará en base a pruebas que serán realizadas en un vehículo Toyota Highlander.

1.9 Justificación

El motivo principal por la cual se realizó esta investigación es aplicar un proyecto en la elaboración de un módulo didáctico y una metodología de diagnóstico del sistema de alta y baja tensión en un vehículo híbrido.

El Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 en el objetivo 7 mencionado: “en la vinculación del sector educativo y académico con los procesos de desarrollo para lo cual promueve la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, mediante la vinculación entre el sector público, productivo y

las universidades respectivamente” y específicamente en la política 7.2 menciona: “promover la modernización y eficiencia del modelo educativo por medio de la innovación y el uso de herramientas tecnológicas” (Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado, 2020. pág. 69). Dados estos objetivos se plantea que la tecnología híbrida eléctrica son una opción a vista futura, debido a una mejora de la eficiencia vehicular y sus grandes saltos al mercado. También al brindar una mayor autonomía por la combinación de un motor de combustión interna y eléctrica, debido a generar a través de su par motor energía eléctrica para evitar el consumo de combustible es ciertas velocidades. De igual manera, impulsar a la investigación, formación y desarrollo tecnológico para la debida capacitación vehicular en carros híbridos-eléctricos.

1.10 Contexto

En la tesis elaborada por (Jurado, 2016) titulada como “Análisis del sistema inversor de un vehículo híbrido, Toyota Prius”, se analizó el sistema inversor y varios análisis en sistemas complementarios y con ello, brindar al personal en nuevos conocimientos sobre la tecnología híbrida-eléctrica. Este análisis se hizo para la comprensión del correcto funcionamiento del convertidor inversor del Toyota Prius, con sus respectivos cuidados por la alta tensión que se genera en estos vehículos y pueden generar daños catastróficos. Como resultado de este sistema didáctico brinda un amplio conocimiento profesional y brindar información sobre este tipo de tecnología híbrida.

Mediante (Basantes & Lisseth, 2019) y su investigación “De los parámetros de funcionamiento del sistema inversor para vehículos híbridos a través de la construcción de un módulo didáctico” se realizó un módulo didáctico que permite el estudio de cómo se entrega la energía a sus diferentes sistemas en el vehículo y a la operación del vehículo híbrido y su funcionamiento en su modo de trabajo.

Según (Murillo Ramos, 2014), la tesis desarrollada y titulada como “Construcción de un equipo de diagnóstico y carga para mantenimiento de baterías de autos híbridos”, se llegó a un resultado que, mediante el estudio que se realizó a los componentes del sistema híbrido se pudo llegar a establecer un circuito eléctrico que simule las acciones de carga y descarga de la batería de alta tensión de un vehículo híbrido permitiendo construir un dispositivo con el que se pueda evaluar y dar mantenimiento a esta, se logró construir un

equipo con el que se puede diagnosticar y cargar la batería de alto voltaje de un auto híbrido.

En la tesis desarrollada y titulada como “Análisis general de los vehículos híbridos y su funcionamiento”, se llega a dos conclusiones fundamentales para tener una visión más clara acerca de los vehículos híbridos, dentro de estas esta que, en la situación actual, los vehículos híbridos no se posicionan como una inversión económica óptima. Se requiere un extenso periodo de uso para poder respaldar su eficacia, rendimiento y costos en comparación con los vehículos convencionales.

Por otra parte, en la opinión del autor, los vehículos híbridos gasolina-eléctricos no son una solución definitiva a los problemas que presentan los vehículos convencionales, pero si son un paso importante en el avance de la tecnología automotriz (Zelaya et al., 2006).

CAPITULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentos del vehículo híbrido

2.1.1 Contexto actual de vehículos híbridos en Ecuador

Un automóvil que utiliza un motor eléctrico y un motor de combustión interna para realizar un trabajo se denomina "automóvil híbrido". A diferencia de los vehículos eléctricos, un automóvil híbrido no necesita estar enchufado a un tomacorriente para cargar la batería, el sistema inversor y el sistema de frenado regenerativo se encargan de mantener la carga.

En el año 2009 se inició la comercialización de este tipo de vehículos en Ecuador, y se lanzaron marcas como Toyota, Ford, Chevrolet y Lexus, y al cierre del 2010 se habían vendido exitosamente 4.509 unidades (EL UNIVERSO, 2017).

Los automóviles están exentos del impuesto ICE (Consumos Especiales), ya que utilizan un motor inferior al de 2000 cm³. El gerente de Toyota, Fabián Rodríguez, insiste en que los clientes que compran híbridos son personas altamente preparadas que hacen una compra inteligente y valoran el vehículo en función de un bajo consumo de combustible, bajas emisiones contaminantes y altas prestaciones en términos de tecnología y equipamiento de seguridad.

2.2 Arquitectura del vehículo híbrido

2.2.1 Vehículos híbridos

El vehículo híbrido aprovecha sus recursos tecnológicos para evitar una contaminación ambiental y la otra el consumo de combustibles convencionales. Estos vehículos según (Y. Wang et al., 2022), contienen un motor eléctrico y un motor de combustión interna. El auto híbrido no se lo conecta a fuentes de energía como se realiza con los autos eléctricos porque contienen baterías que se las recarga por medio de un generador y un sistema de frenos regenerativos (Verma et al., 2021).

Este tipo de vehículo se lo ha tomado con diferentes tipos de motores que son sobredimensionados con el tipo de motor que realmente se necesita implementarlo. Según (Luis & Saquicela, 2019.), los vehículos híbridos se han ido mejorando con el pasar de

los años, equipándolo con motores más pequeños, pero a la vez que brindan una potencia grande, pero con un cierto tiempo de vida útil.

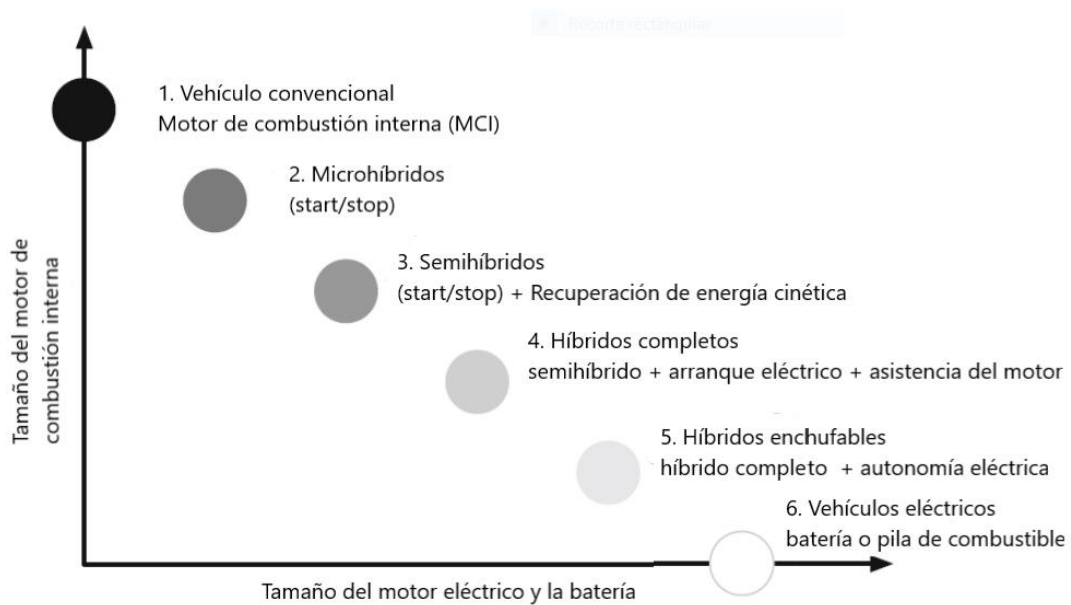


Figura 2.1 Clasificación de vehículos híbridos

En la **Figura 2.2**, se muestra la relación de energía y tiempo para el funcionamiento del sistema híbrido en el vehículo en donde (Ingeniería & Automotriz, 2018.), nos explica que los autos híbridos contienen un motor de combustión interna pero este motor se acciona a ciertas velocidades, por lo general en velocidades bajas el motor eléctrico se acciona debido a que, si presenta una energía más de la necesaria, esta va dirigida a las baterías para cargarlas y con ello dar el funcionamiento a su motor eléctrico que se una como un generador.

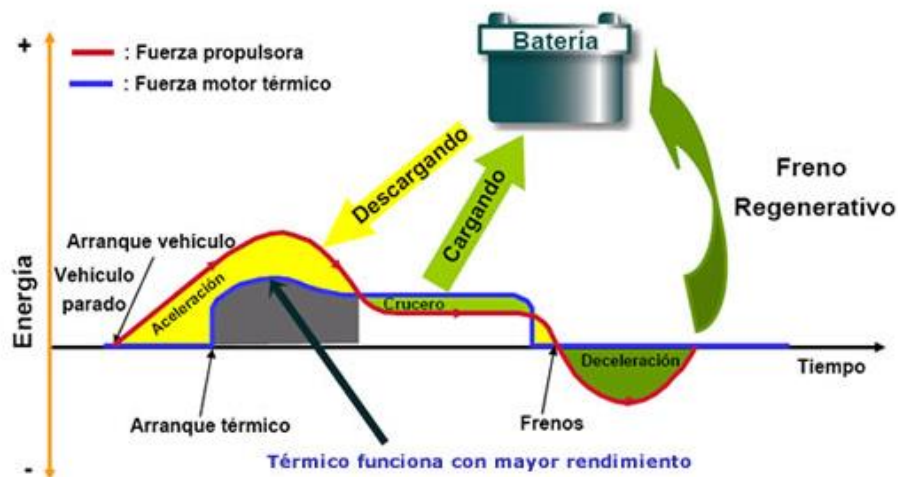


Figura 2.2 Funcionamiento del vehículo híbrido

Fuente: (Baldajos, 2015)

2.2.1.1 Microhíbridos

También llamado Mild Hybrid y semihíbridos, tiene cierta similitud con el vehículo híbrido, pero con varias diferencias. Este sistema asiste al MCI, por lo que el vehículo no se impulsa por sí solo, esta es la principal diferencia a un híbrido convencional. (Comparativa Ambiental Entre Diferentes Alternativas de Vehículos, 2020.), este sistema contiene un alternador reversible que apoya al propulsor principal en sus tareas más ineficientes como en los arranques, maniobras. Tiene un gran aporte de ahorro de peso debido a un generador y unas baterías muy compactas, estos sistemas pueden apagar el motor a grandes velocidades con el fin de aprovechar la función de conducción en vela, pero este sistema no debe superar los 5 kW de potencia (Cardoso et al., 2020).

2.2.1.2 Híbridos en serie

El híbrido serie (también conocido como vehículo de autonomía extendida o REHEV), el motor de combustión interna es el que se ocupa de mover un generador eléctrico, que alimenta de energía a la batería o al motor eléctrico (Anselma et al., 2020a). El motor de combustión interna nunca transmite directamente tracción a las ruedas como se observa en la figura 2.3, sino que es el motor eléctrico el que se ocupa de traccionar las ruedas.

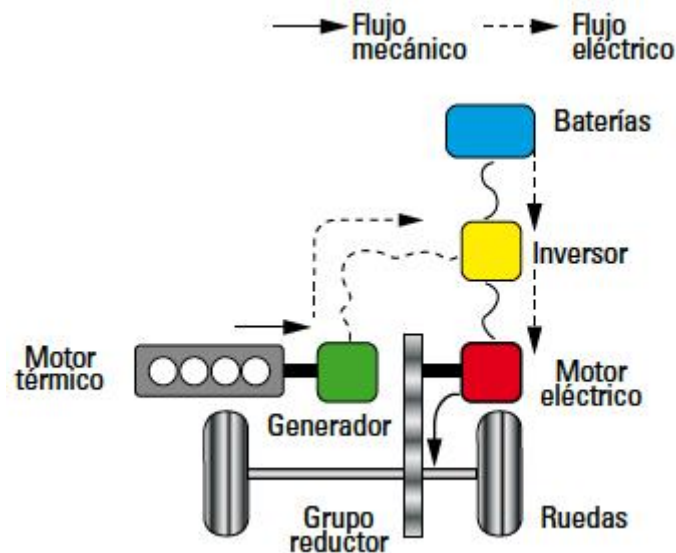


Figura 2.3 Diagrama Híbrido Serie

Fuente: (AutoCrash, 2017)

2.2.1.3 Híbridos en paralelo

Según (Ahmed et al., 2020), este vehículo maneja 2 sistemas de tracción. Esta conformación genera potencia a las ruedas de modo que los 2 sistemas pueden ser empleados de forma autónoma para obtener una potencia máxima, tal como se aprecia en la figura 2.4. También (Autor & Ullán, 2020.), menciona que mecánicamente es un sistema complejo, porque este sistema evita las pérdidas propias a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en los vehículos híbridos en serie. Además, como los picos de demanda de potencia le corresponden al motor de combustión interna (MCI), las baterías pueden ser menores. (Vehículos híbridos, 2020.), dice que el MCI entra en funcionamiento cuando el vehículo requiere mayor energía y al detenerse, el híbrido aprovecha la energía en el momento de frenado para recargar las baterías eléctricas.

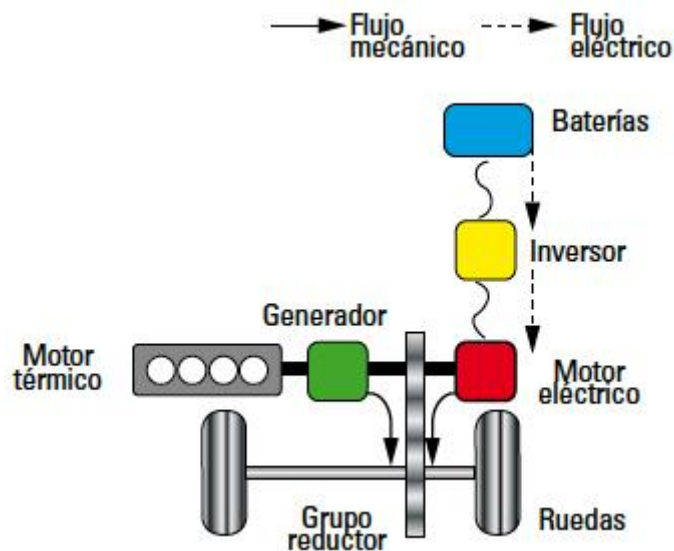


Figura 2.4 Diagrama Híbrido Paralelo

Fuente: (AutoCrash, 2017)

2.2.1.4 Híbrido serie – paralelo

El híbrido serie-paralelo dicho por (Y. Wang et al., 2018), tanto el motor de combustión interna y el motor eléctrico, proporcionan potencia a las ruedas dependiendo la condición del vehículo para escoger accionar uno de los dos. La batería es recargada por el motor eléctrico y a la vez este funciona como un generador, pero contiene un inconveniente cuando el motor eléctrico no cumple la función de recargar la batería al momento que transmitir la potencia a las ruedas, como se puede ver en la figura 2.5. Este tipo híbrido serie-paralelo está implementado por un motor generador implementado en el cigüeñal entre el MCI y el cigüeñal, cumpliendo con la acción de alternador, motor de arranque y a la vez asiste al MCI en el proceso de aceleración, de igual manera a la recuperación de grandes cantidades de energía en el proceso de frenado y actuando como amortiguador de las vibraciones de la línea motriz (Anselma et al., 2020b).

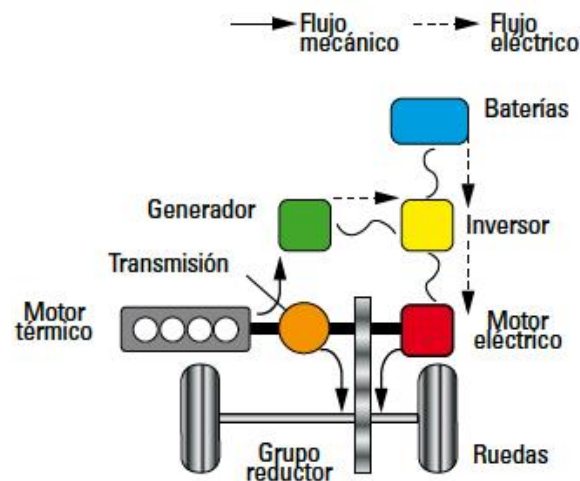


Figura 2.5 Diagrama híbrido serie-paralelo

Fuente: (AutoCrash, 2017)

2.2.1.5 Híbrido enchufable

Basado en los conceptos definidos en (Regional Villa María & Joaquín Matías, 2018.) los híbridos enchufables pueden funcionar desde un principio con energía eléctrica, debido a que su diseño permite cargar las baterías antes de rodar el vehículo y con esto reduce el consumo de combustible a comparación de un híbrido convencional. Las baterías de estos vehículos tienen una autonomía de 45 km y con esto a comparación de un híbrido convencional ahorra en 1.7 litro de combustible lo cual da un ahorro del 50% en combustible (Dižo et al., 2021).

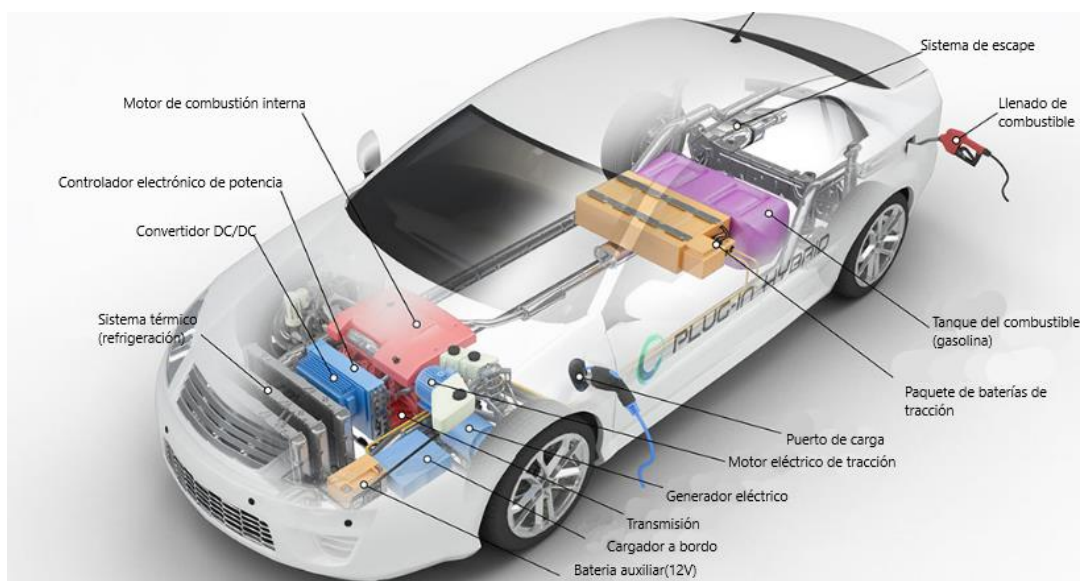


Figura 2.6 Vehículo híbrido enchufable

Fuente: (Smart Wallboxes, 2022)

2.3 Desempeño del vehículo

Tal como lo describe (SciElo, 2020), los vehículos híbridos se ha observado una disminución en el rendimiento al usar el A/C en el Honda Insight y Toyota Highlander. El desempeño del vehículo se ve influenciado por el estilo de conducción del individuo, siendo la conducción agresiva responsable de un aumento del 40% en el consumo de combustible en comparación con una conducción más suave. Otros factores a tener en cuenta incluyen la calidad del pavimento, la infraestructura vial, la calidad del combustible y el mantenimiento del vehículo, entre otros.

En términos generales, es posible destacar dos aspectos clave en el funcionamiento de vehículos automotores. En primer lugar, se encuentra el rendimiento del combustible. La eficiencia en el uso de combustible para los vehículos convencionales oscila entre el 30% y el 40%. En este sentido, los vehículos híbridos tienen la capacidad de apagar el motor de combustión interna en bajas revoluciones, logrando así una mejor optimización de la energía y generando un rendimiento superior. Por ejemplo, un estudio realizado en una serie de vehículos híbridos reveló que su rendimiento es un 11% mayor en entornos urbanos y un 6% mayor en carretera en comparación con los vehículos convencionales.

2.4 Sistema de propulsión en vehículos híbridos

2.4.1 Motor Atkinson

El argumento de (Ciclo_Atkinson-1, 2020.), nos dice que el motor Atkinson es inventado en 1882, por un ingeniero británico, James Atkinson. Su diseño está orientado hacia una mayor eficiencia a expensas de la densidad de potencia. En contraste, el ciclo Atkinson exhibe una eficiencia térmica superior y resulta en un menor consumo de combustible. La denominación "ciclo de Atkinson" se aplica a una modificación del motor de ciclo Otto, donde la válvula de admisión permanece abierta por más tiempo de lo habitual, permitiendo un flujo inverso de aire de admisión en el colector correspondiente. Este ajuste reduce la relación de compresión, siendo la diferencia principal evidente en el árbol de levas. Además, durante la carrera de expansión en el ciclo Atkinson, los gases de escape alcanzan presiones cercanas a la atmosférica, lo que implica que el motor de los vehículos híbridos transforma una mayor cantidad de energía térmica en energía mecánica.

En la **Figura 2.7** se ilustra la diferencia entre un ciclo Otto y un Atkinson, la cual es en el proceso de compresión ya que en el ciclo Atkinson los gases de escape producen mayor trabajo.

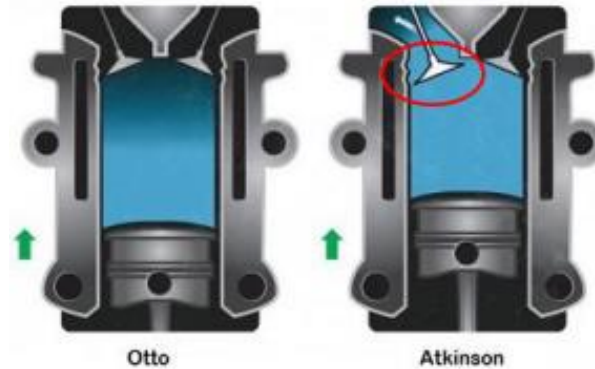


Figura 2.7 Diferencia en el proceso de compresión de un ciclo Otto y un Atkinson

Fuente: (Ciclo_Atkinson-1, 2020)

En la **Figura 2.8** se puede apreciar que el área delimitada en el diagrama representa la energía mecánica aprovechada en cada ciclo. En la etapa de compresión (Energía adicional), éste diagrama muestra cómo el ciclo Atkinson ofrece mayor energía que el ciclo Otto.

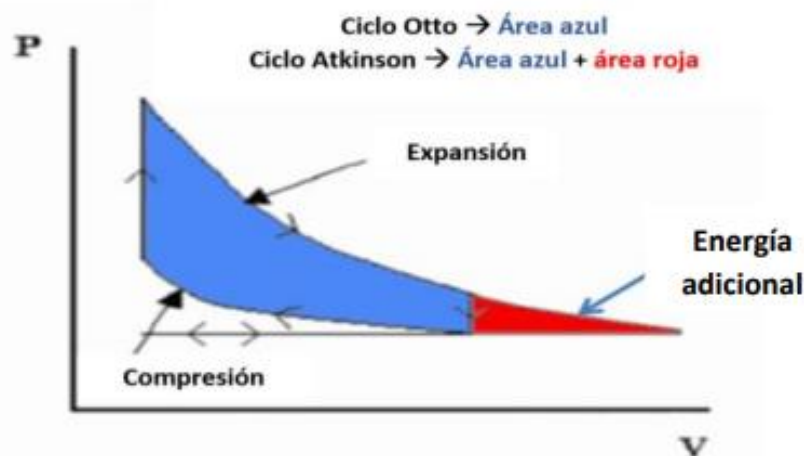


Figura 2.8 Representación ciclo Otto-Atkinson entre presión-volumen

Fuente: (Ciclo_Atkinson-1, 2020)

Para entender mejor la situación en el motor Atkinson ilustrado den la figura 2.9, podemos observar la línea azul en la gráfica adjunta. El motor alcanza su par máximo de 175 Nm a 3.500 rpm. Si se aumenta la velocidad de las revoluciones a 6.500 rpm, en lugar de incrementar el par motor, lo que sucederá es una disminución del mismo, llegando a un máximo de 120 Nm a la velocidad máxima de revoluciones.

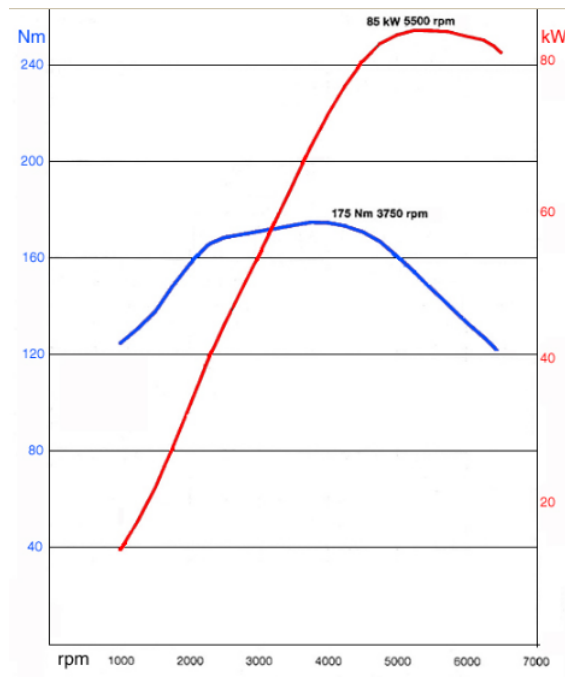


Figura 2.9 Relación potencia-torque en motor de combustión interna

Fuente: (Ricardo Botín, 2012)

2.4.2 Motor eléctrico

Los motores eléctricos han estado presentes por más de un siglo. Su evolución ha sido cada vez menos notoria ha comparación de la electrónica y computación. El desarrollo de estos es continuamente estimulado por la invención de imanes permanentes de alta energía, topologías sofisticadas y poderosas técnicas de diseño (CAD). La clasificación de motores para VE se divide principalmente en dos grupos, los comunicados y no comunicado (Arribas & Lafoz, 2009.). Los motores de AC con conmutador han quedado obsoletos para la propulsión de VE. En la **Figura 2.10** se muestra la clasificación de los motores para VE y para los tipos de motor que se han empleado.

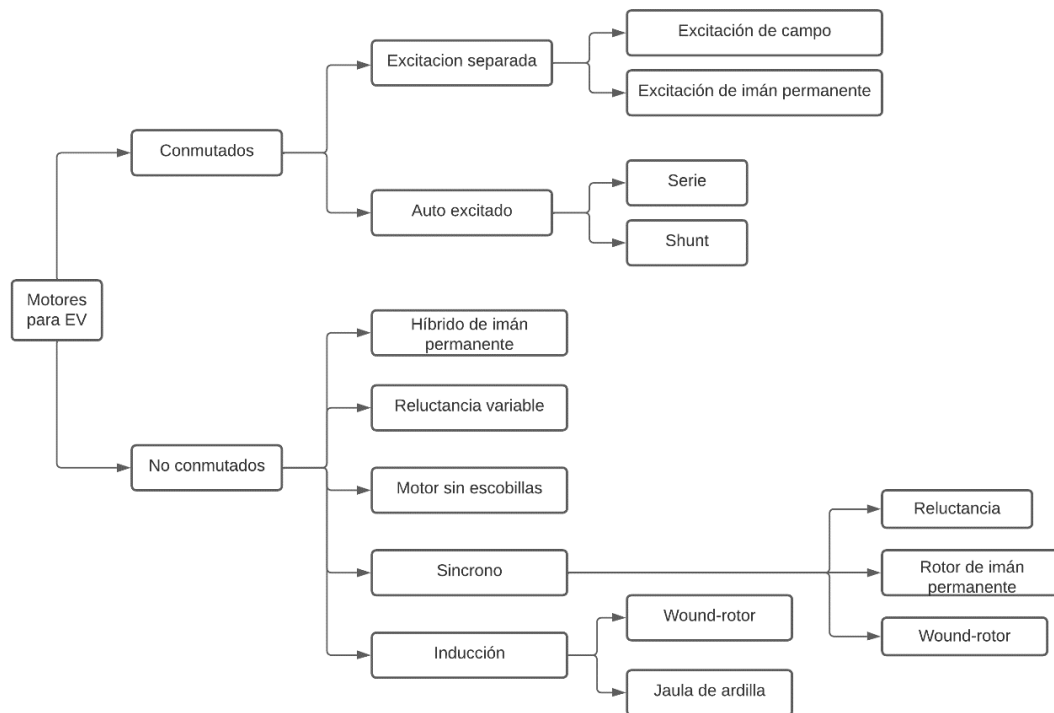


Figura 2.10 Clasificación de los motores de VE

Fuente: (Gerardo I. Pelafox, 2009)

Los imanes permanentes proveen una larga vida al motor, el cual el único problema es el costo al inicio. Aparte de ferritas, materiales nuevos como el acero-boro-neodimio (Fe-B-Nd), Alnico, Cobalto-Samarium (Co, Sm). Con su alta inducción magnética y fuerza electromagnética y bajo costo, el Fe-B-Nd son promesas en los motores. Gracias a estos materiales se han desarrollado los motores con una alta densidad y eficiencia en la actualidad. Los motores DC tienen materiales con mejores características el cual han sido empleados en los EV, pero el principal problema es en el mantenimiento. Sin embargo, debido a los constantes desarrollos tecnológicos han hecho que los motores AC con respecto a los DC sean más eficientes, alta densidad de potencia, mayor confiabilidad, bajo costo y libres de mantenimiento (Gerardo I. Pelafox, 2009).

En el motor eléctrico desde las 0 revoluciones por minuto se dispara a su par motor máximo aproximadamente de 400 Nm, dándonos su potencia máxima casi inmediata a las 1000 revoluciones por minuto y acercándose a los 500 Nm de par motor, su potencia y su par motor decae por el efecto de que su aceleración es constante como se observa en la **Figura 2.11**.

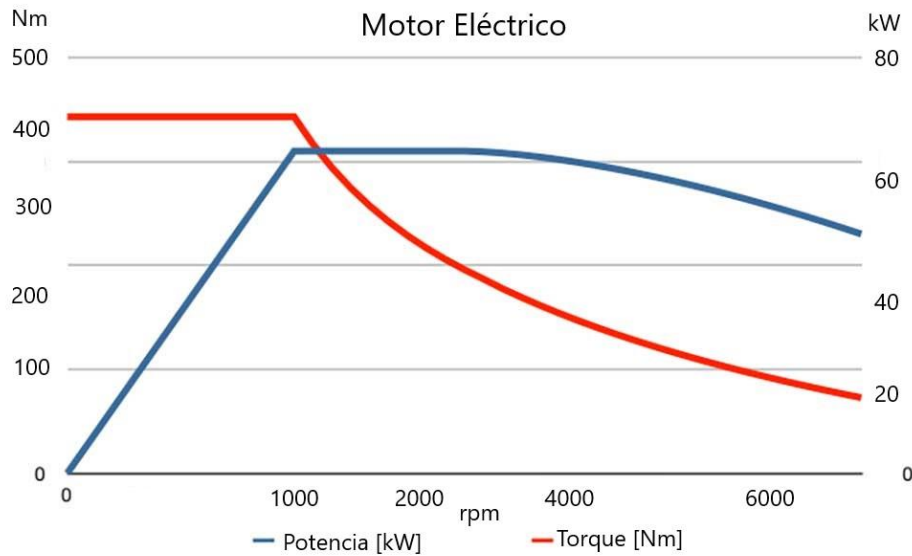


Figura 2.11 Relación entre potencia y torque de un vehículo eléctrico

Fuente: (Momento GP, 2017)

2.4.2.1 Motor de corriente alterna y continua

Por razones de ligereza, robustez y rendimiento, se investigan los motores de corriente alterna trifásica, cuyo funcionamiento sería parecido a un motor de 3 cilindros. El vehículo puede usar uno o más motores eléctricos, uno en cada una de las ruedas de un eje o cuatro, uno en cada rueda (Wei et al., 2020).

Motor de corriente continúa: Tienen la ventaja de ser más fáciles de controlar que los de alterna ya que solo hay que controlar la amplitud, motores de imanes permanentes, motor es serie y motor de excitación independiente.

- Grandes pares de arranque
- Alto margen de regulación de su velocidad
- Alimentación, y regulación de su velocidad sencillos y económicos.

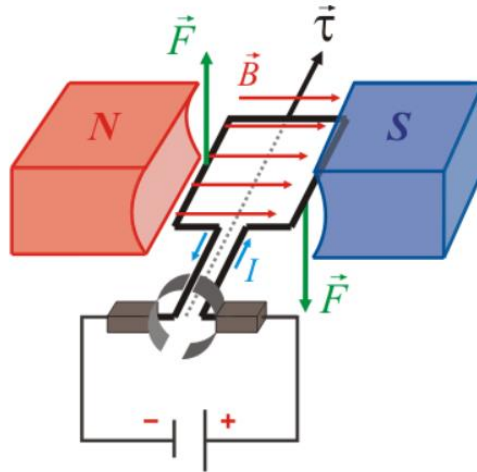


Figura 2.12 Esquema del motor de corriente continua

Fuente: (Automatismo industrial, 2016)

Motor de corriente alterna: Son más difíciles de controlar que los de continua ya que hay que controlar la frecuencia de la tensión de alimentación y la amplitud de esta tensión.

En los motores de corriente alterna se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Motor asíncrono.
- Motores asíncronos de anillos rozantes.
- Motores de jaula de ardilla
- Motor síncrono.

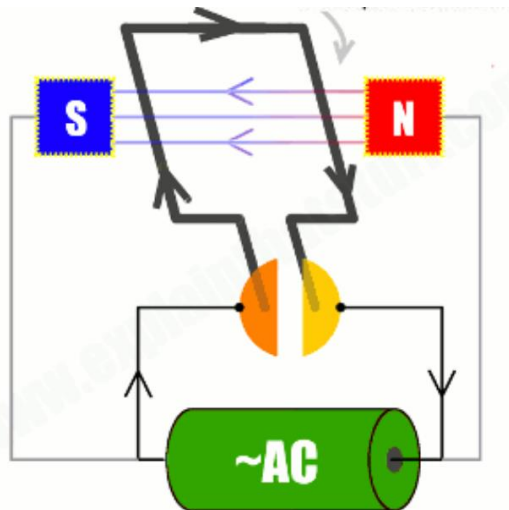


Figura 2.13 Esquema del motor de corriente alterna CA

Fuente: (Sistemas Automáticos de Producción Alimentaria, 2011)

Tabla 2.1 Comparativa entre los motores AC y DC

Motor de corriente alterna (AC)	Motor de corriente continua (DC)
Diseño para velocidad única	Diseño para Multi-Velocidad
Baja relación peso/potencia (livianos)	Alta relación peso /potencia (pesados)
Bajo costo	Costo medio
95% de eficiencia a carga completa	85-95% de eficiencia a carga completa
Controlador complejo y de alto costo	Controlador simple y de bajo costo
Sistema Motor-Controlador-Inversor de alto costo	Sistema Motor-Controlador de bajo costo

Fuente: (Alfonso Martínez Gutiérrez, 2009)

2.4.2.2 Eficiencia y pérdidas de la máquina eléctrica

Tal como se menciona en (Hybrid Electric Vehicles, pág. 253-254), las pérdidas que se generan en la maquina eléctrica son las siguientes como: pérdida de cobre en el devanado del estator, pérdida magnética en el hierro del estator (o pérdida en el núcleo o pérdida en el hierro), pérdida de cobre en el devanado del rotor, pérdida por viento debido a la rotación del rotor y pérdida por fricción en el rodamiento y pérdidas adicionales que no pueden ser contabilizadas por los componentes anteriores, también denominadas pérdida adicional o pérdida de carga extraviada.

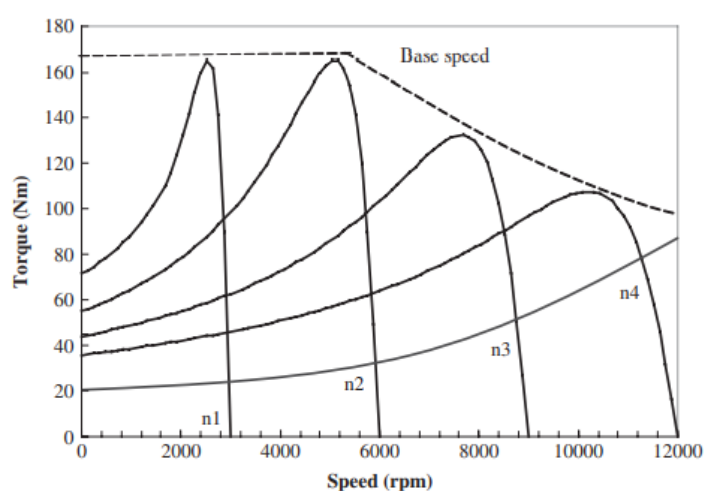


Figura 2.14 Gráfica Torque-Velocidad

Fuente: (Hybrid Electric Vehicles, pág. 253-254)

En los motores de tracción utilizados en los vehículos eléctricos híbridos (HEV), uno de los aspectos importantes es su funcionamiento a altas velocidades. Las láminas de acero al silicio laminado, que se diseñaron tradicionalmente para ser utilizadas a bajas frecuencias (50 o 60 Hz), no son óptimas para las unidades de tracción actuales que suelen funcionar a velocidades entre 6.000-15.000 rpm. En los diseños de cuatro polos, la frecuencia de operación es de 500 Hz, aunque algunos motores de tracción pueden funcionar a frecuencias aún más altas, entre 800-1200 Hz. Es importante tener en cuenta que las pérdidas por corrientes de Foucault y las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia, por lo que las pérdidas en el núcleo del motor pueden ser significativas a altas frecuencias.

“Para mantener la pérdida en el núcleo dentro de un rango razonable, el flujo magnético en el hierro debe ser relativamente más bajo que el que se usa en los motores de baja velocidad, y es posible que también se deba reducir el espesor de las láminas de acero al silicio. En segundo lugar, el motor de inducción operado por inversor contendrá armónicos en su voltaje y corriente. Estos armónicos introducirán pérdidas adicionales en el devanado y el estator y el núcleo del rotor.”(Wippermann et al., 2020) . Entonces la pérdida por corrientes de Foucault se puede duplicar en muchos motores de inducción debido al suministro modulado por ancho de pulso (PWM). Estas pérdidas adicionales pueden provocar un aumento excesivo de la temperatura que debe tenerse en cuenta durante el diseño y análisis de los motores de inducción.

2.4.2.3 Moto generadores (MG1 y MG2)

Dicho por (Coulibaly et al., 2021), el Toyota Highlander contiene tres motores: Motor generador 1 (MG1), Motor generador 2 (MG2) y Motor generador 3 (MG3), no son pesados y contienen imanes altamente eficientes en el momento de alterar la corriente eléctrica. (El-Shahat et al., 2019), estos motores son trifásicos de frecuencia constante y desfase variable lo que permite conseguir la rotación del motor, la ECU es la encargada de controlar los motogeneradores disparando los transistores de potencia IGBT para que estos entren en operación.

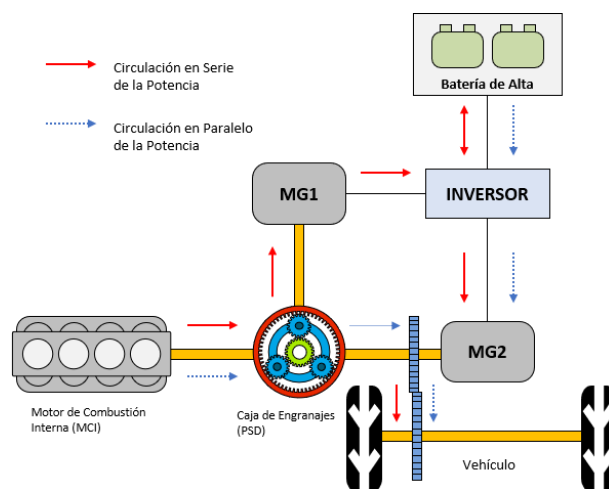


Figura 2.15 Diagrama del sistema de moto generadores

Fuente: (Autodata Tecnología, 2018)

MG1 recarga la batería HV como generador, suministra alimentación eléctrica para excitar el MG2 y sirve de motor de arranque para dar el primer giro al MCI (motor de combustión interna) (Bou Nader, 2020). Además, regula la cantidad de energía eléctrica generada (variando las rpm del generador), el MG1 controla de manera eficaz la función de transmisión continuamente variable del transeje, (Punov & Gechev, 2021). En este caso el MG1 contiene un motor de imán permanente, el cual se encarga de la generación del motor de arranque del motor de MCI y trabaja con una tensión de 245 CA de Voltaje y es enfriado por agua.

El MG2 está engranado directamente a la transmisión, trabaja a la par con el MCI para poder impulsar las ruedas (Lucas et al., 2022). Cuando se activan es freno regenerativo, el MG2 convierte la energía cinética del vehículo a energía eléctrica, que se almacena en la batería. (W. Wang et al., 2018) menciona que los motores generadores tienden alcanzar altas temperaturas de trabajo, por ello la temperatura es monitoreada y también están provistos de conductos de enfriamiento por agua y refrigerante para evitar el sobrecalentamiento. El MG2, también es de un imán permanente, pero en este caso es el que genera el impulso de las ruedas contienen una tensión máxima de 288 CA de voltaje, también con salida máxima de 33 kW y 1040- 5600 rpm, con un par máximo de 350 Nm de 0-400 rpm y de igual forma es enfriado por agua.

Tabla 2.2 Condiciones de funcionamiento del MCI y los MG

CONDICIÓN	MG1	MG2	MCI
Vehic. Del. MCI marcha	Generador	Off	Motor
Vehic. Mov. MCI Off (electr.)	Off	Motor	Off
Vehic. Mov. Arranca MCI	Motor	Motor	Motor
Vehic. Mov. MCI funcionando (No elect.)	Generador	Off	Motor
Vehic. Mov. Aceler. Suave	Generador	Motor	Motor
Vehic. Aceleración fuerte	Motor	Motor	Motor
Freno regenerativo	Motor	Generador	Off

Fuente: (Cise Electronics Corp, 2006)

2.4.2.4 Comparativa entre motor eléctrico y motor de combustión interna

En la **Figura 2.16** observamos las curvas típicas de un motor eléctrico y de un motor de combustión interna. Hemos realizado una comparación general de dos motores, ambos con una potencia máxima de 109 Hp. El motor eléctrico es más potente en casi todas las circunstancias: hasta 1000 rpm ofrece más del triple de potencia, hasta 2000 rpm más del doble y aunque las curvas se van acercando hacia las 6000 rpm, el MCI corta a 6500 rpm y el motor eléctrico aún ofrece su potencia máxima hasta 9800 rpm y gira hasta las 10400 rpm.

Otro factor diferenciador importante es que el motor térmico es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí (700 rpm): el giro se vuelve inestable. En cambio, el eléctrico es capaz de girar igual de equilibrado y con la misma fuerza (par) a 20 rpm que a 2000 rpm. Y desde 0 rpm dispone ya del par máximo. El motor eléctrico no necesita girar cuando el vehículo está parado, ni un embrague para iniciar la marcha. Y como para el inicio de la marcha lo importante es el par y no la potencia como se puede observar en la **Figura 2.16**.

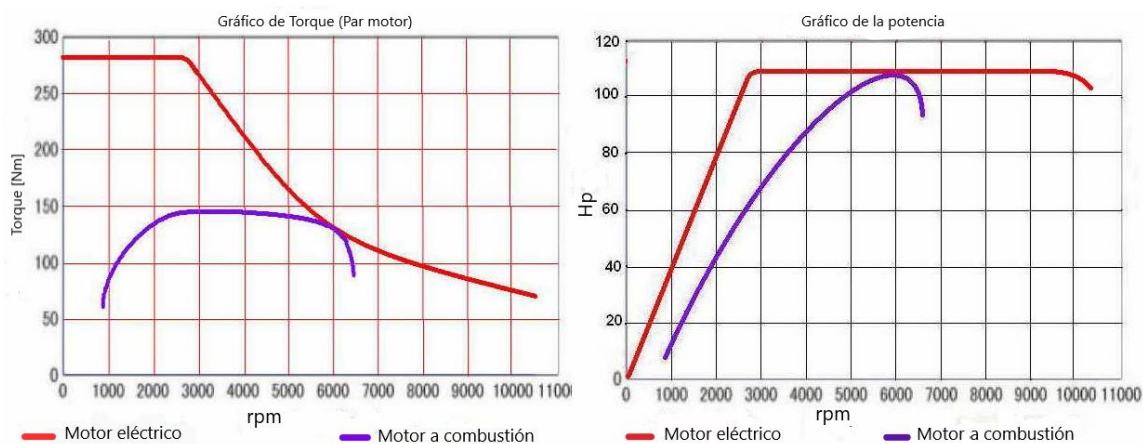


Figura 2.16 Comparativa del motor eléctrico y motor de combustión interna

Fuente: (Portal Movilidad, 2020)

2.4.3 Transmisión

El fabricante Toyota le da como nombre a la transmisión utilizada en el vehículo como “Power Split Device”. Este vehículo no incorpora una caja de cambios convencional con engranajes múltiples, como es común en las transmisiones convencionales, ni utiliza una caja automática de variador continuo con correa. En cambio, emplea un sistema de engranaje planetario para transmitir el movimiento a las ruedas. Al no tener una caja de cambio normal aporta varias ventajas notorias y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento (Cammalleri & Castellano, 2021).

Dado que el motor opera constantemente cerca de su capacidad máxima y con un rango de revoluciones relativamente estrecho, era necesario implementar una solución que permitiera su rendimiento tanto al arrancar en marcha lenta como al alcanzar velocidades elevadas en estas condiciones. Ese algo es el engranaje planetario, que tiene tres elementos: un planeta o engranaje central; unos satélites que giran alrededor de él; y una corona con un dentado interior a la cual también están engranados los satélites (Li et al., 2020).



Figura 2.17 Transmisión de vehículo híbrido en corte-motor MG1

Fuente: (AutoAvance, 2019)

El engranaje planetario utilizado en esta transmisión une cada uno de sus componentes:

- Engranaje central o "planetario" se encuentra unido al generador eléctrico.
- El porta satélites está unido directamente al motor térmico.
- La corona está sujeto al motor eléctrico.

2.4.4 Almacenamiento de energía

Las baterías en un auto híbrido son la fuente de energía del motor eléctrico. A diferencia del depósito de gasolina, que solo suministra energía al motor a gasolina, el motor eléctrico en un vehículo híbrido (VH) proporciona energía a las baterías de alto voltaje y también puede recibirla de ellas. No obstante, surge un desafío en relación con el peso, ya que, para alcanzar una autonomía de 100 km, el peso oscila entre 200 y 300 kg. Es importante destacar que la batería de alto voltaje empleada en estos casos es de níquel e hidruro metálico, y su recarga se realiza exclusivamente a través del generador impulsado por el motor térmico.

No tiene ningún tipo de conexión para conectarla a una red o a otro dispositivo de carga (Sarvaiya et al., 2021).



Figura 2.18 Batería Híbrida

Fuente: (Cise Electronics-Batería Híbrida, 2019)

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en momentos los motores sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada de alta tensión o híbrida, la cual en carga nominal debe tener un mínimo de 288V. Todo este conjunto proporciona voltaje al inversor y recibe carga de este en condiciones específicas, como cuando MG1 está activado o a través de MG2 durante el frenado regenerativo.

La batería de tracción de alto voltaje (HV) de los vehículos híbridos del Toyota Highlander consta de baterías tipo celda níquel-hidruro metálico (Ni-MH) con 240 celdas conectadas en serie, agrupadas en un módulo de 30 celdas que proporcionan aproximadamente 288VDC denominado voltaje nominal (Cise Electronics, 2019).

En la **Figura 2.19** podemos apreciar una celda con 8 celdas conectadas en serie internamente, voltaje nominal de la celda 9.6 voltios



Figura 2.19 Celda de batería Toyota Highlander

Para garantizar la seguridad del vehículo y seguir los procedimientos de reparación y diagnóstico, el circuito interno de la batería se encuentra segmentado mediante un jumper de seguridad. En caso de que este jumper se abra y corte el circuito, la tensión no llegará al inversor, lo que resultará en la inmovilización del vehículo.

Tabla 2.3 Comparación entre tecnologías de almacenamiento de energía

Tecnología de almacenamiento	Ciclo de vida	Eficiencia (%)	Potencia específica (W/kg)	Energía específica (Wh/kg)
Batería de plomo	500-800	50-92	150-400	30-40
Batería de iones de litio	400-1200	80-90	300-1500	150-250
Batería de níquel-hidruro metálico	500-1000	66	250-1000	30-80
Ultracapacitor	1000000	90	1000-9000	0.5-30

En la **Tabla 2.4** se puede apreciar las especificaciones de la batería que utiliza Toyota Highlander.

Tabla 2.4 Especificaciones de batería de Toyota Highlander

Módulos	240 celdas
Voltaje nominal	288 V
Capacidad nominal	6.5 Ah
Peso del paquete de baterías	69 kg
Dimensiones del paquete de baterías	630*1080*180 mm
Peso del modulo	1.5 kg
Dimensiones del módulo de batería	18.5*382*86 mm

La batería suministra energía eléctrica de alto voltaje al módulo de potencia (Inversor/ Conversor), para que esta a su vez la transforme en alterna y distribuya de forma controlada a los 2 Moto/generadores (MG1- MG2) y el convertidor de CC/CC y/o el módulo del compresor del aire acondicionado (ACCM). El sistema de alta tensión está conectado a un sistema de tierra flotante que lo mantiene aislado del sistema de 12.5 voltios del vehículo.

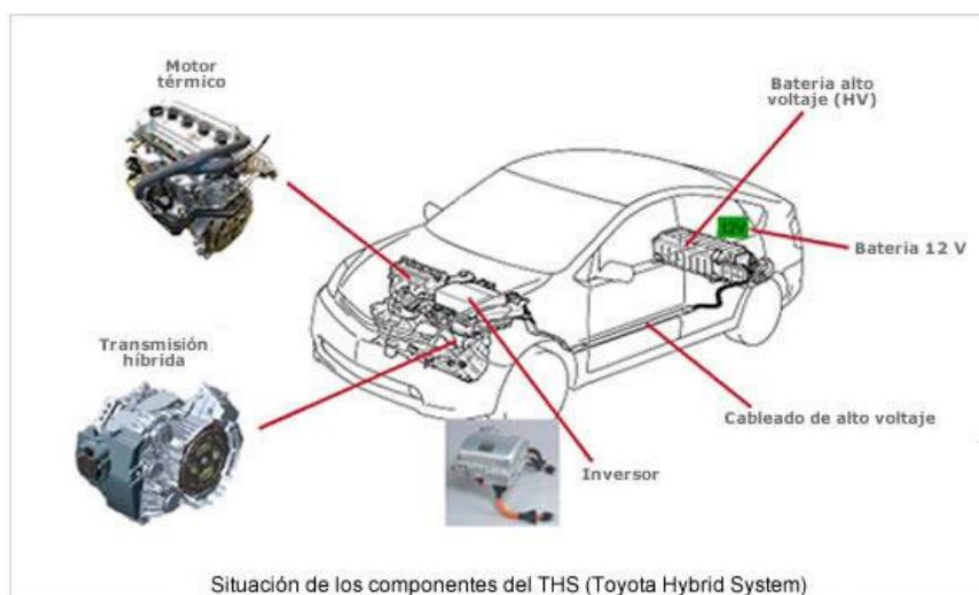


Figura 2.20 Componentes y cableado de alto voltaje

Fuente: (Híbridos Prius, 2015)

2.4.5 Sistema inversor

Se encarga de transformar la corriente continua de la batería de alto voltaje en corriente continua en alterna o viceversa para el funcionamiento de alimentación de los motores generadores en la transmisión delantera y trasera, este sistema inversor es controlado por la unidad de control (ECU) (Vijayalakshmi et al., 2021).

2.4.5.1 Funcionamiento del sistema inversor

El sistema inversor trabaja en 3 fases, por un circuito amplificado que incrementa la tensión de 220V a 650V de corriente directa a alterna en función de lo establecido por (Rajani & Kommula, 2020), de igual forma tiene la capacidad de ondular una corriente y tensión sin frecuencia a una onda senoidal de 50 Hz 220/380V. Para lograr una onda lo más sinusoidal posible, se implementa una técnica de modulación del ancho del pulso (PWM). Las funciones de este sistema inversor abarcan:

- Convertir los 288 V de corriente continua suministrados por la batería de alto voltaje en más de 288 V de corriente alterna trifásica.
- Incrementar estos 288 V de corriente alterna trifásica hasta un máximo de 550 V de corriente alterna trifásica, dirigidos al motor y generador eléctricos del THSD.
- Transformar los 288 V de corriente continua en 288 V de corriente alterna para alimentar el compresor eléctrico del aire acondicionado.
- Cambiar los 288 V de corriente continua a 12 V de corriente continua y 100 A para recargar la batería de 12 V, ya que no hay alternador presente, y suministrar energía a otros componentes eléctricos del vehículo.
- Gestionar la activación de los transistores de potencia y ser controlado por la ECU de HV. Además, transmite información pertinente controlando la corriente, como el amperaje de salida o la tensión, hacia la ECU de HV.

2.4.5.2 Transistores IGBT

“Son transistores de potencia de voltaje controlado. En forma inherente, son más rápidos que los BJT, pero no tan rápidos como los MOSFET. Sin embargo, ofrecen

características muy superiores de activación y de salida que las de los BJT. Los IGBT son adecuados para alto voltaje, gran corriente y frecuencias y se consiguen hasta para 1700 V y 2400 A.” (Dong et al., 2019).

2.4.5.3 Tipos de convertidores de potencia

(HYBRID ELECTRIC VEHICLES, 199-200.), menciona que los convertidores de potencia se clasifican por su entrada y salida, tanto en la entrada y salida pueden tener corrientes continuas o alternas y puede haber 4 convertidores:

- Convertidor CC-CC
- Inversor CC-CA
- Rectificador CA-CC
- Ciclo convertidor AC-AC.

2.4.5.4 Sistema de elevación de tensión

Este sistema está constituido por un reactor y un módulo IPM (módulo de alimentación integrado) el cual contiene transistores IGBT (termistor bipolar de compuerta aislada) que permite el control de la comunicación y también contiene el reactor que almacena la energía (Scarabelot et al., 2018).

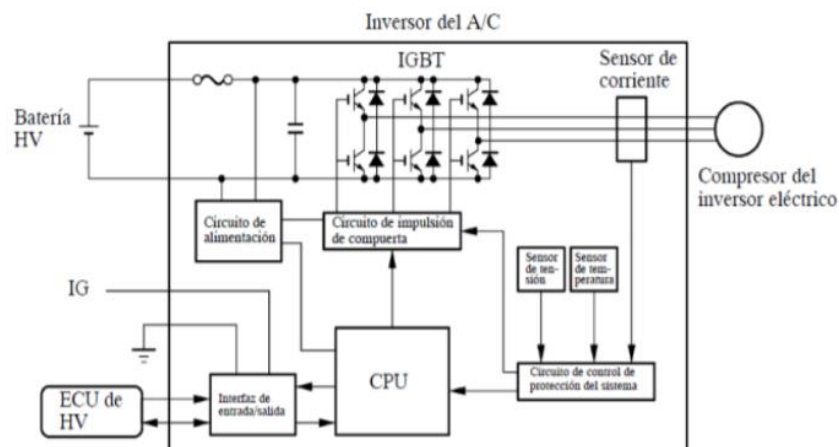


Figura 2.21 Configuración interna del inversor del sistema A/C

Fuente: (Angel V. Calderón, 2015)

2.4.5.5 Control de alta tensión en los vehículos híbridos

Basado en (Consortium, 2009), los vehículos que tienen instalado un Sistema eléctrico de alta tensión presentan requisitos de extracción especiales para el tratamiento del sistema de alta tensión antes de que el vehículo sea considerado como perteneciente a la categoría común ELV (vehículo al final de su vida). Es esencial reconocer y comprender el sistema eléctrico de alta tensión junto con sus características para garantizar la manipulación segura del vehículo en la fase de desmontaje al final de la vida útil (ELV).

El circuito más reciente, conocido en el ámbito automotriz como el circuito de alta tensión, opera con tensiones significativamente superiores, alcanzando más de 200 V en corriente continua y hasta 660 V en corriente alterna trifásica, dependiendo de la marca. Estas tensiones son considerablemente más peligrosas en comparación con los circuitos convencionales de 12 V. En algunas instancias, estos vehículos pueden necesitar utilizar la red eléctrica fija para recargar las nuevas baterías. Es importante señalar que los circuitos de alta tensión se distinguen de los de baja tensión por su color, siendo el naranja característico de los primeros, mientras que los de baja tensión o los convencionales adoptan el rojo para el positivo y el negro para el negativo.



Figura 2.22 Cableado de alta tensión

Fuente: (QuironPrevención, 2020).

Los circuitos denominados de Alta Tensión presentes en los nuevos vehículos eléctricos e híbridos representan, de hecho, ambos riesgos mencionados, ya que operan con

tensiones peligrosas (superiores a 24 V) y almacenan considerables potencias destinadas a la propulsión de los vehículos. Las técnicas tradicionales de prevención de riesgo eléctrico que se utilizaban para los vehículos tradicionales no son suficientes para proteger a los trabajadores frente a estos nuevos riesgos laborales (QuirónPrevención, 2020).

2.4.5.6 Principios de la electrónica de potencia

La electrónica de potencia estudia los convertidores de potencia que procesan y controlan el flujo de potencia mediante el uso y control por medios electrónicos, también un convertidor de potencia típico consta de 4 partes como circuitos periféricos y de conmutación, circuitos de filtrado, circuitos de control y retroalimentación, y una interfaz de usuario opcional (Hybrid Electric Vehicles, pág. 198).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En la **Figura 3.1** se presenta el esquema general de la metodología que se utilizara en este trabajo.

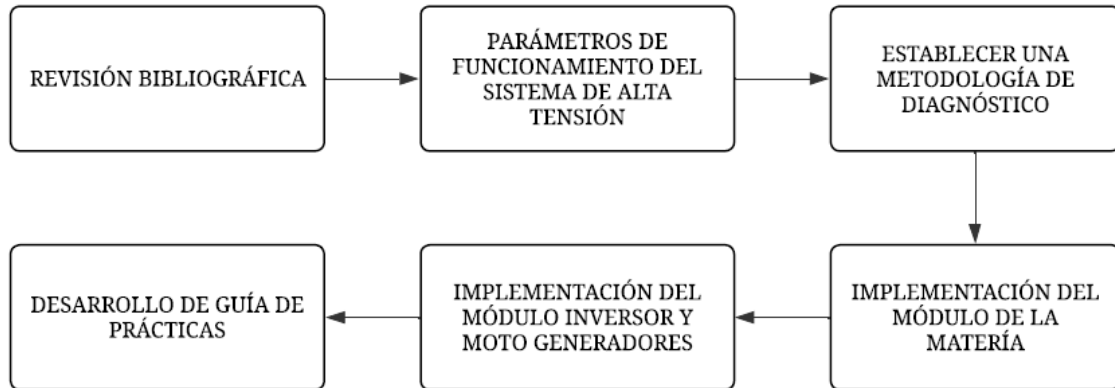


Figura 3.1 Diagrama de flujo general de la metodología

3.1 Metodología de diagnóstico del sistema de alta tensión

La metodología de diagnóstico desarrollada en este trabajo de investigación se aplicó en un vehículo Toyota Highlander. En la **Figura 3.2** se presenta una imagen del vehículo en su totalidad.

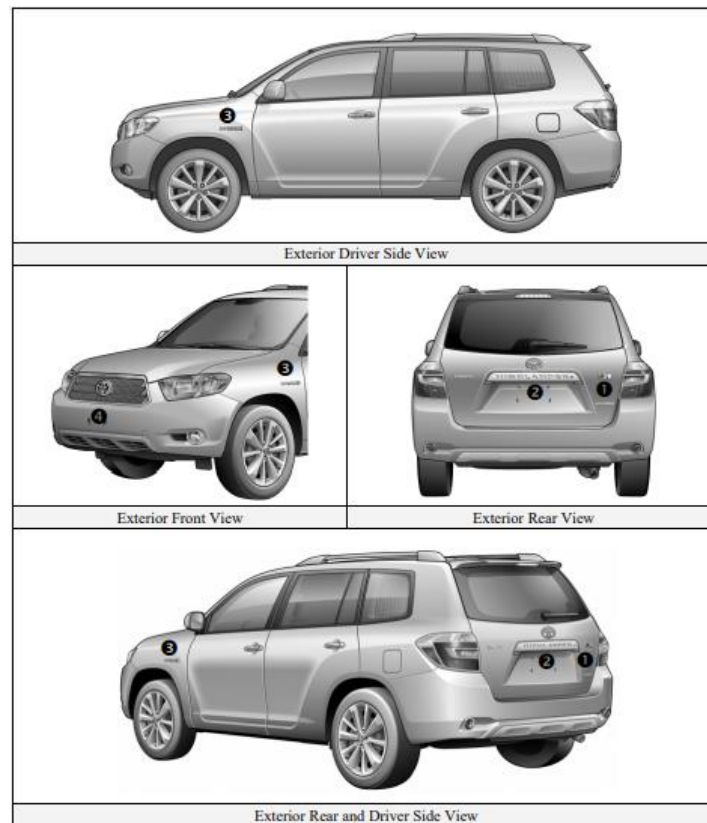


Figura 3.2 Toyota Highlander

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

En la siguiente figura se muestra la ubicación de cada uno de los componentes del sistema híbrido del Toyota Highlander:

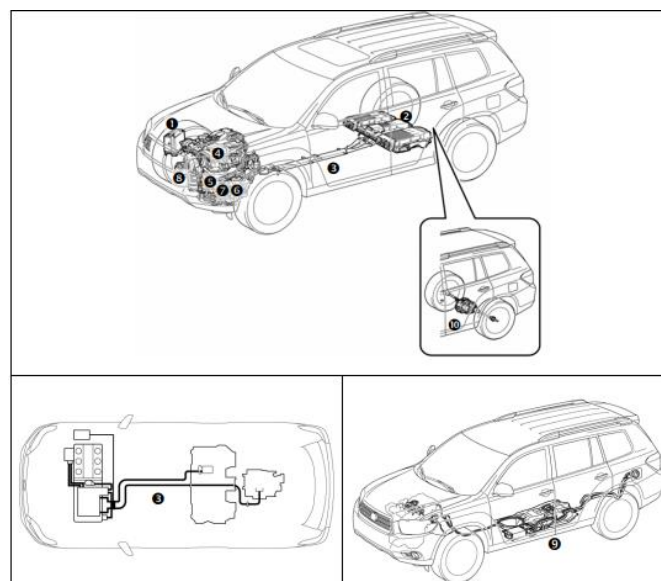


Figura 3.3 Componentes del sistema híbrido Toyota Highlander

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de los componentes del sistema híbrido del Toyota Highlander:

Tabla 3.1 Ubicación y descripción de los componentes híbridos

Componente	Ubicación	Descripción
1. Batería auxiliar de 12V	Compartimento del motor	Una batería de plomo-ácido que suministra energía a los dispositivos de baja tensión.
2. Conjunto de batería (HV)	Área de la cabina, montado en el travesaño bajo el asiento de la segunda fila	Paquete de baterías de níquel-hidruro metálico (NiMH) de 288 voltios compuesto por 30 módulos de baja tensión (9,6 voltios) conectados en serie.
3. Cables de alta tensión	Tren de rodaje y Compartimento del motor	Los cables de alimentación de color naranja transportan corriente continua (CC) entre el paquete de baterías de alta tensión, inversor/convertidor y el compresor de aire acondicionado. Estos cables también conducen corriente alterna (CA) trifásica entre el inversor/convertidor a los motores eléctricos.
4. Inversor/Convertidor	Compartimento del motor	Amplifica y transforma la electricidad de alta tensión proveniente del paquete de baterías en corriente alterna trifásica que impulsa los motores eléctricos. Además, el inversor/convertidor desempeña la función de convertir la corriente alterna generada por los motores eléctricos durante el frenado

		regenerativo en corriente continua, recargando así el paquete de baterías de alta tensión.
5. Motor de gasolina	Compartimento del motor	Realiza dos funciones esenciales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Suministra energía al vehículo. 2. Impulsa el generador para recargar la batería de alta tensión. El encendido y apagado del motor está bajo la supervisión y control del ordenador del vehículo.
6. Motor eléctrico delantero	Compartimento del motor	Motor eléctrico trifásico con imanes permanentes, opera en corriente alterna de alta tensión, y está ubicado en el transeje delantero. Su función es impulsar las ruedas delanteras del vehículo.
7. Generador eléctrico	Compartimento del motor	Generador trifásico de corriente alterna de alta tensión, integrado en el transeje, encargado de recargar el paquete de baterías de alta tensión.
8. Compresor de aire acondicionado (con inversor)	Compartimento del motor	Motor trifásico de alta tensión de corriente alterna para el accionamiento del compresor eléctrico de aire acondicionado.
9. Depósito de combustible y Línea	Tren de rodaje y centro	El suministro de gasolina al motor se realiza desde el depósito de combustible mediante un

		conducto específico. Este conducto, a su vez, transcurre por la parte inferior del centro del vehículo.
10. Motor eléctrico trasero	Chasis trasero	Motor eléctrico trifásico con imanes permanentes, opera en corriente alterna de alta tensión, y está ubicado en el transeje trasero. Su función es propulsar las ruedas traseras del vehículo.

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

3.1.1 Herramientas, equipos y normas de seguridad necesarias

3.1.1.1 Equipos y medidas de seguridad

Dado que los implementos que serán sometidos a pruebas de medición en este trabajo de grado operan con altos niveles de voltaje, es fundamental que se tomen precauciones apropiadas para minimizar el riesgo de posibles accidentes durante la fase experimental. Se recomienda utilizar Equipos de Protección Personal (EPP) como cascos, zapatos de seguridad, gafas protectoras, protección facial y guantes aislantes, todos ellos fabricados con materiales dieléctricos y capaces de soportar tensiones elevadas. Además, las herramientas utilizadas deben ser específicas para uso eléctrico y tener un revestimiento aislante en los puntos de contacto. En la **Figura 3.4** se muestran los equipos de protección personal para maniobrar equipos con altos niveles de tensión.



Figura 3.4 Equipos de protección personal

Fuente: (Crash, 2018)

Según lo descrito por (Toyota, 2010), Toyota ha establecido un protocolo para la manipulación segura de los sistemas de alta tensión. Este protocolo requiere el uso de medidas de seguridad tales como guantes aislantes y la revisión cuidadosa de su integridad antes de su uso, así como la desconexión del enchufe de servicio o jumper para evitar descargas eléctricas. Después de retirar el enchufe, se recomienda esperar 10 minutos para permitir que los condensadores internos del inversor se descarguen. El manual también enfatiza la importancia de evitar la presencia de objetos metálicos que puedan caerse y causar cortocircuitos en los módulos durante el mantenimiento. Es recomendable medir la tensión en los terminales antes de tocarlos, para verificar que el voltaje sea 0 voltios, y no tocarlos directamente sin la debida precaución. Además, es importante utilizar señalética de precaución, como la **Figura 3.5** muestra, para alertar a otros técnicos que se está trabajando en sistemas de alta tensión y que se deben tomar precauciones adicionales.

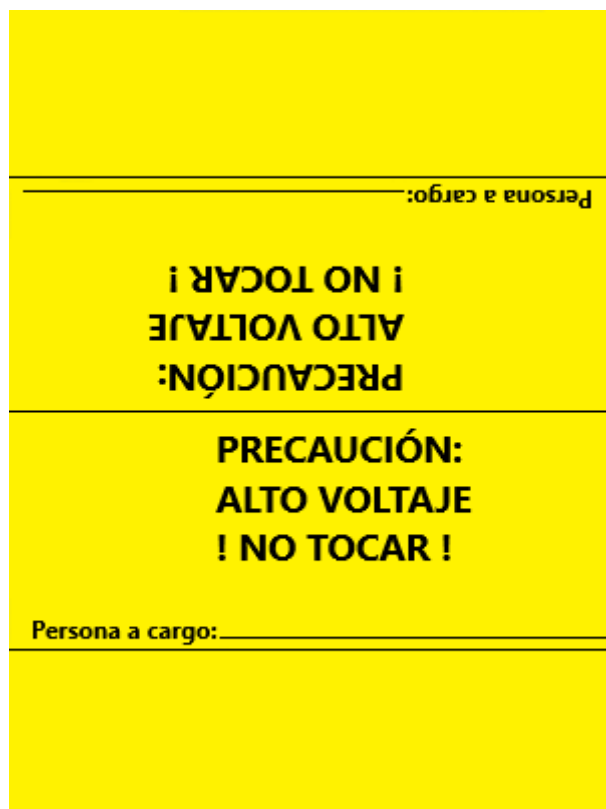


Figura 3.5 Modelo de señalética de precaución

Fuente: (Toyota, 2010)

3.1.1.2 Herramientas y equipo de medición

- **Multímetro Cat III**

El multímetro utilizado para medir los valores de cada complemento es un Cat III, este instrumento es utilizado en la industria automotriz para medir el voltaje, la corriente, la resistencia y comprobar el estado de diodos de los circuitos eléctricos como se muestra en la **Figura 3.6**. La categoría 3 indica que el multímetro es capaz de manejar corrientes de hasta 1000 voltios de transitorios de corta duración, lo que lo hace adecuado para la mayoría de las aplicaciones en vehículos. Además de las funciones básicas de medición, los multímetros automotrices de categoría 3 también pueden medir la frecuencia, la temperatura y realizar pruebas de continuidad y diodo. Son herramientas esenciales para el diagnóstico y la reparación de sistemas eléctricos y electrónicos en automóviles y otros vehículos motorizados (Armando Donado, 2021).



Figura 3.6 Multímetro Cat III

- **Escáner Toyota TechStream**

El Toyota TechStream es un escáner de diagnóstico utilizado específicamente para vehículos Toyota, Lexus y Scion. Es una herramienta de diagnóstico basada en software que se utiliza para comunicarse con los sistemas electrónicos de los vehículos y obtener información detallada sobre su rendimiento y estado (Cise Electronics, 2023).

Este software se conecta al vehículo a través de un cable OBD-II (On-Board Diagnostic) que se conecta al puerto de diagnóstico ubicado en el vehículo. Una vez conectado, el escáner puede acceder a una amplia gama de funciones de diagnóstico y realizar pruebas en los diferentes sistemas del vehículo.

Al utilizar el TechStream, se tendrá información en tiempo real y realizar tareas como:

- Lectura y eliminación de códigos de diagnóstico de problemas (DTC)
- Monitoreo de parámetros en tiempo real
- Pruebas y ajustes de sistemas
- Programación de llaves y controladores

Tabla 3.2 Resumen de elementos, normas de seguridad, herramientas y equipos.

Concepto	Especificación	Observación
Implementos de seguridad	Guantes aislantes, clase 00	El producto está confeccionado con caucho, lo que proporciona una mayor protección dieléctrica y previene la conducción de corriente a través del cuerpo humano. EN60903, ASTM D120, NFPA 70E. Sus rangos de operación son: Tiempo de uso 500V Tiempo de prueba 2,500V
	Zapatos dieléctricos	Se compone de una suela diseñada para aislar eléctricamente. Esta parte está fabricada con una combinación de caucho y polímero, con el objetivo de prevenir la conexión a tierra de corriente eléctrica. Su valor de operación es de 18,000V
	Traje de protección	Vestimenta creada para soportar llamas, esencial en entornos con elevada tensión. Brinda protección ante impactos eléctricos y arcos, este traje opera como aislante.
Normas de Seguridad	No utilizar accesorios corporales metálicos	Pueden ocasionar accidentes eléctricos

	Herramientas con recubrimiento aislado	Requeridas para manipulación, en situaciones eléctricas
Juego de herramientas	<p>Estas herramientas cuentan con un doble nivel de protección contra descargas eléctricas, siendo fabricadas con una capa de goma que recubre toda la herramienta.</p> <p>Sus valores de operación son: 1,000V en CC y 500V en AC</p>	

Fuente: (Guantes de Protección FICHA TÉCNICA Protección de Manos, 2013)

3.2 Metodología de diagnóstico de la batería híbrida

Para el desarrollo de la metodología de la batería híbrida se realizará en base al diagrama ilustrado en la **Figura 3.7**.

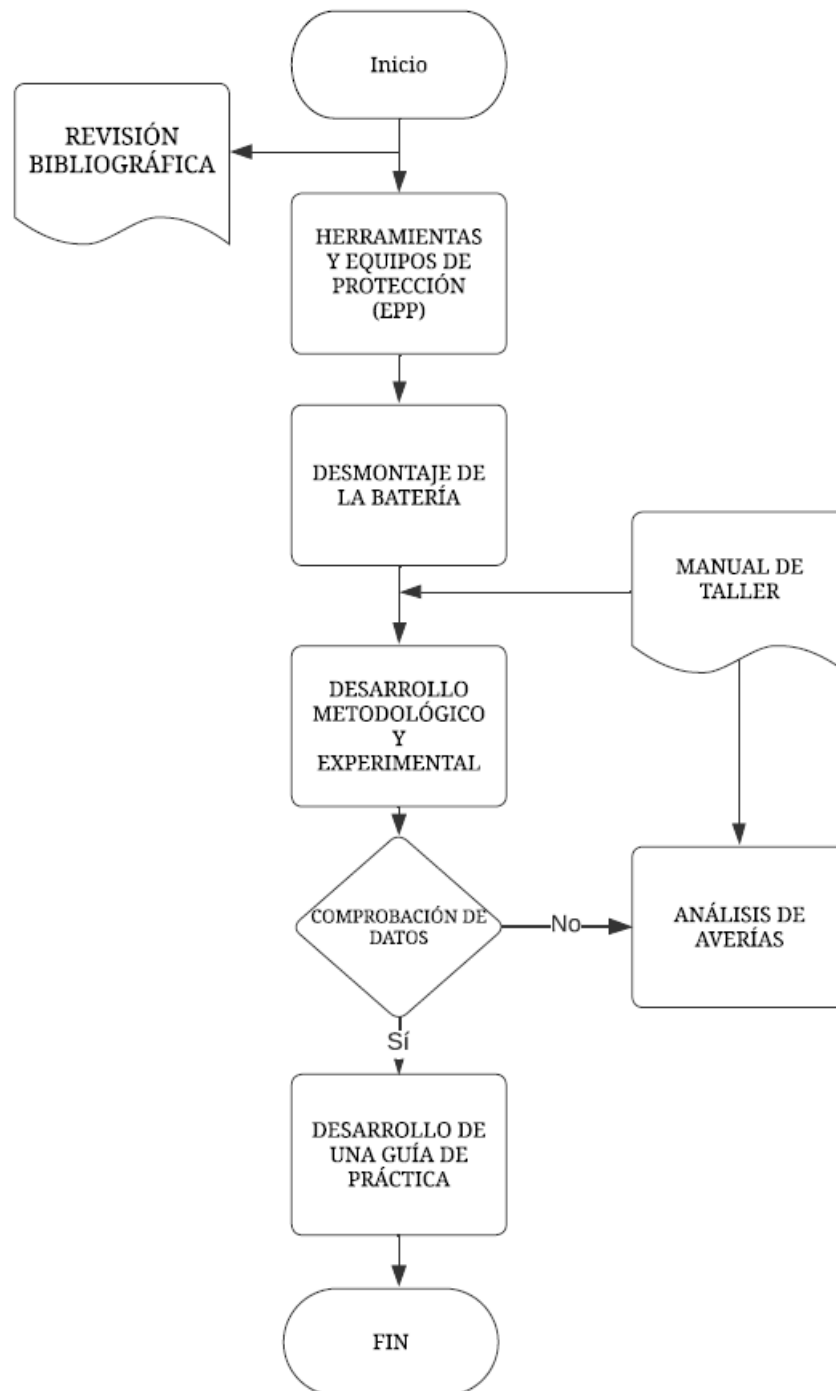


Figura 3.7 Flujograma de la metodología de la batería

3.2.1 Parámetros técnicos de la batería híbrida

La batería de alto voltaje en el caso del Toyota Highlander bajo estudio tiene un voltaje nominal de aproximadamente 288 V. Sin embargo, este voltaje puede aumentar

en un 20% o más cuando el Estado de Carga (SOC) de la batería alcanza valores más elevados.

La batería del Toyota Highlander se compone de un módulo que incluye 3 grupos de celdas: 2 grupos de 12 celdas y un grupo intermedio de 6 celdas, tal como se muestra en la **Figura 3.8**. Estas celdas se conectan en serie, creando un total de 30 paquetes de 8 celdas pequeñas, cada una con un voltaje de 1.2V.

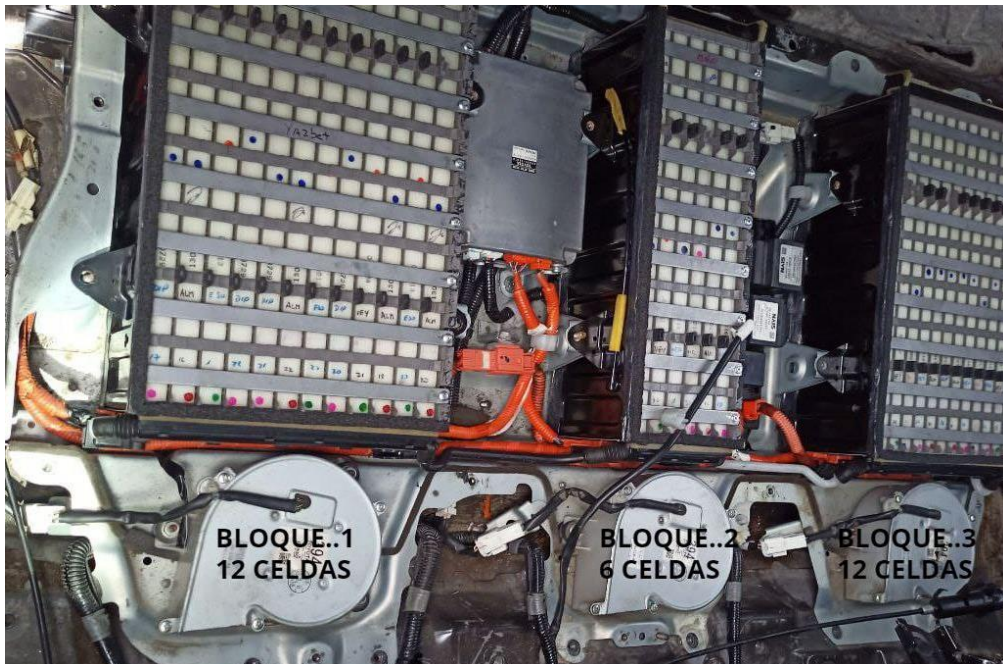


Figura 3.8 Batería de alto voltaje del Toyota Highlander

Cada uno de los módulos se encuentran conectados en serie de 2 en 2, los cuales se forma de 3 bloques, 2 de 12 bloques y una intermedia de 6 bloques de 9.6V nominal cada una y un 11.52V max con la batería cargada completamente.

- Voltajes de la batería con carga nominal

Estos módulos están conectados en serie, lo que nos genera un voltaje nominal de 288V.

$$V_{nominal} = V_{celda} * N^{\circ}celdas \quad [3.1]$$

$$V_{nominal} = V_{celda} * 30$$

$$V_{nominal} = 9.6V * 30$$

$$V_{nominal} = 288V$$

- Voltajes de la batería con carga al máximo

$$V_{m\acute{a}x} = V_{nominal} + V_{nominal} * 20\% \quad [3.2]$$

$$V_{m\acute{a}x} = 288V + 288V * 0.2$$

$$V_{m\acute{a}x} = 335.6V$$

- Capacidad de la batería

Cada una de las celdas es de 6.5Ah y un voltaje de 9.6V, en el vehículo las 30 están en serie, el voltaje en serie se suma y la corriente se mantiene, se suman los 288V y la capacidad se mantiene en 6.5Ah.

- Modulo P.R.A

En el interior de la batería, se encuentra un módulo conocido como PRA (Power Relay Assembly), situado entre la batería y el inversor. El PRA está compuesto por tres relés y una resistencia, tal como se ilustra en la **Figura 3.9**.

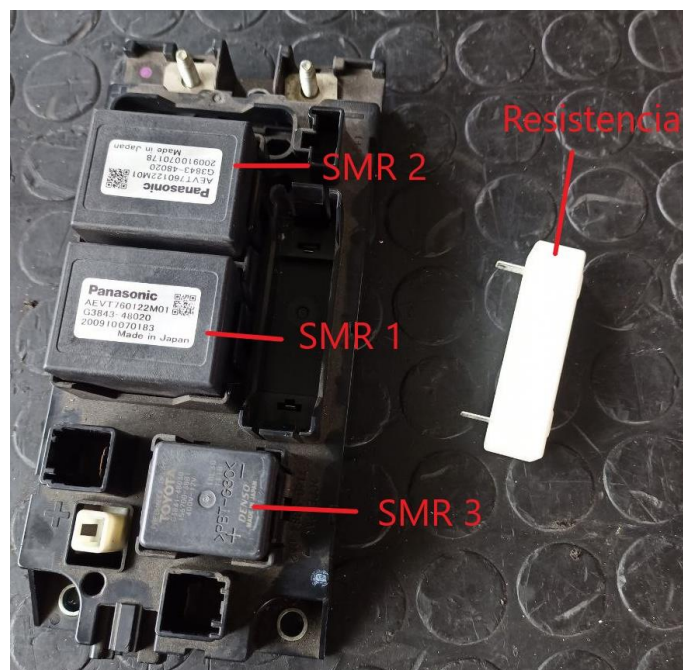


Figura 3.9 Módulo PARA

En la siguiente tabla se aprecian los valores referenciales que deberán tener los relés del módulo PRA:

Tabla 3.3 Valores referenciales módulo PRA

RELÉS Y RESISTENCIA	VALOR REFERENCIAL (Ω)
Resistencia	28.5 Ω a 31.5 Ω
SMR 2	20 Ω a 60 Ω
SMR 1	70 Ω a 160 Ω
SMR 3	20 Ω a 60 Ω

Fuente: (Toyota, 2010)

Para permitir que la energía de la batería llegue al inversor, es necesario que cierre el SMR3, lo que completa el ciclo y permite que la energía fluya directamente. Luego, ya sea el SMR1 o el SMR2 deben cerrar el circuito para permitir que la energía de los polos positivo y negativo llegue al inversor como se ilustra en la **Figura 3.10**.

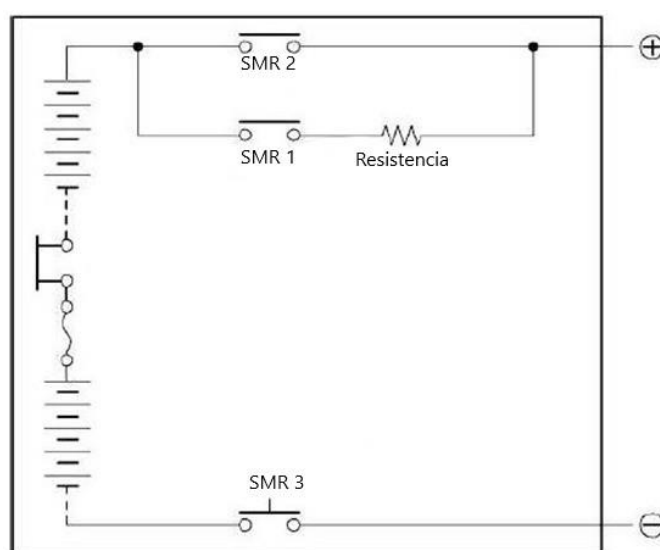


Figura 3.10 Circuito del PRA (Power Relay Assembly)

Fuente: (Cise Electronics, 2019)

3.2.2 Desmontaje de la batería híbrida

Antes de desmontar la batería, es necesario realizar un escaneo del vehículo. Esto nos permitirá llevar a cabo un diagnóstico preliminar sin tener que desmontarla. Si en el transcurso del diagnóstico se detectan variaciones entre los módulos, se procederá a desmontarla.

Para realizar un escaneo preliminar se debe conectar al OBD-II del vehículo en contacto como se observa en la **Figura 3.11**, y se conecta a un ordenador. El programa utilizado para llevar a cabo esto se llama Toyota TechStream.



Figura 3.11 Sistema OBD-II

El conector DLC-OBDII tipo hembra suele encontrarse dentro de la cabina, debajo del panel de instrumentos del lado del conductor. Este conector está equipado con 16 pines. La función de cada pin se ilustra en la **Figura 3.12**, donde se muestra el conector DLC-OBDII junto con sus respectivas funciones.

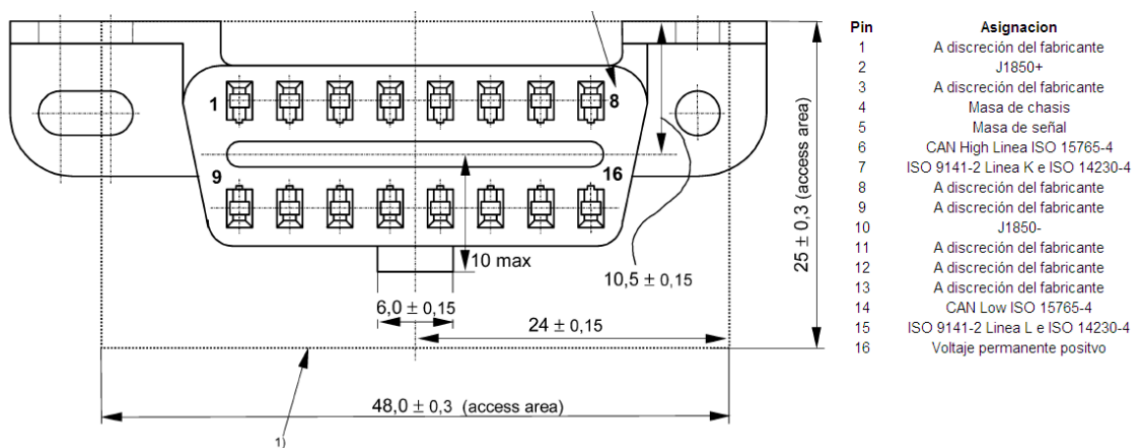


Figura 3.12 Diagrama de conector DLC-OBD2

Fuente: (Automotive Engineers, 2002)

Si contamos con el número de identificación del vehículo (VIN), se debe ingresar en la configuración del programa para acceder a la opción de conexión con el vehículo. En el caso de los vehículos Toyota, Lexus y Scion, se mostrará automáticamente la división, modelo, año y motor. Luego, seleccionamos la opción de verificación de salud, lo que nos llevará al menú de selección de sistemas. Para esta investigación en particular, debemos elegir el Control Híbrido como sistema objetivo. Dentro de esta opción, se pueden observar en la **Figura 3.13** todas las características detalladas del sistema híbrido, como la tensión, corriente, resistencias, temperaturas, entre otros.

Parameter	Value	Units	Parameter	Value	Units
Minimum Batt Block No	3		Internal Resistance R03	0.021	ohm
Batt Block Max Vol	20.10	V	Internal Resistance R04	0.020	ohm
Max Battery Block No	7		Internal Resistance R05	0.021	ohm
Battery Block Vol-V01	20.00	V	Internal Resistance R06	0.026	ohm
Battery Block Vol-V02	20.00	V	Internal Resistance R07	0.021	ohm
Battery Block Vol-V03	19.91	V	Internal Resistance R08	0.021	ohm
Battery Block Vol-V04	20.00	V	Internal Resistance R09	0.021	ohm
Battery Block Vol-V05	19.97	V	Internal Resistance R10	0.021	ohm
Battery Block Vol-V06	20.04	V	Internal Resistance R11	0.021	ohm
Battery Block Vol-V07	20.10	V	Internal Resistance R12	0.021	ohm
Battery Block Vol-V08	20.07	V	Internal Resistance R13	0.022	ohm
Battery Block Vol-V09	19.97	V	Internal Resistance R14	0.021	ohm
Battery Block Vol-V10	20.00	V	Internal Resistance R15	0.021	ohm
Battery Block Vol-V11	19.97	V	Battery Low Time	0	
Battery Block Vol-V12	20.04	V	DC Inhibit Time	0	
Battery Block Vol-V13	20.07	V	Battery too High Time	0	
Battery Block Vol-V14	20.07	V	Hot Temperature Time	0	
Battery Block Vol-V15	20.07	V			
Internal Resistance R01	0.021	ohm			
Internal Resistance R02	0.021	ohm			

Figura 3.13 Datos generales del sistema híbrido

Para un correcto desmontaje de la batería híbrida se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Desconectar la batería auxiliar de 12 voltios y espera al menos 10 minutos antes de proceder.

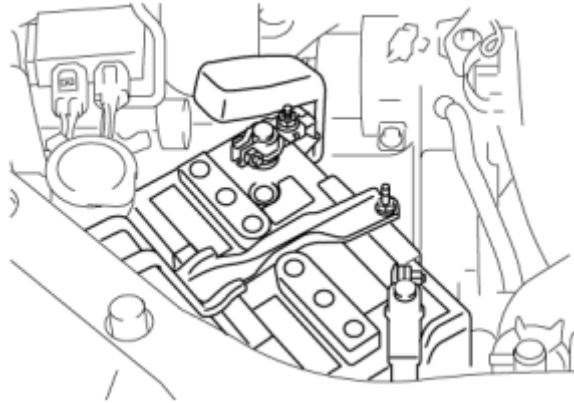


Figura 3.14 Desconexión de la batería de 12V

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

2. Desmontar los asientos traseros del vehículo para dar paso a la desconexión del jumper de seguridad es un procedimiento necesario para dividir el voltaje del conjunto de la batería de alto voltaje.

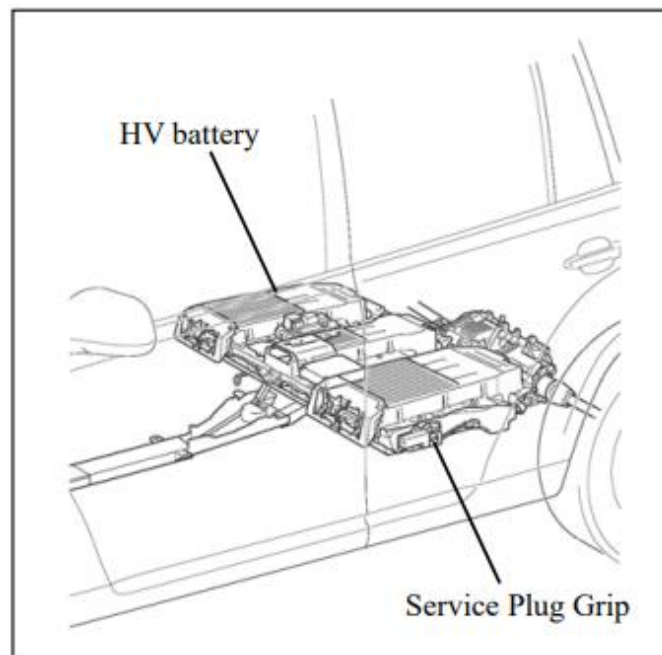


Figura 3.15 Desconexión del Jumper

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

3. En caso de que no sea posible extraer el jumper debido a un daño en el vehículo, es recomendable quitar el fusible del sistema de alto voltaje.
4. Para acceder y desmontar la batería, los conductos de refrigeración y la protección metálica, es necesario retirar las protecciones que los cubren.

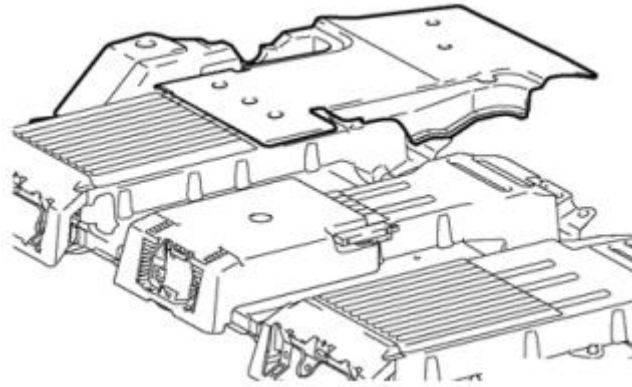


Figura 3.16 Retiro de protección metálica

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

5. Realice una inspección en busca de posibles fugas en la batería de alto voltaje y sus alrededores.
6. Utilizando un multímetro, es posible comprobar si hay tensión en los cables que unen el inversor con la batería de alto voltaje. En caso de detectar voltaje, se aconseja no desconectar los cables hasta que la tensión se haya reducido a cero.
7. Retire los tornillos que sujetan la batería a la carrocería utilizando una herramienta con un mango de plástico. Con precaución, extraiga la batería sin golpearla, ya que estas baterías suelen ser bastante pesadas.

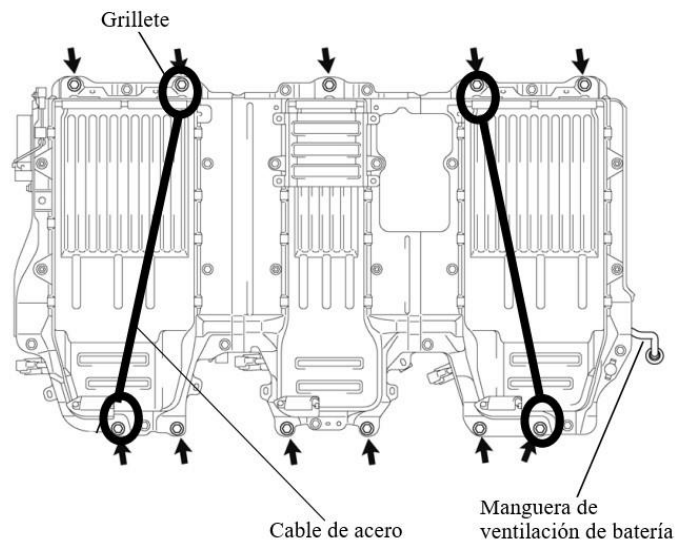


Figura 3.17 Extracción de pernos de seguridad

Fuente: (Gasoline-Electric Hybrid, 2011)

8. Ubicar la batería sobre una superficie de trabajo de plástico, ya que este material es aislante y prevendrá cualquier posible energización en caso de que se produzca una fuga de corriente.

3.2.3 Diagnóstico de celdas

El principal problema de las baterías híbridas es la descarga de las celdas, causada por un consumo inadecuado de corriente. Este mal consumo provoca ocasionalmente fallas en los packs. Estas fallas ocurren cuando la resistencia interna de los packs aumenta, lo que resulta en un incremento significativo de la potencia de disipación.

Para diagnosticar posibles fallas en las celdas del paquete de baterías se realiza una medición de la carga de cada celda. Esto permite obtener un conjunto de resultados que ayuda a identificar si alguna celda está en mal estado o no está funcionando correctamente. En caso de detectar celdas en mal estado, se recomienda cargarlas nuevamente o reemplazarlas según sea necesario. Una celda que está en buen estado debería tener un valor mínimo de 9.6V y un máximo de 11.52V. Si hay una diferencia de voltaje de 0.5V o más entre celdas, se generará un código de falla. Por ejemplo, si un bloque registra 10.06V y otro bloque muestra 10.56V o 10.60V, se activará un código de falla. Esto se debe a que el módulo de control de la batería (BCM), que es la computadora encargada de supervisar la batería, lee los voltajes y emite un código de falla cuando se detecta una diferencia superior a 0.5V (Cise Electrónica, 2011).

3.2.3.1 Códigos de avería

En caso de que se presenten códigos de falla, se procede a utilizar el escáner en la sección de flujos de datos para visualizar los voltajes de las celdas. El escáner realiza mediciones en pares de bloques, comenzando desde el bloque 1 hasta el bloque 15, lo que resulta en un total de 30. En cuanto a la ubicación de las celdas, del lado del copiloto hacia el conductor se encuentran del bloque 1 al 7, del lado del conductor hacia el copiloto están del bloque 8 al 11, y en el centro se encuentran los bloques 13, 14 y 15. Por ejemplo, si el escáner muestra un código de falla que indica una variación de voltaje en el bloque 13, esto significa que la celda problemática se encuentra en el centro. En cambio, si el código de falla se refiere al bloque 4, entonces la celda afectada se encuentra en el lado del copiloto. Si el escáner nos revela que existen muchos bloques defectuosos nos alerta

que se debe cambiar o sustituir el paquete de baterías. Cabe destacar que este procedimiento se basa en el modelo Toyota Highlander.

Los códigos de diagnóstico de fallas que se suelen ser más frecuentes en la batería de alta tensión en los vehículos híbridos se observan en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Resumen de códigos de avería de la batería híbrida

Código DTC	Condición de detección	Área problemática
P0A80	La diferencia de voltaje entre los bloques de baterías es mayor que la estándar	-Conjunto de batería HV -Unidad inteligente de batería
P0A84	El voltaje en cada bloque de batería está fuera del rango	-Relé y fusible de la batería -Ventiladores de la batería -ECU del vehículo -ECU de la batería
U029A	Problema en la comunicación entre la ECU de la batería y la ECU del vehículo	-ECU de control de vehículo híbrido -Unidad inteligente de batería

Fuente: (Toyota, 2010)

3.3 Metodología de diagnóstico del inversor

Para el desarrollo de la metodología del inversor se realizará en base al diagrama ilustrado en la **Figura 3.18**.

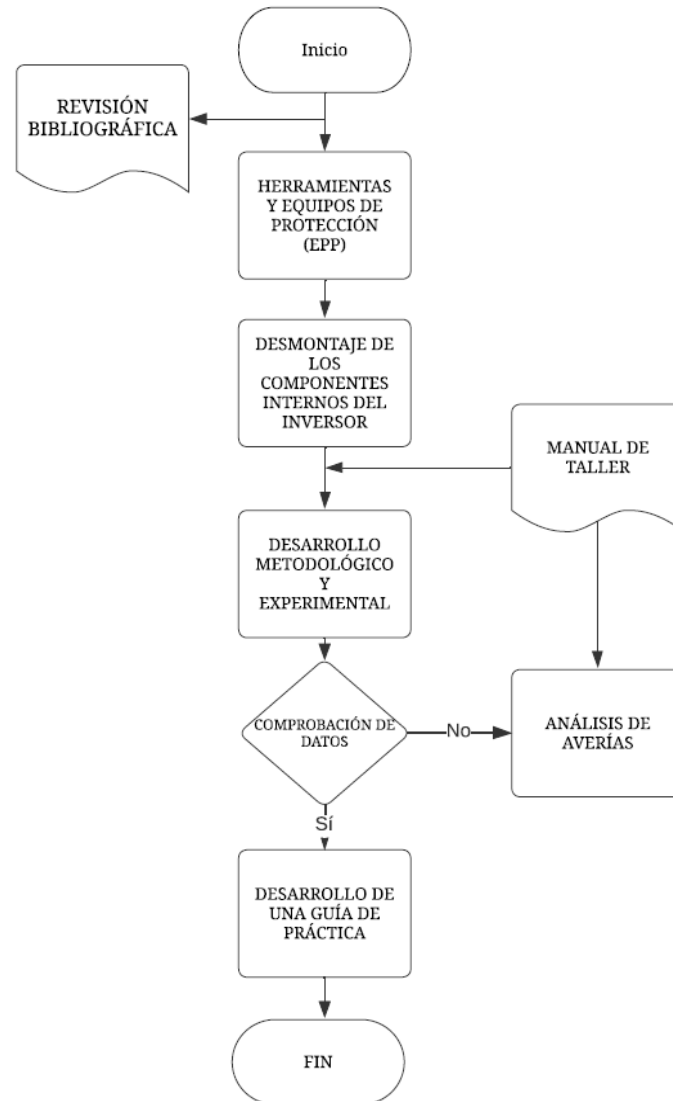


Figura 3.18 Flujograma de la metodología del inversor

3.3.1 Parámetros técnicos del inversor

El inversor cuenta con varios componentes internos que permiten el funcionamiento de los motores generadores, la recarga de las baterías de 12V y la de alta tensión, así como también el compresor de aire, para un mejor entendimiento de cómo se encuentran ubicados estos componentes se los ha separado en dos conjuntos, A y B, estos parámetros se los especifica en la **Tabla 3.5**.

Tabla 3.5 Componentes internos del inversor separados en conjuntos

Conjunto A	Reactor
	Modulo IPM
	Convertidor DC/DC

	Capacitor 1
Conjunto B	Inversor para MG3
	Inversor para MG1 y MG2
	Capacitor 2
	Medidor de corriente
	Placa principal del inversor
	Resistencia

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

A continuación, en la **Tabla 3.6**, se muestran los valores que nos da el fabricante para cada componente interno del inversor del Toyota Highlander.

Tabla 3.6 Valores del fabricante

Componentes	Datos del fabricante
Reactores	Resistencia no fija
Capacitores	A y B en continuidad. B y D con 196 uF. C y E con 2,3 uF. D y E en corto.
Resistencia circuito BOOSTER	28,6 Kohm.
Capacitor salida del BOOSTER	C y D con 2854 uF. B y D en continuidad. A y C en corto.
Módulo IPM	A y B de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 154 uF. C y A de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 160 uF. B y A de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 163 uF. B y C de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 101 uF. A y C de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 151 uF.

	C y B de un diodo de germanio en paralelo a un capacitor de 101 uF.
--	---

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

En la **Figura 3.19** se muestra el diagrama general del sistema inversor del Toyota Highlander:

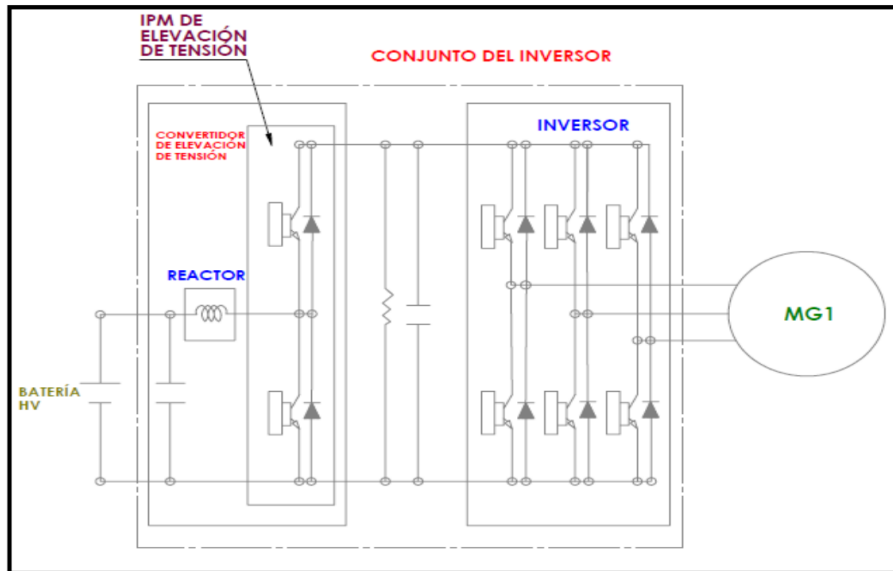


Figura 3.19 Diagrama eléctrico de inversor

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

El conjunto inversor cuenta con el módulo IPM que se encargará de suministrar la energía de 500V a los motores generadores.



Figura 3.20 Módulo IPM del inversor

Una de las funciones del inversor es convertir la corriente continua que proviene de la batería híbrida en corriente alterna y viceversa. Esta conversión es fundamental para alimentar los motores generadores, como el motor 1, el motor 2 y el motor retro. Además, utiliza la energía generada por el MG1, transmitiéndola al MG2 o MGR.

En este proceso, la corriente generada por el MG1 se transforma de corriente alterna a corriente continua dentro del inversor, antes de ser convertida nuevamente a corriente alterna. Esta configuración es requerida porque la frecuencia de salida de corriente alterna producida por el MG1 no se adecua para el control del MG2. Para una comprensión más detallada, la **Figura 3.21** ofrece un diagrama más completo de los módulos de inversores de MG1, MG2 y MGR.

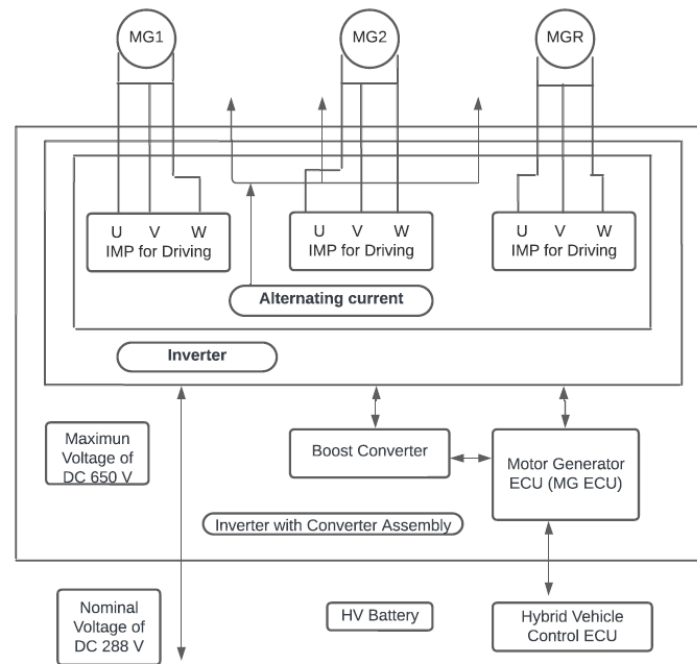


Figura 3.21 Diagrama de inductor-conversor

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

Dentro del inductor se ubica el BOOSTER, cuya función es elevar la tensión de 200V proveniente de la batería de alta tensión a alrededor de 500V. Estos 500V se suministran a los inversores específicos de cada motor generador correspondiente. A continuación, en la **Figura 3.22**, se describe en detalle el circuito eléctrico asociado.

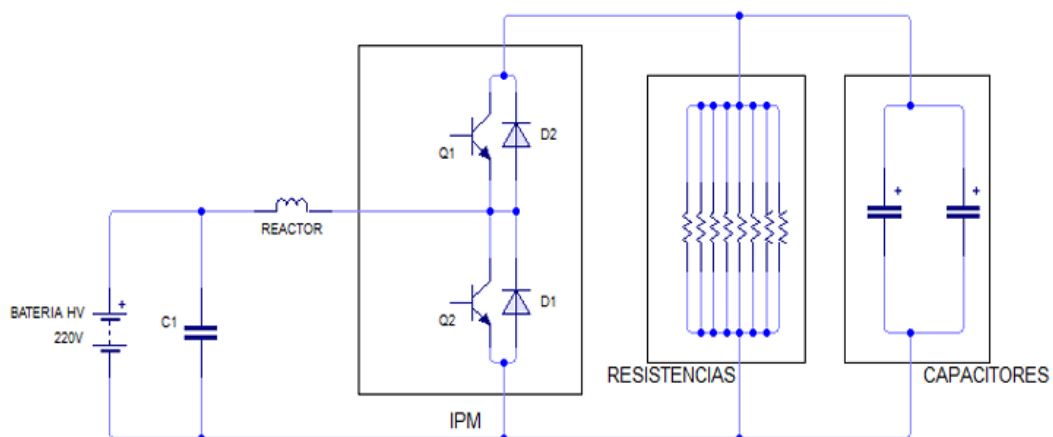


Figura 3.22 Diagrama eléctrico del elevador de tensión

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

En la siguiente tabla se muestran los valores que se deben tomar de referencia al momento de tomar valores de diodos del inversor:

Tabla 3.7 Características de los diodos del Inversor MG1-MG2

VALORES REFERENCIALES DE TRANSISTORES	
Capacidad (Inversa)	200 V _{max}
Capacidad (Directa)	20A
Resistencia	12.6 Ω

Fuente: (Fernando Augeri, 2023.)

3.3.2 Transistores de alta y baja tensión

La batería de accesorios, con un voltaje nominal cercano a los 14V, no suministrará energía a la batería HV. Su propósito es activar sistemas como las luces, el claxon, el limpiaparabrisas, entre otros.

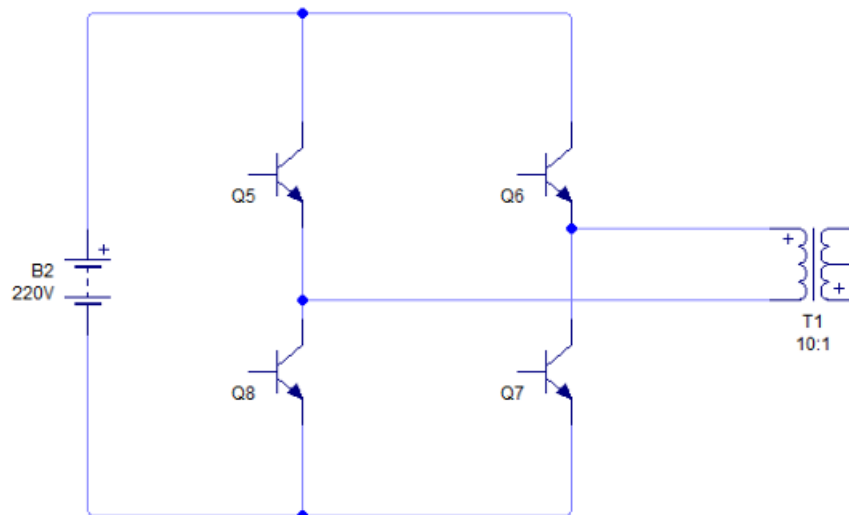


Figura 3.23 Diagrama del circuito de alta tensión conversor DC/DC

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

Después de transformar la corriente continua a corriente alterna, se reduce a alrededor de 14V mediante un transformador. Estos 14V se rectifican a través de un grupo de diodos antes de ser dirigidos hacia la batería de accesorios.

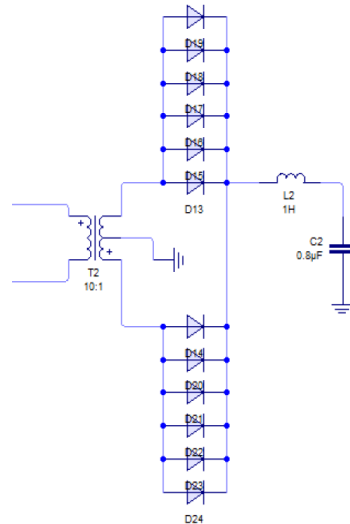


Figura 3.24 Diagrama de baja tensión convertidor DC/DC

Fuente: (Vélez B & Caiza O, 2017)

3.3.3 Diagnóstico del inversor

➤ Medición de Diodos

Para realizar la medición de los diodos del conjunto inversor el multímetro debe estar en la posición específica para medir la continuidad. Al medir los diodos, el objetivo es verificar si, en polarización directa (hacia un sentido), los diodos deben tener una resistencia baja de 0 Ohm.

Mientras que midiendo en polarización inversa (hacia la otra dirección) deben tener toda la misma resistencia.

Si el multímetro está configurado en la posición adecuada para medir la continuidad (símbolo del diodo), producirá un tono agudo si la resistencia es muy baja, indicando que el diodo está conduciendo en esa posición, esto se lo realiza cambiando la polaridad de los cables del multímetro.

➤ Medición de resistencia

Para realizar la medición de las resistencias internas del inversor se la debe realizar con el multímetro con medida en ohm, esto se lo realiza para la resistencia principal y la de los resistores internos.

3.3.3.1 Códigos de avería

Dentro del sistema híbrido, pueden surgir problemas inesperados debido a un uso inapropiado del vehículo, la falta de un mantenimiento adecuado o el desgaste natural de las diversas partes que integran estos sistemas. No obstante, en vehículos híbridos, existen códigos de avería comunes que impactan directamente en el sistema inversor. A continuación, se mencionan los más habituales:

- DTC P3004-132
- DTC P3226-563
- DTC P0A08-264

A continuación, en la **Tabla 3.8**, se proporciona un resumen de todos los códigos mencionados. Esto incluye el código en cuestión, el problema o la causa asociada, así como la solución correspondiente, la cual se detalla de la manera más específica posible para cada código de avería.

Tabla 3.8 Resumen de códigos de avería en el inversor

Código DTC	Problema o causa	Solución
P3004-132	-El sensor de voltaje del inversor funciona mal o aumenta la resistencia de la resistencia principal del sistema.	-Arnés de cables o conector -batería de alto voltaje -Conjunto de relé de alta tensión -Cable de batería principal N° 2 (lado negativo) -Inversor con conjunto convertidor -ECU de control de vehículo híbrido
P3226-563	-Desviación de salida del sensor de temperatura del convertidor elevador	-Arnés de cables o conector -Sistema de refrigeración inversor -Conjunto de inversor con convertidor (MG ECU) -Motor del ventilador

P0A08-264	-Mal funcionamiento del convertidor CC/CC	<ul style="list-style-type: none"> -Arnés de cables o conector -Bomba de agua con motor y conjunto de soporte. -Sistema de refrigeración inversor -Conjunto de transmisión de vehículo híbrido -Inversor con conjunto convertidor
-----------	---	--

Fuente: (Toyota, 2010)

3.4 Metodología de diagnóstico de los motores eléctricos

Para el desarrollo de la metodología de los motores eléctricos se realizará en base al diagrama ilustrado en la **Figura 3.25**.

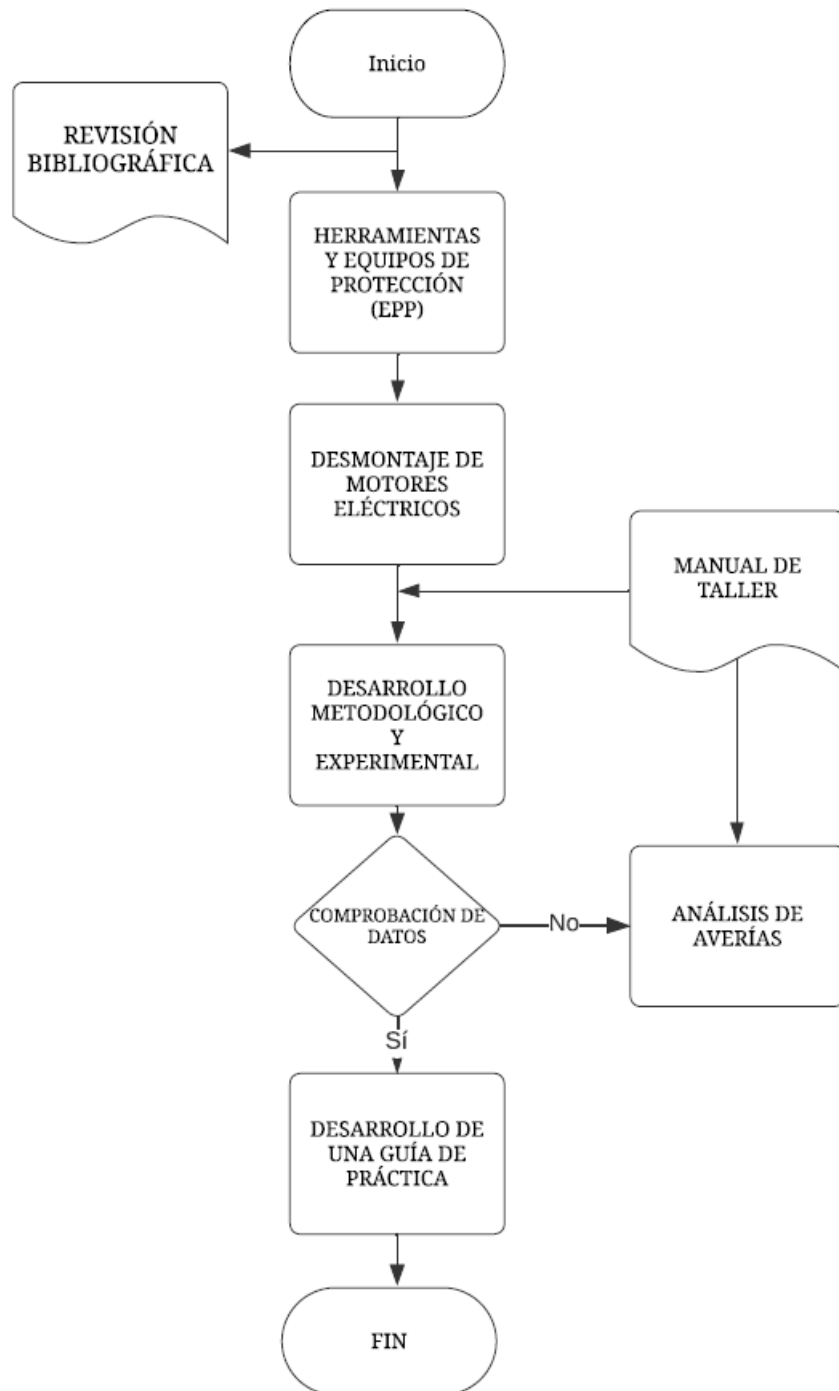


Figura 3.25 Flujograma de la metodología de los motores eléctricos

3.4.1 Parámetros técnicos de los motores generadores

3.4.1.1 Motor generador MG1

Se trata de un motor eléctrico que convierte la energía del motor de combustión interna en electricidad, cumpliendo la función de motor de arranque para dicho motor.

Este motor eléctrico es trifásico y su principal finalidad es impulsar al MCI y también la de generar carga para la batería de alto voltaje.

Incorpora un sistema de enfriamiento dedicado para regular la temperatura del motor generador, ya que su funcionamiento puede generar calor. Este sistema utiliza un fluido líquido que circula a través de la carcasa de la transmisión, donde se encuentran alojados los motores generadores. Es importante destacar que este sistema de enfriamiento es completamente independiente del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna.

Tabla 3.9 Parámetros MG1

Motor Eléctrico MG1	
Propósito	Generador, motor de arranque de MCI, propulsor
Potencia máxima	54 CV - 40 kW
Revoluciones (mín. y máx.)	16 383 rpm
Par mínimo y máximo	500 Nm
Ubicación	Trasero trasversal
Tensión nominal	245 V
Temperatura del inversor	Mín.: -58°F (-50°C), Máx.: 401°F (205°C) -Sin molestias durante 1 día a 77 °F (25 °C): 77 °F (25 °C) -Conducción en la calle: 77 a 176 °F (25 a 80 °C)
Frecuencia	10 kHz / 5 kHz

Fuente: (Electric Hybrid, 2023)

El MG1 recibe más de 500 voltios del inversor y puede proporcionar 50 KW entre 1200 a 1540 rpm, el par máximo es de 400 Nm.

Parámetros principales del motor eléctrico 1:

- Tiene una contextura físicamente más pequeña que el motor eléctrico 2.
- Es el encargado de dar el impulso al MCI, para que este funcione.
- También genera carga para la batería híbrida.

3.4.1.2 Motor generador MG2

Asimismo, se trata de un motor trifásico síncrono de imanes permanentes de alta tensión, con una potencia nominal de 50 kW en un rango de 1200 a 1540 rpm. Su par máximo alcanza los 350 Nm, siendo más notable en bajas velocidades, desempeñando la función principal de proporcionar el torque necesario durante la circulación del vehículo a velocidades reducidas. Este motor eléctrico constituye el componente central del Toyota Highlander.

Parámetros principales del motor eléctrico 2:

- Es el encargado de impulsar el vehículo, siempre que el vehículo se encuentre en movimiento el motor eléctrico 2 estará trabajando.
- Este motor es solidario a la corona del tren epicicloidal.
- Tiene una contextura físicamente más grande que el motor eléctrico 1.
- Es el encargado de recargar la batería híbrida mediante el frenado regenerativo.

Tabla 3.10 Parámetros del MG2

Motor Eléctrico MG1	
Propósito	Propulsa el vehículo, generador freno regenerativo, carga la batería híbrida
Potencia máxima	182 CV - 134 kW
Revoluciones (mín. y máx.)	16 383 rpm
Par mínimo y máximo	500 Nm
Ubicación	Trasero trasversal
Tensión nominal	288 V
Temperatura del inversor	Mín.: -58°F (-50°C), Máx.: 401°F (205°C) -Sin molestias durante 1 día a 77 °F (25 °C): 77 °F (25 °C) -Conducción en la calle: 77 a 176 °F (25 a 80 °C)
Frecuencia	5 kHz / 2,5 kHz / 1,25 kHz

Fuente: (Electric Hybrid, 2023)

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los motores eléctricos, es importante que operen dentro de los rangos específicos establecidos por el fabricante, en este caso, Toyota. Los valores correspondientes se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.11 Valores referenciales de los motores eléctricos

Conexión	Terminal U-V apagado a 20°C	Terminal V-W apagado a 20°C	Terminal W-U apagado a 20°C
MG1	37 a 41 mΩ	36 a 40 mΩ	36 a 40 mΩ
MG2	52,4 a 58,4 mΩ	50,5 a 56,5 mΩ	50,5 a 56,5 mΩ
MGR	161 a 175mΩ		

Fuente: (Toyota, 2010)

3.4.1.3 Diagramas de la configuración de los motores generadores

- Generación de la corriente alterna para el control de los motores generadores

Cada uno de los motores Generadores MG1 y MG2 es un motor trifásico de corriente alterna, la conexión de cada uno de ellos es tipo estrella como en la **Figura 3.26**.

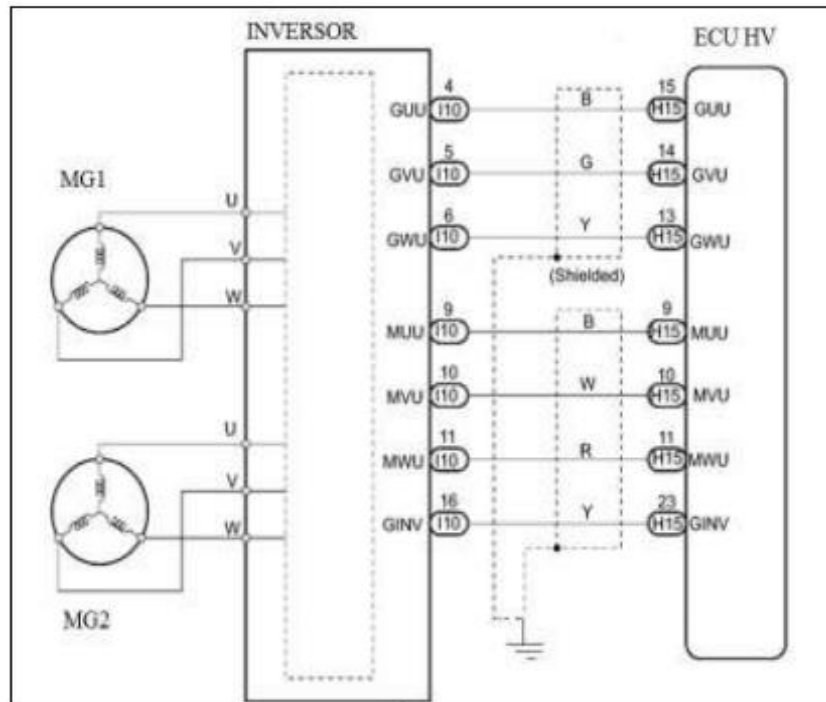


Figura 3.26 Diagrama de generación de corriente alterna para MG1 y MG2

Fuente: (Cise Electronics, 2019)

Cuando una corriente de tres fases atraviesa el bobinado del estator de una bobina, se genera un campo magnético rotativo en el motor eléctrico. Este campo magnético es controlado en consecuencia de la posición y velocidad del rotor. Gracias a la presencia de imanes permanentes, El rotor es atraído por el campo magnético en rotación, lo que inicia la producción de torque. En la práctica, el torque generado se relaciona de manera proporcional con la corriente, y la velocidad de rotación se regula mediante la frecuencia de la corriente alterna. Además, es importante destacar que un control adecuado de la relación entre el mapa magnético y el ángulo de los magnetos del rotor permite generar eficientemente un alto nivel de torque. Cuando el motor se utiliza para generar electricidad, la rotación del rotor produce un campo magnético rotativo, el cual a su vez induce corriente en los conductores del bobinado del estator (Universidad Politécnica Salesiana, 2013).

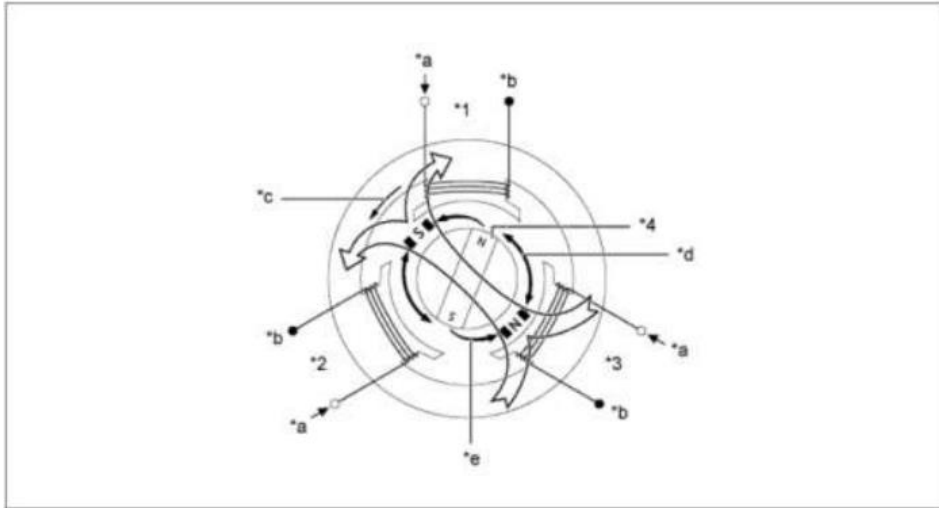


Figura 3.27 Diagrama motor eléctrico

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

En estas fases U, V, W en cada una de ellas, debe existir un flujo de corriente que cambie de sentido con relación al tiempo, toda la estrategia de generar esta corriente alterna y desfazarla en el momento correcto la gestiona la computadora de la batería híbrida, estas fases se las ilustran en la **Figura 3.29**, pero la potencia de este mecanismo está dada por el Inversor que utilizando unos transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), logra este complicado procedimiento. La conexión de circuitos de cada una de esas fases del inversor, específicamente en la parte de los transistores, se puede observar de manera detallada en la siguiente figura.

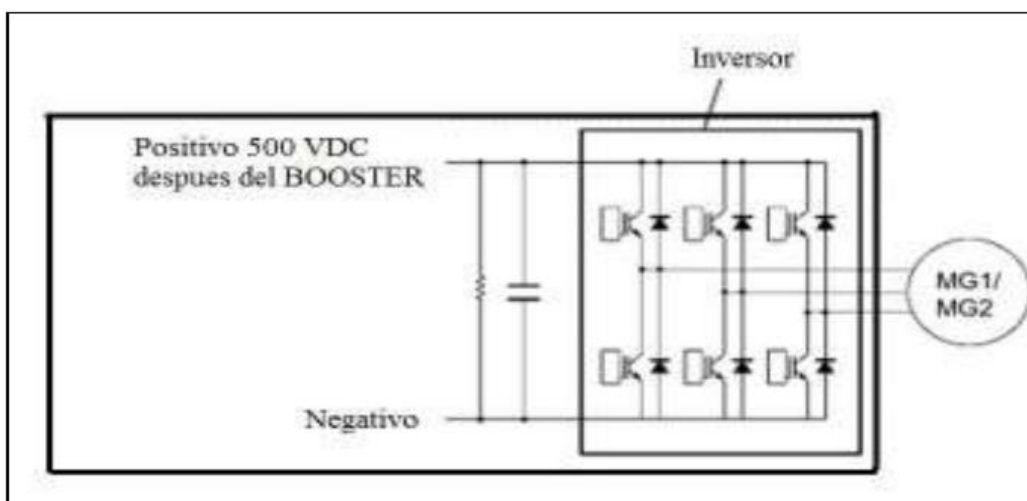


Figura 3.28 Diagrama trifásico de motores generadores

Fuente: (Cise Electronics, 2019)

A continuación, se muestra un diagrama de las fases U, V y W:

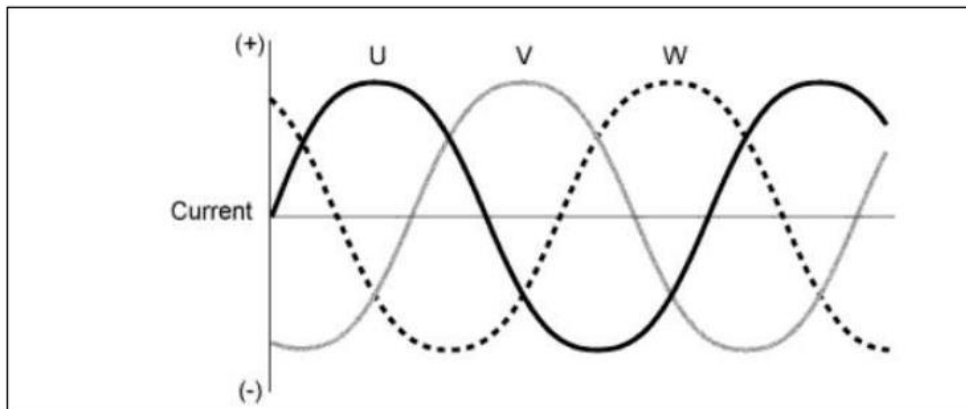


Figura 3.29 Diagrama de fases U, V y W

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

3.4.2 Diagnóstico de los motores generadores

En los motores generadores, en ocasiones para su diagnóstico se emplea un multímetro para medir la continuidad en cada una de sus bobinas. Normalmente, se obtienen valores similares, pero esto no proporciona una lectura precisa sobre la integridad de la bobina.

Para abordar esta cuestión, se utiliza un dispositivo llamado megóhmetro, que aplica un alto voltaje necesario para detectar posibles fugas. Esto permite identificar derivaciones a tierra y proporciona un diagnóstico real para darnos a conocer el estado de los devanados de los motores eléctricos.

3.4.2.1 Códigos de avería

En el caso de los motores generadores del Toyota Highlander, los códigos de falla pueden variar dependiendo del sistema y la configuración específica del vehículo. A continuación, en la **Tabla 3.10**, se mencionan algunos códigos de avería más comunes o que tengan relación a los motores generadores:

Tabla 3.12 Resumen de códigos de avería en los motores generadores

Código DTC	Condición de detección	Área problemática
P0A7A: MG1	Detección de señal de falla del inversor del generador (sobrecalentamiento)	-Arnés de cables o conector -Sistema de refrigeración inversor -Conjunto de inversor con convertidor (MG ECU)
P0A90-509: MG2	Mal funcionamiento del sistema MG2	-Conjunto de inversor/convertidor -Conjunto de transmisión de HV
P0A3F: sensor MG1	Cortocircuito en la interfaz del circuito de resolución del motor	-Arnés de cables o conector -Conjunto de transmisión del vehículo híbrido (resolución del motor) -Conjunto de inversor con convertidor (MG ECU)

Fuente: (Toyota, 2010)

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de diagnóstico batería híbrida

4.1.1 Desmontaje de la batería de alta tensión

Se realizó el desmontaje de la batería de alta tensión siguiendo los siguientes pasos:

1. 	2. 
3. 	4. 
9. 	

1. Desconectar la batería auxiliar de 12 voltios y espera al menos 10 minutos antes de proceder. Se requiere este período para que la energía del inversor se disperse completamente en la batería, permitiendo que los cables de alta tensión se descarguen por completo.
2. Desmontar los asientos traseros del vehículo para dar paso a la desconexión del jumper de seguridad es un procedimiento necesario para dividir el voltaje del conjunto de la batería de alto voltaje. Es crucial desconectar el jumper, ya que al retirarlo se interrumpe la conexión en serie de todos los módulos de la batería. Esto evita la posibilidad de que otra persona lo instale accidentalmente mientras se efectúan labores en cualquiera de los sistemas.
3. En caso de que no sea posible extraer el jumper debido a un daño en el vehículo, es recomendable quitar el fusible del sistema de alto voltaje, que generalmente tiene una clasificación de 20A.
4. Para acceder y desmontar la batería, así como los conductos de refrigeración y la protección metálica, es esencial retirar las cubiertas protectoras que los resguardan. Utiliza la herramienta adecuada, como un sacagrapas de plástico, que permitirá extraer las grapas de manera intacta sin causarles ningún daño. Además, asegúrate de utilizar dados del tamaño correcto para evitar dañar las tuercas.
5. Realice una inspección en busca de posibles fugas en la batería de alto voltaje y sus alrededores. Si se detecta la presencia de líquido, podría tratarse de una fuga de electrolito alcalino, el cual es un material peligroso. Aunque es poco probable que los módulos de las baterías de alto voltaje presenten derrames de electrolito, ya que las placas internas tienden a absorberlo, en caso de que ocurra, Puede emplearse una solución diluida de ácido bórico o vinagre para neutralizar cualquier derrame de electrolito.
6. Utilizando un multímetro de categoría 3, es posible comprobar si hay voltaje presente en los cables que enlazan el inversor con la batería de alto voltaje. En caso de detectar voltaje, se aconseja no desconectar esos cables hasta que el voltaje se haya reducido a cero.
7. Para realizar la desconexión de los cables que conectan a la batería de alto voltaje al inversor se debe emplear guantes aislantes para garantizar una desconexión segura y evitar cualquier peligro de electrocución.

8. Afloje los pernos que sujetan la batería a la carrocería utilizando una herramienta que tenga un mango de plástico. Con precaución, retire la batería sin golpearla, ya que es común que estas baterías sean bastante pesadas.
9. Ubicar la batería sobre una superficie de trabajo de plástico, ya que este material es aislante y prevendrá cualquier posible energización en caso de que se produzca una fuga de corriente.

4.1.2 Análisis de celdas de los paquetes de baterías

A medida que las celdas se desgastan, van perdiendo capacidad. Por ejemplo, si se carga a una corriente de 6.5A durante una hora, y al conectar un dispositivo que consume 6.5A y nos percatamos que la batería se descarga antes de una hora significa que las celdas están en mal estado y debe ser sometida a una revisión. Esto indica que la batería ha perdido capacidad con el tiempo. El objetivo ideal es que una batería cargada a 6.5A durante una hora pueda suministrar también 6.5A durante una hora. De esta manera, se pueden evaluar las celdas y determinar cuáles cumplen con este criterio y cuáles no, lo que permite diagnosticar su funcionamiento.

La batería híbrida está equipada con ventiladores para regular la temperatura y mitigar el riesgo de sobrecalentamiento. Aunque estos ventiladores no son altamente eficientes, desempeñan un papel importante en la prevención de problemas. Se ubica un ventilador en cada bloque de celdas, siendo las celdas centrales las más propensas a sufrir daños y generar códigos de falla. Dado que los ventiladores presentan ciertas limitaciones en su eficiencia, las celdas del centro tienden a experimentar mayores fallas.

4.1.2.1 Mantenimiento preventivo de paquetes de baterías

Como parte de las labores de mantenimiento preventivo, se lleva a cabo una práctica de rotación o intercambio de las celdas antes de que se sospeche que alguna de ellas está defectuosa. Esta rotación permite prolongar la vida útil de las celdas. Es común desmontar la batería para realizar este proceso de rotación, donde las celdas del centro se trasladan hacia los extremos, mientras que las celdas de los extremos se reubican en el centro. Este procedimiento se lleva a cabo siempre y cuando no se hayan detectado aún códigos de falla en las celdas.

Si existe una o más celda en mal estado, una manera técnica de solucionarla es sustituir esta celda o incluso la batería, pero las baterías son muy costosas, así que se deberá buscar una solución al problema por los métodos ya mencionados para alargar la vida útil a largo plazo.

4.1.3 Medición de paquetes de baterías

Para medir la tensión de las celdas, es importante asegurarse de que el multímetro esté configurado para medir tensiones. La sonda negra debe estar conectada a la clavija COM del multímetro, mientras que la sonda de color rojo en la clavija en donde se encuentran estos símbolos "V-Ω" del dispositivo. De esta manera, se procederá a medir la tensión de forma precisa y segura.

Como las tensiones que se medirá en este vehículo son de tipo continuo por lo que se deberá configurar el lector del multímetro en la posición de voltaje "V=", de esta manera el multímetro nos dará la información necesaria sin poner en riesgo al equipo mencionado y al vehículo.

La medición de cada celda se la debe realizar como en la **Figura 4.1**, el cable rojo debe estar en contacto con el polo positivo de la celda, mientras que el cable negro en el negativo, de esta manera nos dará un voltaje que en este caso son 10.12V.

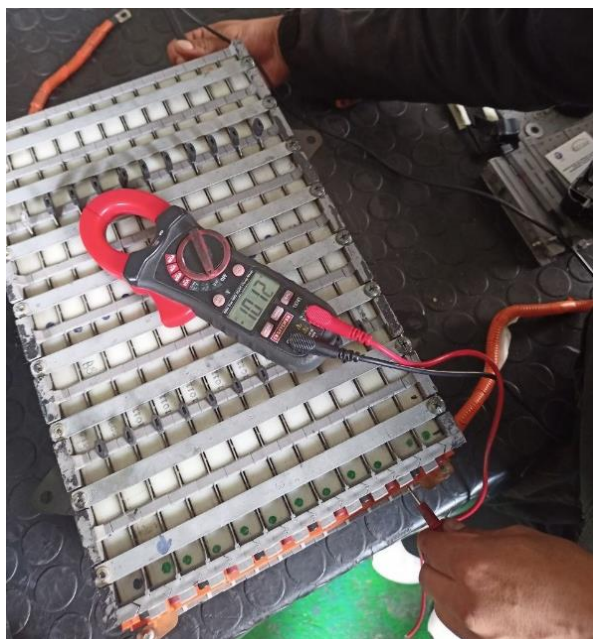


Figura 4.1 Medición de celdas

Conforme el equipo de medición está configurado correctamente se procedió a medir los voltajes y corrientes de cada módulo que compone los bloques 1, 2 y 3 de la batería, obteniendo los siguientes resultados mostrados a continuación:

Tabla 4.1 Tensión y corriente del Bloque 1

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.06	2.13
2	10.05	2.13
3	10.06	2.13
4	10.06	2.13
5	10.06	2.13
6	10.08	2.13
7	10.09	2.13
8	10.08	2.13
9	10.05	2.13
10	10.14	2.13
11	10.06	2.13
12	10.06	2.13

Como se observa en la **Tabla 4.1** existe una variación de tensión entre celdas, específicamente la celda número 10, el procedimiento que se debe llevar a cabo para una correcta corrección de esta variación se la explica en el apartado **4.1.4**.

Resultados obtenidos del bloque 2 se muestran a continuación en la **Tabla 4.2**.

Tabla 4.2 Tensión y corriente del Bloque 2

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.06	2.13
2	10.07	2.13
3	10.07	2.13
4	10.07	2.13
5	10.06	2.13
6	10.10	2.13

Resultados obtenidos del bloque 3 se muestran a continuación en la **Tabla 4.3**.

Tabla 4.3 Tensión y corriente del Bloque 3

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.09	2.13
2	10.07	2.13
3	10.08	2.13
4	10.08	2.13
5	10.09	2.13
6	10.11	2.13
7	10.08	2.13
8	10.06	2.13
9	10.06	2.13
10	10.12	2.13
11	10.11	2.13
12	10.08	2.13

En el caso del bloque 3 ilustrada en la **Tabla 4.3** se puede evidenciar que existe variación de tensión entre las celdas 9 y 10 por lo que se deben someter a una nivelación de celdas.

4.1.4 Carga y descarga de paquetes de baterías

En caso de que exista variaciones de voltaje, se requiere realizar una descarga completa de la batería seguida de una recarga, existen dos métodos para la recarga de las baterías el primero es cargar cada celda individualmente utilizando una fuente fija de 10V a 2.5A, Sin embargo, de esta manera lleva mucho tiempo para recargar todas las celdas, el segundo y el más recomendable consiste en recargar el grupo de 3 bloques mediante un cargador de baterías como se ilustra en la **Figura 4.2**. Una vez cargada, es necesario nivelar o equilibrar los voltajes para que todas las celdas alcancen el mismo valor. Por ejemplo, si todas las celdas tienen 10.30V, todas deberán ajustarse a ese valor después de la nivelación como se puede observar en la **Figura 4.3**.



Figura 4.2 Cargador de la batería de alta tensión

4.1.5 Nivelación de celdas

Para nivelar las celdas, estas se colocan en paralelo en un dispositivo que está conformado de dos barras de aluminio y un voltímetro que refleja al instante el valor del voltaje, luego se dejan conectadas durante al menos 4 horas o para el día siguiente. Esto permite que las celdas se igualen en voltaje. Después de este período de tiempo, todas las celdas presentan el mismo voltaje, ya que las celdas con un voltaje más alto se nivelan hacia abajo y las celdas con un voltaje más bajo se nivelan hacia arriba como se ilustra en la **Figura 4.3**.

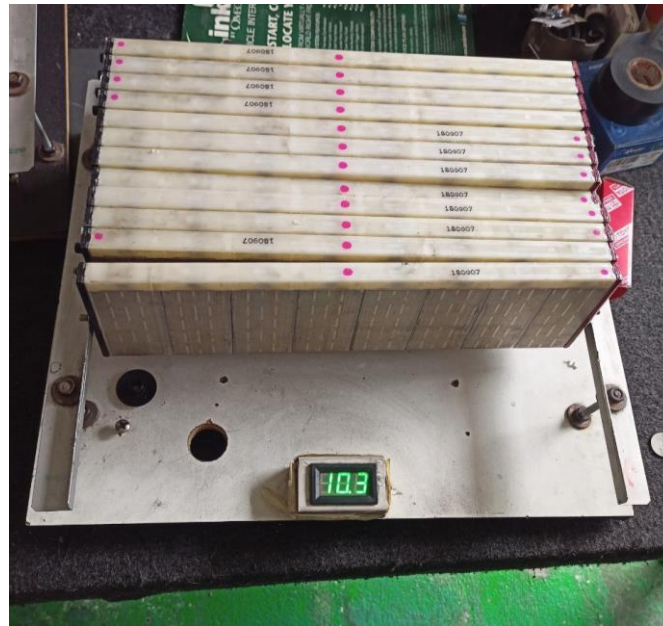


Figura 4.3 Dispositivo para nivelar el voltaje de las celdas

Una vez niveladas todas las celdas de los bloques, estas obtuvieron un valor final de 10.3V como se observa en la **Tabla 4.4**, **Tabla 4.5** y **Tabla 4.6** correspondiente a cada bloque.

Tabla 4.4 Tensión y corriente del bloque 1 después de ser niveladas

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.3	2.13
2	10.3	2.13
3	10.3	2.13
4	10.3	2.13
5	10.3	2.13
6	10.3	2.13
7	10.3	2.13
8	10.3	2.13
9	10.3	2.13
10	10.3	2.13
11	10.3	2.13
12	10.3	2.13

Resultados obtenidos después de nivelar las celdas del bloque 2 se muestran a continuación:

Tabla 4.5 Tensión y corriente del bloque 2 después de ser niveladas

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.3	2.13
2	10.3	2.13
3	10.3	2.13
4	10.3	2.13
5	10.3	2.13
6	10.3	2.13

Resultados obtenidos después de nivelar las celdas del bloque 3 se muestran a continuación:

Tabla 4.6 Tensión y corriente del bloque 3 después de ser niveladas

MÓDULO	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)
1	10.3	2.13
2	10.3	2.13
3	10.3	2.13
4	10.3	2.13
5	10.3	2.13
6	10.3	2.13
7	10.3	2.13
8	10.3	2.13
9	10.3	2.13
10	10.3	2.13
11	10.3	2.13
12	10.3	2.13

4.1.6 Módulo PRA (Power Relay Assembly)

4.1.6.1 Análisis del funcionamiento del PRA

Cuando se escuchan tres clics en el vehículo, el primer clic corresponde al cierre del SMR3, que está asociado al polo negativo. El segundo clic corresponde al cierre del

SMR1, el cual se realiza a través de una resistencia de 30.2Ω como se observa en la **Figura 4.4**. Este cierre se realiza como medida de seguridad, ya que, si hubiera un cortocircuito o un aumento repentino de voltaje, el SMR1 lo absorbe junto con la resistencia, evitando que se active la función "READY" en el tablero. Esto impide que el vehículo se encienda y, como consecuencia, se genera un código de error.

Si el SMR1 se cierra correctamente, se levanta el contacto y se cierra el SMR2. De esta manera, se completa el ciclo de manera adecuada y se permite que la energía fluya hacia el inversor.

4.1.6.2 Medición del módulo PRA

Para realizar la medición de la resistencia y los relés del PRA se deben extraer con cuidado cada uno, haciendo a un lado las binchas de seguridad de cada ranura, para llevar a cabo la medición de la resistencia utilizamos multímetro, en la configuración de resistencia " Ω ", luego se colocan los cables rojo y negro en cualquiera de los conectores de la resistencia como se observa en la **Figura 4.4**.

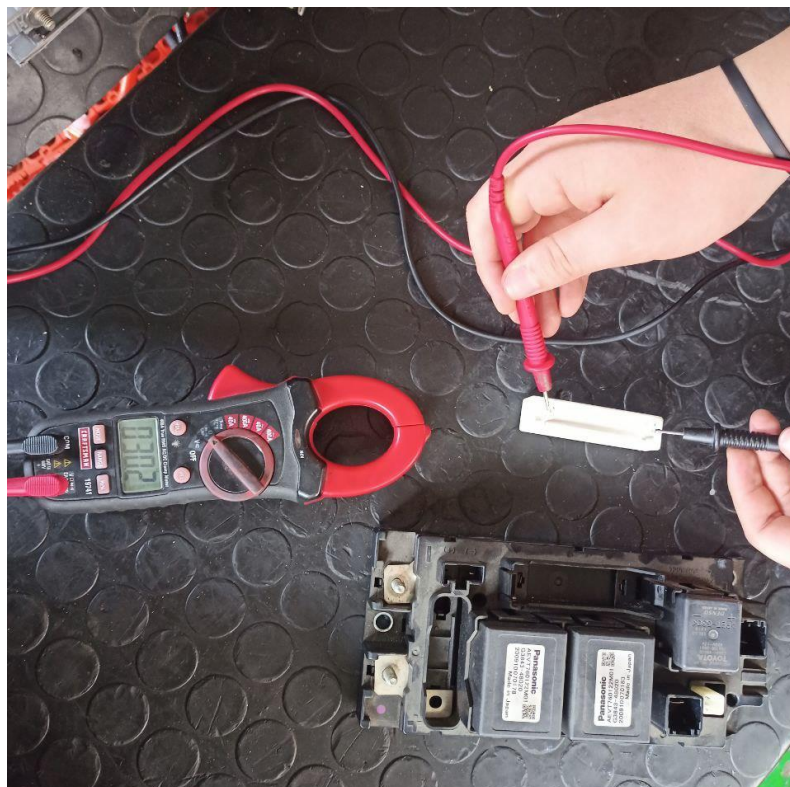


Figura 4.4 Medición de la resistencia del PRA

Para medición de los relés, se lo realiza de la misma manera que la resistencia, pero en este caso observamos que existen 4 conectores, dos de ellos conducen la corriente, teniendo un polo positivo y otro negativo y, los otros dos son de resistencia, estos últimos mencionados se diferencian por tener un color más oscuro, en este caso marrones como se observa en la **Figura 4.5**, en donde se colocan los cables del multímetro para obtener el valor de la resistencia.

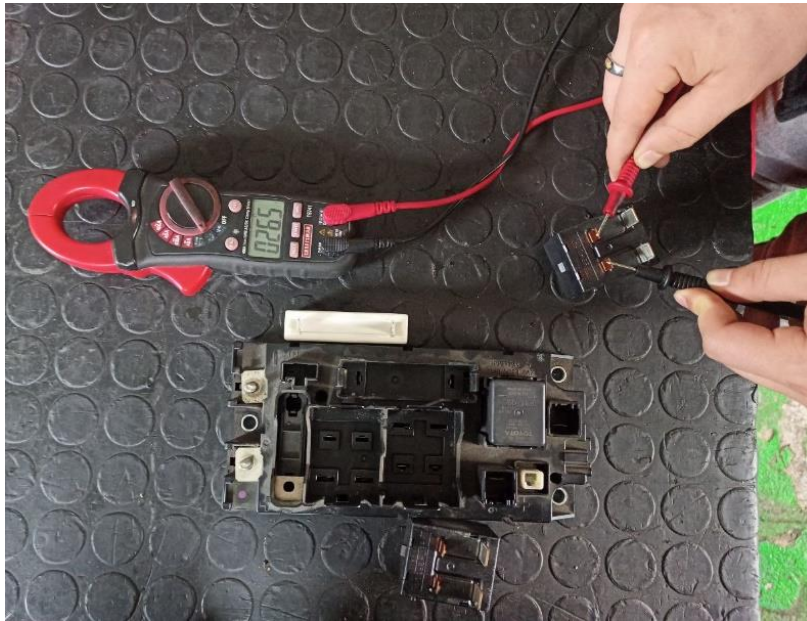


Figura 4.5 Medición de SMRs

Una vez concluida la medición obtuvimos los siguientes valores de la **Tabla 4.7**, los cuales reflejan que la resistencia y los relés están en buen estado en comparación a su valor referencial.

Tabla 4.7 Valores del módulo PRA

RELÉS Y RESISTENCIA	VALOR REFERENCIAL (Ω)	VALOR OBTENIDO (Ω)
Resistencia	28.5 a 31.5	30.2
SMR 2	20 a 60	26.5
SMR 1	70 a 160	26.8
SMR 3	20 a 60	26.6

4.2 Resultados del diagnóstico del inversor

4.2.1 Análisis del funcionamiento del inversor

El dispositivo conocido como elevador de tensión (BOOSTER) desempeña la función de aumentar la tensión proveniente de la batería HV, que inicialmente es de 288V, a un nivel superior a 500V. Esta tensión amplificada se destina para alimentar los inversores de cada motor generador de manera efectiva.

Para llevar a cabo esta tarea, el BOOSTER se compone de dos elementos fundamentales: un reactor y un módulo conocido como IPM. Este módulo, compuesto por transistores IGBT, asume dos funciones específicas de gran importancia.



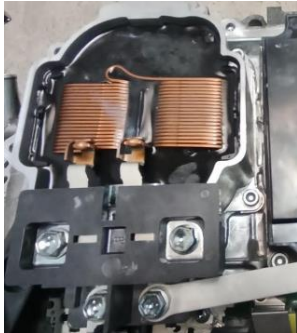

La primera función consiste en utilizar el reactor para establecer una fuente que elevará la tensión, dirigiéndola hacia el inversor encargado de controlar los motores generadores. En segundo lugar, se posibilita que la tensión generada por los MGs fluya hacia la batería HV. Para este propósito, se emplea un circuito formado por una resistencia-condensador (RC) que desempeña dos roles cruciales en el sistema.

Los condensadores almacenan los picos de voltaje, liberándolos posteriormente en forma de alta tensión. Paralelamente, las resistencias en los capacitores aseguran una disipación más eficiente de la tensión. Además, este conjunto se comporta como un estabilizador del sistema, descargándose cuando el sistema de energía se desconecta.



4.2.2 Desmontaje de componentes internos del inversor

Se realizó el desmontaje de componentes internos del inversor en dos partes, A y B, para medir diodos y resistores, para ello se siguió el siguiente procedimiento:

Desmontaje de la parte inferior del inversor

<p>1. Retiro de pernos de la carcasa.</p> 	<p>2. Al retirar la tapa inferior se puede ya observar al capacitor, módulo IPM y el reactor.</p> 
<p>3. Retiramos los pernos del reactor.</p> 	<p>4. Retiramos al módulo IPM.</p> 

Desmontaje de la parte superior del inversor

<p>1. Retiro de los pernos de la carcasa.</p> 	<p>2. Al retirar la tapa superior se tiene al acceso al capacitor y placa principal.</p> 
---	---

3. Desmante del inversor que controla el MG3.



4. Retiro de la resistencia de 63 Kohm, que se encuentra al lado del inversor MG3.



4.2.3 Medición de componentes

4.2.3.1 Medición de diodos

Se realizó la medición de los diodos del inversor de MG1 y MG2 del conjunto inversor colocando el multímetro en la posición específica para medir la continuidad. Al medir los diodos, el objetivo es verificar si, en polarización directa (hacia un sentido), los diodos dieron como resultado una resistencia de 0 Ohm como se observa en la **Figura 4.6**.



Figura 4.6 Diodos con resistencia baja

Mientras que midiendo en polarización inversa (hacia la otra dirección) se obtuvo la misma resistencia, en el caso de esta investigación más de 300 Ohm como se ilustra en la **Figura 4.7**.

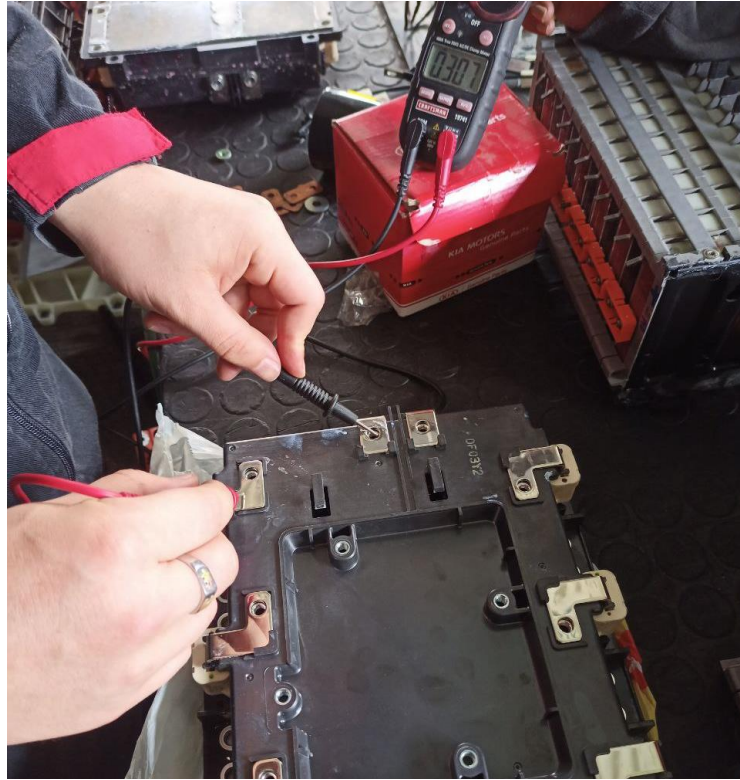


Figura 4.7 Diodos con resistencia alta

Si uno o varios diodos están explotados se debe cambiar la placa completa, ya que tratar de re soldar es muy complejo.

4.2.3.2 Medición de transistores de alta y baja tensión

Se realizo la medición del circuito de alta tensión de los transistores del inversor:

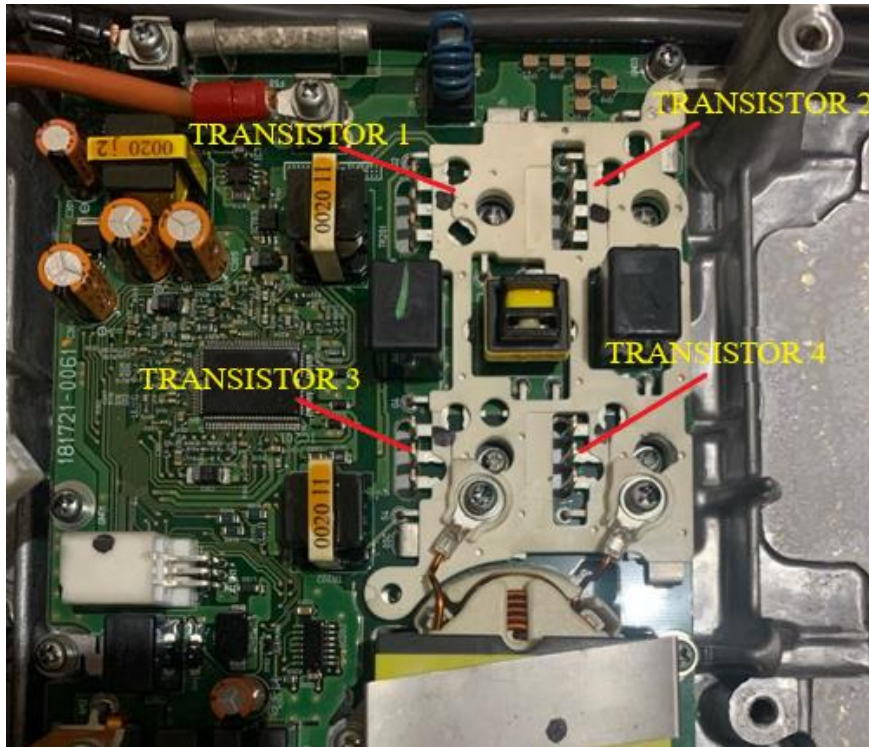


Figura 4.8 Transistores de alta tensión

En cada transistor, entre los pines 1 y 2, se encuentran dos diodos con polarización opuesta conectados en paralelo a un capacitor cuyo valor no ha sido especificado. Por otro lado, los pines 1 y 3 cuentan con resistencias de valores definidos que se encuentran dentro del rango aceptable en relación a sus valores de referencia. Los resultados de las mediciones se detallan en la **Tabla 4.8**.

Tabla 4.8 Resultados de transistores de alta tensión

TRANSISTOR	VALOR REFERENCIAL (Ω)	VALOR OBTENIDO (Ω)
1 (Pin 1 y 3)	$12,6 \pm 20\%$	13.3
2 (Pin 1 y 3)		13.3
3 (Pin 1 y 3)		13.3
4 (Pin 1 y 3)		13.3

Para la medición del circuito de baja tensión de los transistores del inversor se lo realizo de la misma manera que los de alta tensión, ya que al tener similitud entre ellos los valores también los idénticos.

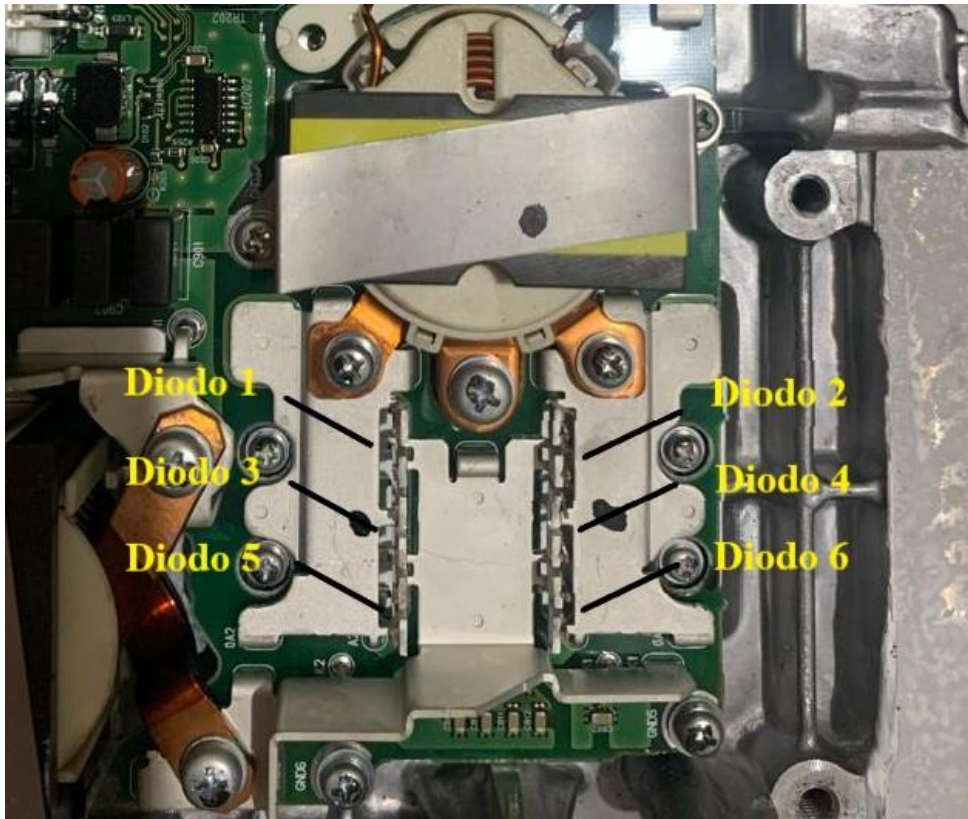


Figura 4.9 Diodos del convertidor DC/DC

En el interior de este circuito de baja tensión, se establece un circuito equivalente entre los pines 1 y 3, así como entre los pines 2 y 3 de cada transistor, que consiste en un diodo en serie junto con una resistencia cuyo valor no ha sido especificado. Mientras tanto, los pines 1 y 2 están equipados con resistencias que tienen valores predeterminados y se sitúan dentro de un rango aceptable en concordancia con sus valores de referencia, al tratarse de transistores térmicos estos no tienen una resistencia fija, ya que varían conforme cambia la temperatura, teniendo como base 150 ohm a 25°C cada medición será diferente. Los resultados de las mediciones se encuentran detallados en la **Tabla 4.9**.

Tabla 4.9 Resultado de transistores de baja tensión

TRANSISTOR	VALOR REFERENCIAL (Ω)	VALOR OBTENIDO (Ω)
1 (Pin 1 y 2)	-55 a 150 °C0	133.8 a 25°C
2 (Pin 1 y 2)		132.7 a 27°C
3 (Pin 1 y 2)		129.6 a 29°C
4 (Pin 1 y 2)		126.5 a 31°C

Se procedió a medir la resistencia principal del inversor la cual nos dio 28.6 kOhm como se muestra en la **Figura 4.10** la cual se aproxima al valor dado por el fabricante.

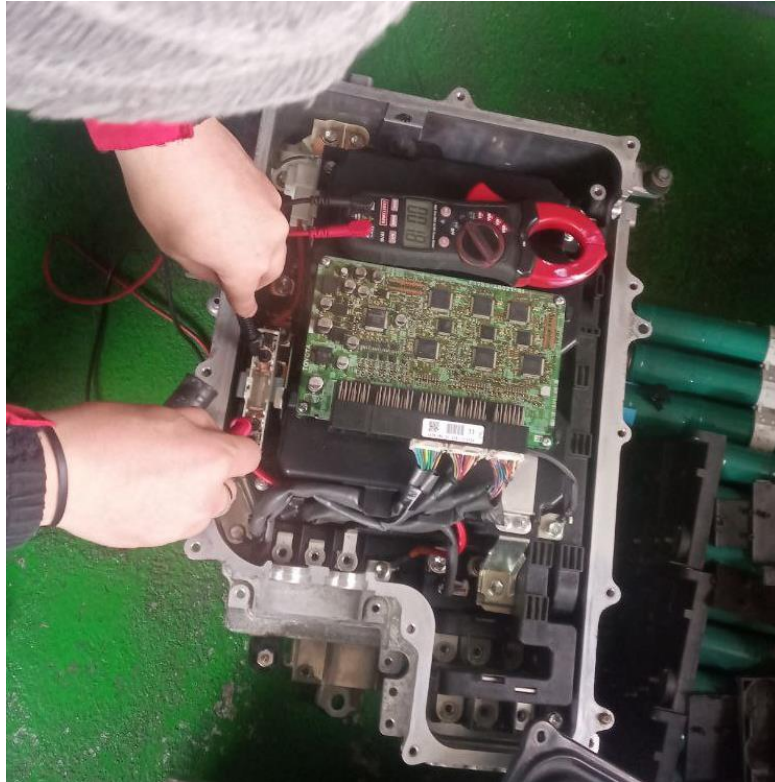


Figura 4.10 Medición de resistencia de elevación de tensión del inversor

4.3 Resultados de diagnóstico de motores generadores

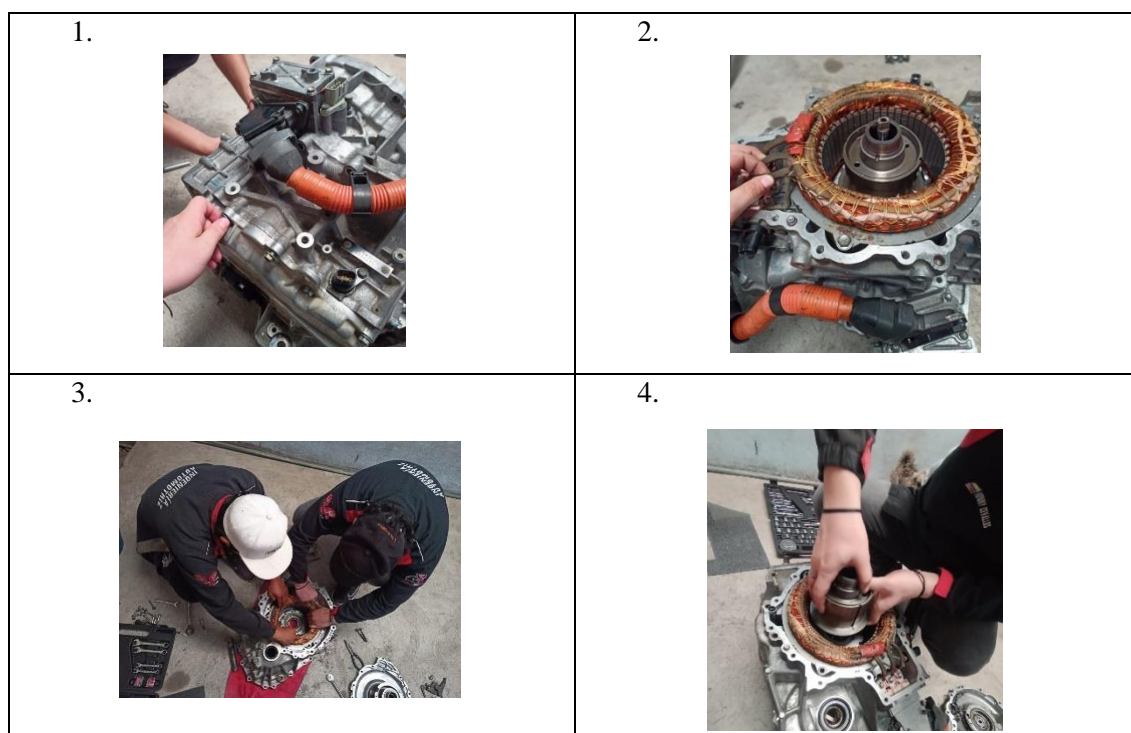
4.3.1 Desmontaje de motores generadores

Se realizó el desmontaje de los motores generadores MG1 y MG2 que se encontraban ubicados dentro del transeje, así como el conjunto planetario que va directo a la transmisión del vehículo como se ilustra en la **Figura 4.11**.



Figura 4.11 Transeje Toyota Highlander

Para realizar el desmontaje se siguió el siguiente procedimiento:



1. Se deben aflojar los pernos que aseguran la tapa inferior del transeje en donde se encuentra el MG1, de lo debe hacer con una racha y un acople a la llave número 10.
2. Una vez retirada la cubierta, se puede observar el MG1 aun conectado al transeje, se debe desconectar cualquier sujetador o cable que estén conectados al motor.
3. Al momento de extraerlo, es fundamental sujetarlo por los costados y tomar precauciones para evitar posibles cortes, ya que en su interior hay superficies afiladas. Se levanta cuidadosamente alternando de un lado a otro para garantizar que no se desplace de un solo lado, evitando que quede atascado de un lado mientras el otro permanece ajustado.
4. Dentro del transeje también se encuentra el conjunto planetario que está conectado directamente a la transmisión del vehículo, se lo debe extraer con cuidado teniendo en cuenta que existen conjuntos de rodamientos y engranajes.
5. El proceso de extracción del MG2 se realizó utilizando el mismo procedimiento que se utilizó previamente para extraer el MG1. Es esencial destacar que, debido a su mayor tamaño, se requiere un enfoque igualmente meticuloso y delicado en su manipulación, garantizando así la integridad durante todo el proceso.

4.3.2 Medición de los devanados

Si bien es posible realizar mediciones con un multímetro, estas no ofrecen un análisis verdadero del estado de la bobina. Esto se debe a que las bobinas están conectadas en configuración estrella y, si se rompieran, seguirían mostrando continuidad en la medición. En la **Tabla 4.10** se muestra el resultado de las medidas realizadas en los bobinados de los motores generadores, siguiendo la configuración de conexión entre los cables trifásicos de entrada de voltaje, cabe recalcar que el valor referencial no es un valor fijo exactamente.

Tabla 4.10 Continuidad de los motores generadores

Conexión	U-V	V-W	W-U
MG1	52.9 mΩ	60.2 mΩ	52.9 mΩ
MG2	59.5 mΩ	56.8 mΩ	59.5 mΩ

La conexión entre la masa (GND) y los terminales A, B y C se establece a través de un circuito equivalente que comprende un capacitor y una resistencia, el cual representa la equivalencia de un bobinado.



Figura 4.12 Cableado trifásico

Medimos la primera bobina con la segunda, la segunda con la tercera y finalmente la tercera con la primera, la forma en cómo se realizó esta medición se puede observar en la **Figura 4.13**, en caso de daño no se puede obtener una lectura real.



Figura 4.13 Medición de bobinados

4.4 Construcción del módulo para equipos de estudio

La estructura principal se ha elaborado mediante el uso de un tubo cuadrado de hierro con dimensiones de 20 mm de lado y un espesor de 2 mm, conforme a la Norma ASTM A-500. Dicha estructura está recubierta con planchas de acero galvanizado de 1.22 x 2.44 m.

Dimensiones			Área		Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³	
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77	
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74	
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72	
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97	
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95	
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92	
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18	
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15	
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13	
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25	
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56	
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54	
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52	
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97	
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94	
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91	
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39	
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34	
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97	
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92	
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87	
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99	
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94	
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89	
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84	

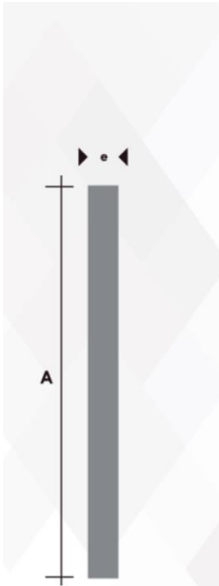
Figura 4.14 Características del tubo cuadrado

Fuente: (S.A., 2023)

El módulo en cuestión tiene dimensiones de 1 m x 90 cm y cuenta con 6 espacios designados para diferentes equipos. Estos espacios incluyen uno para la caja de herramientas, con dimensiones de 62.5 cm de ancho, 64 cm de largo y 13 cm de alto.

Otros compartimentos están destinados: al P.R.A (62.5 cm x 30 cm x 13 cm), Batería HV (62.5 cm x 46.2 cm x 25 cm), Bobinados del Trans-Eje (62.5 cm x 46.2 cm x 25 cm), Sistema Planetario (62.5 cm x 46.2 cm x 42 cm) y el Inversor (62.5 cm x 46.2 cm x 42 cm).

La construcción de la estructura se llevó a cabo mediante soldadura eléctrica utilizando material de aporte E6011. Para facilitar la movilidad de los equipos, se incorporaron ruedas de acero, dado el peso considerable de los mismos. Además, se instalaron platinas de 2.5 cm x 3 mm como soportes para las correderas de los cajones, proporcionando estabilidad y resistencia estructural.



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	A	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00

Figura 4.15 Perfiles laminados platinas

Fuente: (S.A., 2023)

Con el objetivo de proteger los equipos y facilitar su manipulación, se colocaron alfombras plásticas en el interior de cada cajón y en la parte superior del módulo. Este diseño técnico asegura una estructura robusta y funcional para el almacenamiento y estudio de los equipos mencionados.

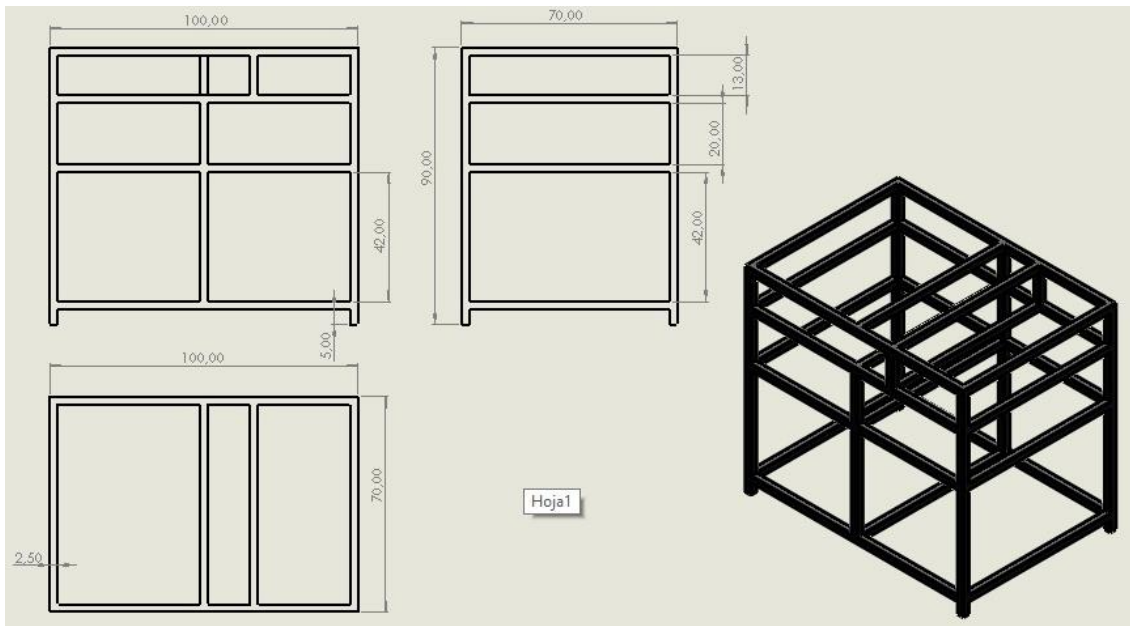


Figura 4.16 Esquema de la estructura del módulo

El módulo para el almacenamiento, estudio y manipulación de los equipos ya estudiados anteriormente tiene como presentación final ilustrado en la figura siguiente:



Figura 4.17 Modelo final del módulo didáctico

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Después de realizar el escaneo inicial al vehículo, se detectó una variación de voltaje en los módulos 9 y 10 del bloque 1 y 3, evidenciada por el código P0A80. Este código indica una discrepancia de voltaje entre bloques de 0,9V en el bloque 1 y 0,6V en el bloque 3. Es crucial señalar que, según los estándares, para que se genere un DTC, la variación no debe exceder los 0,3V. Esta variación se atribuye a diversos factores, como el aumento de la temperatura causado por una deficiente disipación de calor debido al mal funcionamiento de los ventiladores. El rango operativo recomendado para estos ventiladores es de -75 a 155°C (-103 a 311°F). Además, las baterías, compuestas de níquel-hidruro metálico (NiMH), operan en un intervalo de temperaturas de -20 a 40°C, lo que contribuye al deterioro general de la salud de la batería. Para abordar esta problemática y eliminar el DTC, se llevó a cabo una descarga completa y una recarga de la batería. Este procedimiento permitió nivelar las celdas de cada bloque, garantizando que el valor de voltaje en todas fuera uniforme. El resultado obtenido fue de 10,3V, logrando así la resolución efectiva de la avería.

Analizados los valores del P.R.A (Power Relay Assembly), compuesto por un conjunto de tres relés, se determinó que la resistencia para SMR2 y SMR3 es de 26.6 Ω , encontrándose dentro del rango de referencia. Sin embargo, la resistencia para SMR1 es notablemente baja, indicando un corto circuito que impide el cierre del circuito con SMR3. En consecuencia, se recomienda sustituir el relé defectuoso o, en casos extremos, considerar el reemplazo completo del P.R.A. Cuando se perciben tres clics en el vehículo, el primer clic corresponde al cierre de SMR3, asociado al polo negativo. El segundo clic indica el cierre de SMR1, el cual se realiza mediante una resistencia de 30.2 Ω . Este cierre actúa como una medida de seguridad, absorbiendo cualquier cortocircuito o aumento abrupto de voltaje, evitando la activación de la función "READY" en el tablero y, por ende, impidiendo el encendido del vehículo. En el caso de que SMR1 cierre correctamente, se levanta el contacto y se cierra SMR2, completando así el ciclo de manera apropiada y permitiendo que la energía fluya hacia el inversor.

Durante el proceso de diagnóstico del inversor, es crucial considerar que, al tratarse de un dispositivo con componentes electrónicos, realizar un análisis exhaustivo puede resultar limitado. Por esta razón, nos enfocamos en la medición de transistores de potencia, específicamente los de alta y baja tensión en la placa del convertidor DC/DC. En el caso de los transistores de alta tensión, que están configurados en serie, la medición se llevó a cabo en los pines 1 y 3. El valor obtenido para los cuatro transistores fue de 13.3Ω , situándose dentro del rango de referencia y confirmando que los transistores se encuentran en óptimo estado. En cuanto a los diodos, la medición se efectuó en los pines 1 y 2, considerando su naturaleza térmica, la cual implica que no poseen una resistencia fija. Esta varía conforme a la temperatura, oscilando entre -55°C y 150°C . A temperatura ambiente, la resistencia registrada fue de 133.8Ω , mientras que, a 30°C , descendió a 126.5Ω . Este resultado nos impulsó a realizar una prueba con el objetivo de confirmar la integridad del convertidor DC/DC. Ejecutamos una prueba de alimentación utilizando un alimentador de 12V , el cual suministramos en la salida del transformador. Al verificar el voltaje en la entrada de corriente de la batería de 12V , confirmamos que el mismo voltaje estaba llegando, lo que lleva a la conclusión de que los transistores de alta tensión, transformadores y diodos del convertidor DC/DC se encuentran en perfecto estado.

Después de realizar la medición de las fases de los motores generadores (MGs), se determinó que la resistencia de los cables se encuentra en condiciones de operación, dentro del rango de referencia de 30 a $60 \text{ m}\Omega$. Posteriormente, se obtuvieron los valores de las fases tanto para MG1 como para MG2: la resistencia en la fase U-V es de $39.7 \text{ m}\Omega$, $55.1 \text{ m}\Omega$, en la fase V-W es de $36.9 \text{ m}\Omega$, $53.7 \text{ m}\Omega$ y en la fase W-U es de $36.2 \text{ m}\Omega$, $53.5 \text{ m}\Omega$. Estos resultados respaldan que las fases de entrada de MG1 y MG2 operan adecuadamente con voltajes de 245V y 288V respectivamente, mientras que la fase de elevación de tensión alcanza los 750V . Además, el voltaje de salida varía según el funcionamiento de los motores durante su operación.

5.2 Recomendaciones

En el proceso de diagnóstico de las celdas del paquete de batería, es crucial verificar la homogeneidad de su tensión para que no afecte la capacidad. En caso de disparidades, se sugiere llevar a cabo una redistribución, trasladando las celdas centrales hacia los extremos y viceversa. Este procedimiento busca garantizar un desgaste uniforme y, en consecuencia, potenciar la durabilidad integral del conjunto.

Durante la ejecución del procedimiento de nivelación de celdas, se recomienda verificar que los polos se encuentren en una posición paralela. Esta precaución se fundamenta en la posibilidad de que un uso indebido del dispositivo empleado pueda resultar en daños y cortocircuitos que afecten la integridad de todas las celdas, conduciendo al deterioro del conjunto.

Con el fin de optimizar la vida útil del inversor de manera eficaz, se recomienda realizar una limpieza exhaustiva de su superficie externa. Esta precaución se fundamenta en la susceptibilidad del inversor a la entrada de partículas en sus circuitos, incrementando así el riesgo de posibles averías.

Con el propósito de asegurar lecturas precisas en la evaluación de los motores generadores, se aconseja la utilización de un megóhmetro. Este dispositivo facilita mediciones precisas de la continuidad y tiene la capacidad de identificar potenciales problemas de aislamiento deficiente entre los devanados. Esto se traduce en la prevención de fugas y asegura un funcionamiento sin inconvenientes en la recepción de corriente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bai, S., & Liu, C. (2021). Overview of energy harvesting and emission reduction technologies in hybrid electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147(April), 111188. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111188>
2. Cammalleri, M., & Castellano, A. (2021). Analysis of hybrid vehicle transmissions with any number of modes and planetary gearing: kinematics, power flows, mechanical power losses. *Mechanism and Machine Theory*, 162, 104350. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2021.104350>
3. Camarillo, D. (2018). Vehículo híbrido. *Conuee*, 1–4.
4. *Comparativa ambiental entre diferentes alternativas de vehículos*. (2020). www.ingurumena.eus
5. Dižo, J., Blatnický, M., Semenov, S., Mikhailov, E., Kostrzewski, M., Drozdziel, P., & Štastniak, P. (2021). Electric and plug-in hybrid vehicles and their infrastructure in a particular European region. *Transportation Research Procedia*, 55, 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.029>
6. Dong, F., Feng, Y. K., Wang, Z. M., & Ni, J. (2019). Effects on thermal performance enhancement of pin-fin structures for insulated gate bipolar transistor (IGBT) cooling in high voltage heater system. *International Journal of Thermal Sciences*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.106106>

7. El-Shahat, A., Hunter, A., Rahman, M., & Wu, Y. (2019). Ultra-high speed switched reluctance motor-generator for turbocharger applications. *Energy Procedia*, 162, 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.04.037>
8. *HYBRID ELECTRIC VEHICLES*. (pag. 199-200).
9. Rajani, B., & Kommula, B. N. (2020). A decisive evaluation of series connected-hybrid modulated inverter for EV applications. *Materials Today: Proceedings*, 37(Part 2), 2196–2206. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.653>
10. Regional Villa María, F., & Joaquín Matías, M. (2018). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL VEHÍCULO HÍBRIDO ENCHUFABLE*.
11. Sarvaiya, S., Ganesh, S., & Xu, B. (2021). Comparative analysis of hybrid vehicle energy management strategies with optimization of fuel economy and battery life. *Energy*, 228, 120604. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120604>
12. Shanu, P. N., & Senthilkumar, S. (2021). Performance optimization of mild hybrid passenger vehicle by dual control strategy for city driving cycle. *Energy*, 214, 118953. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118953>
13. Vijayalakshmi, S., Raj, L. H. T., Palaniyappan, S., & Rajkumar, A. (2021). A review on multilevel H-Bridge cascaded inductor less hybrid inverter for Electric vehicles with PWM control. *Materials Today: Proceedings*, 45, 1644–1650. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.477>

14. Wang, W., Fu, R., & Fan, Y. (2018). Electromagnetic Parameters Matching of Permanent Magnet Synchronous Motor for Hybrid Electric Vehicles. *IFAC-PapersOnLine*, 51(31), 407–414. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.083>
15. Wang, Y., Biswas, A., Rodriguez, R., Keshavarz-Motamed, Z., & Emadi, A. (2022). Hybrid electric vehicle specific engines: State-of-the-art review. *Energy Reports*, 8, 832–851. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.265>
16. Wang, Y., Wang, X., Sun, Y., & You, S. (2018). Model predictive control strategy for energy optimization of series-parallel hybrid electric vehicle. *Journal of Cleaner Production*, 199, 348–358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.191>
17. Wei, D., He, H., & Cao, J. (2020). Hybrid electric vehicle electric motors for optimum energy efficiency: A computationally efficient design. *Energy*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117779>
18. Yong Qiang, Z., YueQiang, W., & Yuan, S. H. (2018). Energy Management of Low Voltage Power Supply of Plug-in Hybrid Electric Vehicle. *IFAC PapersOnLine*, 51(31), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.001>
19. Zhou, Q., & Du, C. (2021). A quantitative analysis of model predictive control as energy management strategy for hybrid electric vehicles: A review. *Energy Reports*, 7, 6733–6755. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.09.119>
20. Ahmed, A., Yelamali, P., & Udayakumar, R. (2020). Modelling and simulation of hybrid technology in vehicles. *Energy Reports*, 6, 589–594. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.123>

21. Anselma, P. G., Biswas, A., Belingardi, G., & Emadi, A. (2020a). Rapid assessment of the fuel economy capability of parallel and series-parallel hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115319>
22. Anselma, P. G., Biswas, A., Belingardi, G., & Emadi, A. (2020b). Rapid assessment of the fuel economy capability of parallel and series-parallel hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115319>
23. Arribas, J. R., & Lafoz, M. (2009). La tecnología de los motores eléctricos en vehículos. Monografía: “Vehículos híbridos y eléctricos.”
24. Autor, M., & Ullán, P. W. (2020). *Vehículos híbridos. Pasado, presente y futuro. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.*
25. Basantes, C., & Lisseth, N. (2019). Departamento de ciencias de la energía y mecánica. *Universidad Para Las Fuerzas Armadas Innovacion Para La 100xcelencia, 1*, 194.
26. Basque EcoDesign Center. (2019). *Comparativa Ambiental Entre Diferentes Alternativas de Vehículo. 107*, 500.
27. Bou Nader, W. (2020). Thermoelectric generator optimization for hybrid electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114761>

28. Cardoso, D. S., Fael, P. O., & Espírito-Santo, A. (2020). A review of micro and mild hybrid systems. *Energy Reports*, 6, 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.077>
29. *Ciclo_Atkinson-1*. (2020).
30. Consortium, I. (2009). *Manejo seguro de componentes eléctricos de alta tensión en vehículos eléctricos al final de su vida útil*.
31. Coulibaly, A., Zioui, N., Bentouba, S., Kelouwani, S., & Bourouis, M. (2021). Use of thermoelectric generators to harvest energy from motor vehicle brake discs. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101379>
32. *Híbrido Modelo del año 2010 3ª generación*. (2009). <http://techinfo.toyota.com>.
33. Jurado, V. (2016). *Análisis Del Sistema Inversor De Un Vehículo Híbrido, Toyota Prius*.
34. Luis, J., & Saquicela, S. (2019). *Gestión energética de vehículos híbridos usando control predictivo económico*. <http://www.tdx.cat/?locale->
35. Murillo Ramos, P. D. (2014). *Construcción de un Equipo de Diagnóstico y Carga para Mantenimiento de Baterías de Autos Híbridos*. 137.
36. Scarabelot, L. T., Rambo, C. R., & Rampinelli, G. A. (2018). A relative power-based adaptive hybrid model for DC/AC average inverter efficiency of photovoltaics systems.

In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 92, pp. 470–477). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.099>

37. UICoRte, P. (2021). *A Look Inside How Toyota Inverters Work and Diagnosing Failures*.

*UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA
 MECÁNICA AUTOMOTRIZ.*

38. Verma, S., Mishra, S., Gaur, A., Chowdhury, S., Mohapatra, S., Dwivedi, G., & Verma, P. (2021). A comprehensive review on energy storage in hybrid electric vehicle. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(5), 621–637.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.09.001>

39. Wippermann, A., Gutowski, T. G., Denkena, B., Dittrich, M. A., & Wessargues, Y. (2020). Electrical energy and material efficiency analysis of machining, additive and hybrid manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 251.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119731>

40. Zelaya, O. A., Asesorado, M., Álvaro, I., & Pinzón, A. Á. (2006). *Análisis General De Los Vehículos Híbridos Y Su Funcionamiento*.

41. CISE Electrónica. (2011). *Electrónica baterías autos Híbridos*. Buenos aires: CISE.
 Retrieved From CLSE.

42. SciElo. (2020). *SciElo*. Obtenido de
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200008#:~:text=Por%20ejemplo%2C%20en%20un%20estudio,veh%C3%Adculos%20convencionales%20\(Jalil%20et%20al](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200008#:~:text=Por%20ejemplo%2C%20en%20un%20estudio,veh%C3%Adculos%20convencionales%20(Jalil%20et%20al)

43. AutoAvance. (2019). *AutoAvance*. Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/autos-hibridos-electricos/carro-hibrido-que-es-como-funciona/>
44. ELECTRONICS, T. (2019). TAAET ELECTRONICS. Obtenido de <https://www.taaet.com.app.exur.com/news-taaet-blog/bateria-hibrida-hv-toyota-prius-modelo-sedan>
45. EL UNIVERSO. (30 de junio de 2017). Tres marcas lideran ventas de híbridos. Recuperado el 19 de 10 de 2017, de <http://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/30/nota/6255403/tres-marcaslideran-ventas-hibridos>
46. Crash, A. (9 de Noviembre de 2018). *Revista AutoCrash*. Obtenido de Así es la intervención en vehículos eléctricos e híbridos: <https://www.revistaautocrash.com/asi-es-la-intervencion-en-vehiculos-electricos-e-hibridos/>
47. Obtención, L. A., De, D. T., Mecánico, I., Iván, E., Morales, C., & Mayorga, I. A. (2013). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIÓ A.*
48. Hernández E., Oña Raul., “ELABORACION DE UN MODULO DIDACTICO PARA LA ENSEÑANZA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LA BATERIA DE 220V, BASADO EN EL T PRIUS AUTOR (ES): OÑA PUGA RAUL ALEJADRO OYOTA RUEDA ERIK PAUL HERNANDEZ 125 “. (2012).
49. Vladimir, J., & Zapata, E. (n.d.). *Universidad tecnológica equinoccial facultad de ciencias de la ingeniería carrera de ingeniería automotriz análisis del funcionamiento de una batería híbrida de un vehículo Toyota Prius con una guía de estudio trabajo previo a la obtención del título de ingeniero automotriz.*

50. Alternative Fuel Data Center. [Afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work](https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work). Accessed on Nov 17, 2021
51. Alfonso Martínez Gutiérrez, J. (2009.). VEHÍCULO ELÉCTRICO: ANALISIS Y PROSPECTIVA DE FACTORES TECNOLÓGICOS Y ECONÓMICOS.
52. Gerardo I. Pelafox,. (2009). Diseño y construcción de un vehículo eléctrico con ventilador de velocidad mediante un convertidor CD-CD. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
53. Armando Donado. (2021). *Principales Funciones del Multímetro Automotriz*. AutoSoporte.
54. Toyota. (2010). Toyota Prius Repair Manual. <https://doi.org/10.1109/leoswt.2008.4444364>
55. Cise Electronics. (2023). Toyota TechStream. http://www.cise.com/portal/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&category_id=11&product_id=68&vmchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=54
56. Velez B & Caiza O. (2017). “INVESTIGACIÓN DEL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL GRUPO INVERSOR – PROPULSOR DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS”.
57. Toyota Motor Corporation. (2010). Hybrid Control System Details Manual. Japón: Toyota.

58. Toyota Motor Corporation. (2010). Highlander Hybrid Product Information Manual. San Francisco-California: Toyota.
59. Toyota Motor Corporation. (2010). Manual de reparación Highlander. Japón: Toyota.
60. Universidad Politecnica Salesiana. (2013). Manual de operaciones, Accionamiento híbrido en el automóvil. Cuenca: UPS.
61. Automotive Engineers, S. (2022). *By Authority Of THE UNITED STATES OF AMERICA Legally Binding Document.*
62. *Gasoline-Electric Hybrid Synergy Drive Revised MHU48/GVU48 Series.* (2011).
63. *Guantes de Protección FICHA TÉCNICA Protección de Manos.* (2013.).
64. Fernando Augeri, P. (2023.). *HIBRIDOS I: “Introducción al funcionamiento y diagnóstico de Vehículos Híbridos I.”* <http://www.cise.com>
65. S.A., M. (2023). DIPAC. Obtenido de Productos de Acero: <https://dipacmanta.com/producto/perfiles/perfiles-laminados/platinas/>

66. BOSCH, R. (30 de Diciembre de 2021). BOSCH. Obtenido de BOSCH INVENTED FOR LIFE: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/powertrain/hybrid/high-voltage-hybrid-systems/>
67. QuirónPrevención. (2020). QuirónPrevención. Obtenido de <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/coches-electricos-hibridos-prevencion-nuevos-riesgos-labora>

ANEXOS

Anexo 1 Guía de prácticas de la batería híbrida



1.- TEMA DE LA PRÁCTICA

Desarrollo de metodología de diagnóstico de la batería de alta tensión.

2.- DATOS INFORMATIVOS

# Práctica:	Semestre:	Período Académico:	Laboratorio/Taller:	
Docente:		Fecha de Ejecución:	Fecha de Entrega:	
Estudiantes:				

3.- OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

- Desarrollar una guía de diagnóstico de la batería de alta tensión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y reconocer cada componente de la batería híbrida.
- Analizar e interpretar los datos mostrados por los equipos.
- Comprender el funcionamiento de la batería híbrida.

4.- EQUIPO REQUERIDO

- Multímetro categoría III CRAFTSMAN

- Scanner Toyota TECHSTREAM
- Equipos de carga, descarga y nivelación de celdas

5.- MARCO TEÓRICO

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Las baterías en un auto híbrido son la fuente de energía del motor eléctrico. A diferencia de la gasolina en el tanque de combustible, que solo puede proveer de energía al motor a gasolina, el motor eléctrico en el auto híbrido puede suministrar energía a las baterías, así como obtenerla de estas. El problema es su peso; para 100 km. De autonomía, el peso está entre 200 y 300 kg. La batería de alta tensión es de níquel e hidruro metálico, esta batería sólo se recarga con el generador, al que impulsa el motor térmico. No tiene ningún tipo de conexión para conectarla a una red o a otro dispositivo de carga (Sarvaiya et al., 2021).



Batería Híbrida Toyota Highlander

MULTÍMETRO CAT III

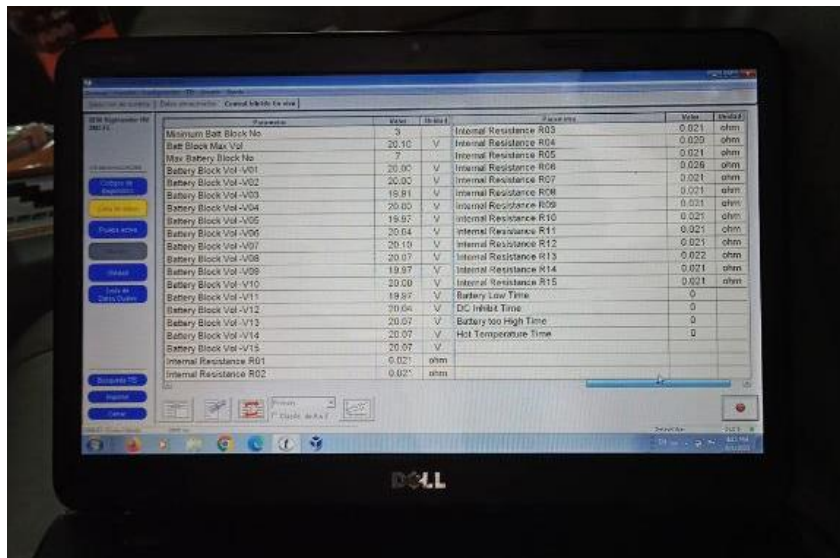
La categoría 3 indica que el multímetro es capaz de manejar corrientes de hasta 1.000 voltios de transitorios de corta duración, lo que lo hace adecuado para la mayoría de las aplicaciones en vehículos. Además de las funciones básicas de medición, los multímetros automotrices de categoría 3 también pueden medir la frecuencia, la temperatura y realizar pruebas de continuidad y diodo. Son herramientas esenciales para el diagnóstico y la reparación de sistemas eléctricos y electrónicos en automóviles y otros vehículos motorizados (Armando Donado, 2021).



Multímetro clase III

ESCÁNER TOYOTA TECHSTREAM

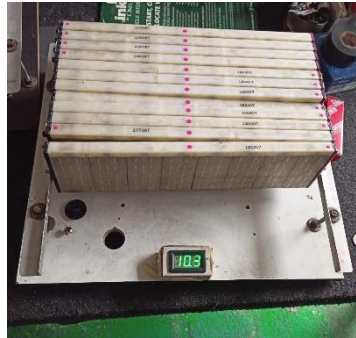
El Toyota TechStream es un escáner de diagnóstico utilizado específicamente para vehículos Toyota, Lexus y Scion. Es una herramienta de diagnóstico basada en software que se utiliza para comunicarse con los sistemas electrónicos de los vehículos y obtener información detallada sobre su rendimiento y estado (Cise Electronics, 2023). Este software se conecta al vehículo a través de un cable OBD-II (On-Board Diagnostic) que se conecta al puerto de diagnóstico ubicado en el vehículo. Una vez conectado, el escáner puede acceder a una amplia gama de funciones de diagnóstico y realizar pruebas en los diferentes sistemas del vehículo.



Escáner Toyota TechStream

DISPOSITIVO NIVELACION DE CELDAS

Para nivelar las celdas, estas se colocan en paralelo en un dispositivo que está conformado de dos barras de aluminio y un voltímetro que refleja al instante el valor del voltaje, luego se dejan conectadas durante al menos 4 horas o para el día siguiente. Esto permite que las celdas se igualen en voltaje. Después de este período de tiempo, todas las celdas presentan el mismo voltaje, ya que las celdas con un voltaje más alto se nivelan hacia abajo y las celdas con un voltaje más bajo se nivelan hacia arriba.



Dispositivo de nivelación

6.- PROCEDIMIENTO

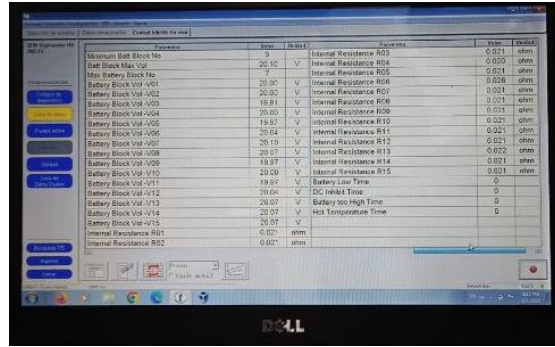
Uso del Escáner

Para realizar un escaneado preliminar se debe conectar al OBD-II del vehículo en contacto, y se conecta a un ordenador. El programa utilizado para llevar a cabo esto se llama Toyota TechStream.



Una vez conectado el vehículo al ordenador se mostrará automáticamente la división, modelo, año y motor debido a que este tipo de scanner es diseñado para Toyota.

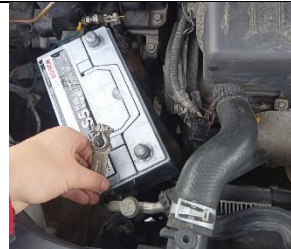
Luego, seleccionamos la opción de verificación de salud, lo que nos llevará al menú de selección de sistemas. Para esta investigación en particular, debemos elegir el Control Híbrido como sistema objetivo.



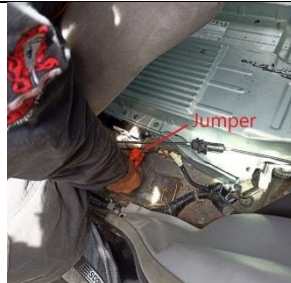
Parameter	Value	Unit	Limit	Account	Unit	Limit
Maximum Batt. Block No.	9			Internal Resistance R03	0.021	ohm
Batt. Block Max. Vol.	20.70	V		Internal Resistance R06	0.020	ohm
New Battery Block No.	7			Internal Resistance R05	0.021	ohm
Battery Block Vol. V01	20.30	V		Internal Resistance R08	0.026	ohm
Battery Block Vol. V02	20.92	V		Internal Resistance R07	0.021	ohm
Battery Block Vol. V03	19.81	V		Internal Resistance R08	0.021	ohm
Battery Block Vol. V04	20.05	V		Internal Resistance R06	0.021	ohm
Battery Block Vol. V05	19.87	V		Internal Resistance R10	0.021	ohm
Battery Block Vol. V06	20.64	V		Internal Resistance R11	0.021	ohm
Battery Block Vol. V07	20.18	V		Internal Resistance R12	0.021	ohm
Battery Block Vol. V08	20.37	V		Internal Resistance R13	0.022	ohm
Battery Block Vol. V09	19.87	V		Internal Resistance R14	0.021	ohm
Battery Block Vol. V10	20.08	V		Internal Resistance R15	0.021	ohm
Battery Block Vol. V11	19.87	V		Battery Low Time	0	
Battery Block Vol. V12	20.04	V		DC InHk Time	0	
Battery Block Vol. V13	20.07	V		Battery too High Time	0	
Battery Block Vol. V14	20.07	V		HCl Temperature Time	0	
Battery Block Vol. V15	20.04	V				
Internal Resistance R01	0.021	ohm				
Internal Resistance R02	0.021	ohm				

Desmontaje de la batería híbrida

Desconectar la batería auxiliar de 12 voltios y espera al menos 10 minutos antes de proceder.



Desconectar el jumper corta la conexión en serie de todos los módulos de la batería y es importante guardarlo personalmente para evitar que alguien más lo instale mientras se realizan trabajos en alguno de los sistemas.



Ubicar la batería sobre una superficie de trabajo de plástico, ya que este material es aislante y prevendrá cualquier posible energización en caso de que se produzca una fuga de corriente.



Diagnóstico de celdas

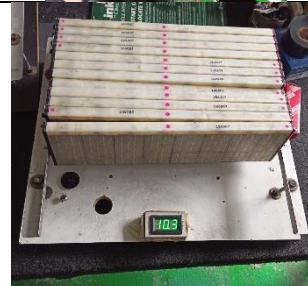
Primero medimos la tensión total del paquete de la batería y verificar el valor que nos suministra la batería y analizar en que rango se encuentra (Nominal-Máximo).



Luego medimos individual cada celda de la baterías para verificar si existe variación entre celdas de los bloques y con eso dar paso a la nivelación, rotación o al reemplazo de la celda.

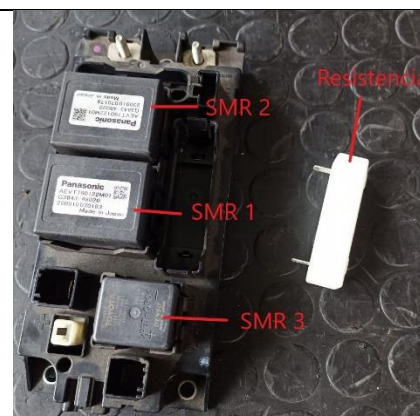


En caso de que exista variación tensión entre celdas mayor a 0.5 V, se procede a la nivelación de cada celda en circuito paralelo en un dispositivo que consta de dos barras de aluminio y un voltímetro.

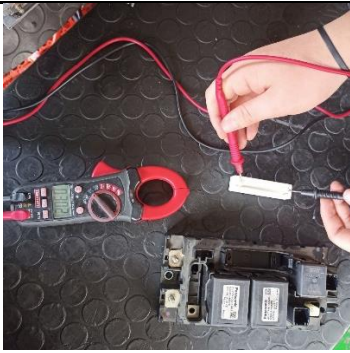
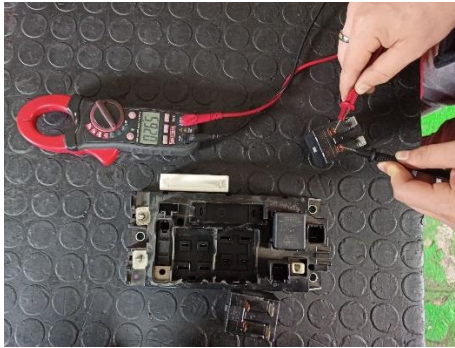


Medición del Módulo P.R.A

Primero para realizar la medición de la resistencia y los relés del P.R.A se deben extraer con cuidado cada uno, haciendo a un lado las binchas de seguridad de cada ranura, después con ayuda del multímetro se configura para medir resistencia.



Para llevar a cabo la medición de la resistencia utilizamos multímetro, en la configuración de resistencia “Ω”,

<p>luego se colocan los cables rojo y negro en cualquiera de los conectores de la resistencia.</p>	
<p>En la medición de los relés, se lo realiza de la misma manera que la resistencia, pero en este caso observamos que existen 4 conectores, dos de ellos conducen la corriente, teniendo un polo positivo y otro negativo y, los otros dos son de resistencia, estos últimos mencionados se diferencian por tener un color más oscuro, en este caso marrones</p>	

7.- CONCLUSIONES

- El diagnóstico de la batería de alta tensión es crucial para asegurar un rendimiento óptimo del vehículo y garantizar la seguridad tanto del conductor como de los pasajeros. Un diagnóstico preciso permite identificar cualquier problema o fallo en la batería y tomar las medidas adecuadas para solucionarlo.
- Al diagnosticar la batería de alta tensión se puede tener un impacto significativo en su vida útil. Identificar y abordar de manera oportuna cualquier problema o desgaste en la batería puede ayudar a prolongar su vida útil, evitando fallos inesperados y costosas reparaciones o reemplazos prematuros.
- Con el avance de la tecnología automotriz, se han desarrollado nuevas herramientas y técnicas de diagnóstico para mejorar la precisión y eficiencia en la evaluación de la batería de alta tensión. Estas herramientas incluyen escáneres de diagnóstico especializados y software específico que permiten a

los técnicos obtener información detallada sobre el estado de la batería y diagnosticar cualquier problema de manera más rápida y precisa.

8.- RECOMENDACIONES

- Es esencial considerar que las baterías híbridas requieren un mantenimiento regular con el objetivo de prolongar su vida útil.
- Durante el diagnóstico de las celdas del paquete de batería, es importante verificar que todas ellas posean una capacidad igual. En caso contrario, se recomienda realizar una rotación de las celdas ubicadas en el centro hacia los extremos, y viceversa, con el fin de lograr un desgaste uniforme y, por consiguiente, aumentar la durabilidad del conjunto.
- Cuando se lleve a cabo el proceso de nivelación de celdas, se sugiere comprobar que los polos estén en una posición paralela. Esto se debe a que el uso incorrecto del dispositivo utilizado podría ocasionar daños y cortocircuitos en todas las celdas, provocando así su deterioro.

9.- PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la función principal de la batería de alta tensión en un HV?

La función principal de una batería de alta tensión es proporcionar la energía eléctrica necesaria para alimentar el motor eléctrico o motores eléctricos del vehículo.

2. ¿Qué voltaje nominal tiene la batería de alta tensión de un HV?

El voltaje nominal de la batería de alta tensión suele estar en el rango de 300 a 400 voltios dependiendo del modelo del vehículo o el fabricante de baterías.

3. ¿Cuáles son algunos síntomas comunes de una batería de alta tensión defectuosa en un HV?

Algunos de los síntomas mas comunes para darse cuenta que el problema es originario de la batería hibrida son los siguientes:

- Disminución en el rendimiento de la aceleración
- Reducción de la autonomía
- Luces de advertencia en el tablero (“READY”)
- Mayor consumo de combustible
- Recarga lenta o incapacidad para recargar
- Ruidos inusuales
- Temperatura excesiva
- Reducción en la capacidad de almacenamiento de energía

4. ¿Cuál es el procedimiento recomendado para diagnosticar la batería de alta tensión en un HV?

Para realizar un diagnóstico a una batería se debe realizar el siguiente procedimiento:

- **Escaneo del sistema:** Esto ayudará a identificar códigos de error y problemas específicos relacionados con la batería.
- **Pruebas de voltaje:** Mida el voltaje de la batería de alta tensión con un voltímetro de alta tensión para asegurarse de que esté dentro de los parámetros normales
- **Medición de resistencias:** Estas nos ayudan a determinar su capacidad

5. ¿Qué herramientas o equipos son necesarios para realizar un diagnóstico preciso de la batería de alta tensión en un HV?

Para realizar un buen diagnóstico a una batería de alta tensión se debe tener en cuenta los equipos de protección personal tales como guantes dieléctricos, gafas protectoras, botas dieléctricas, y dentro de los equipos de medición el multímetro es indispensable, cabe recalcar que debe ser de la categoría III ya que este soporta altos niveles de corriente.

6. ¿Cuáles son los indicadores en el tablero que podrían indicar un problema con la batería de alta tensión en un HV?

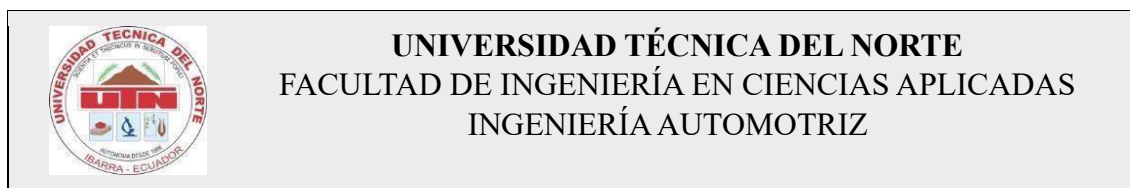
Los indicadores que se muestran en el tablero cuando existe algún problema de la batería de alta tensión es el “READY”, este testigo se enciende cuando la computadora no capta la señal de corriente.

7. ¿Cuál es la vida útil típica de una batería de alta tensión en un HV y cuándo se recomienda su reemplazo preventivo?

La vida útil de la batería no suele ser un límite abrupto en el que la batería deja de funcionar por completo. En su lugar, la capacidad de la batería disminuirá gradualmente con el tiempo y el uso. A medida que la capacidad de la batería se reduce, es posible que note una disminución en la autonomía eléctrica y un aumento en el uso del motor de combustión.

En cuanto al reemplazo preventivo, no es necesario reemplazar la batería de alta tensión en un HV de manera sistemática a menos que haya un motivo específico. En cambio, se recomienda evaluar la batería regularmente mediante pruebas y diagnósticos. Algunas de las razones para considerar el reemplazo de la batería pueden incluir:

- Pérdida significativa de capacidad
- Fallas o códigos de error persistentes
- Problemas de seguridad

Anexo 2 Guía de prácticas del inversor**1.- TEMA DE LA PRÁCTICA**

Desarrollo de metodología de diagnóstico de Inversor

2.- DATOS INFORMATIVOS

# Práctica:	Semestre:	Período Académico:	Laboratorio/Taller:
Docente:		Fecha de Ejecución:	Fecha de Entrega:
Estudiantes:			

3.- OBJETIVOS**OBJETIVOS GENERAL**

- Desarrollar una guía de diagnóstico del inversor

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y reconocer cada componente del inversor
- Analizar e interpretar los datos mostrados por los equipos.
- Comprender el funcionamiento del inversor

4.- EQUIPO REQUERIDO

- Multímetro categoría III CRAFTSMAN
- Scanner Automotriz

5.- MARCO TEÓRICO

INVERSOR

Se encarga de transformar la corriente continua de la batería de alto voltaje en corriente continua en alterna o viceversa para el funcionamiento de alimentación de los motores generadores en la transmisión delantera y trasera, este sistema inversor es controlado por la unidad de control (ECU) (Vijayalakshmi et al., 2021).



Inversor

MULTÍMETRO CAT III

La categoría 3 indica que el multímetro es capaz de manejar corrientes de hasta 1.000 voltios de transitorios de corta duración, lo que lo hace adecuado para la mayoría de las aplicaciones en vehículos. Además de las funciones básicas de medición, los multímetros automotrices de categoría 3 también pueden medir la frecuencia, la temperatura y realizar pruebas de continuidad y diodo. Son herramientas esenciales para el diagnóstico y la reparación de sistemas eléctricos y electrónicos en automóviles y otros vehículos motorizados (Armando Donado, 2021).



Multímetro clase III

6.- PROCEDIMIENTO

DESMONTAJE DEL INVERSOR

1. Retirar pernos de la carcasa



2. Identificar componentes como capacitor, modulo y reactor.



3. Retiramos la placa del conversor de DC/DC, para llegar a la placa principal



4. Retirar la resistencia para proceder a medir.



MEDICIÓN DE COMPONENTES

1. **Medición de inversor principal MG1 y MG2.**



2. **Medición de transistores de baja y alta tensión.**

TRANSISTOR	VALOR
1 (Pin 1 y 3)	13.3 Ω
2 (Pin 1 y 3)	13.3 Ω
3 (Pin 1 y 3)	13.3 Ω
4 (Pin 1 y 3)	13.3 Ω

DIAGNÓSTICO DE INVERSOR

Para el diagnóstico del inversor se realizó medición de transistores, resistencias debido que este componente es muy delicado, y los componentes internos no son reemplazables fácilmente, los repuestos de este se venden o se adquieren el conjunto inversor completo.

7.- CONCLUSIONES

- El diagnóstico del inversor es de suma importancia, ya que este componente se asemeja al corazón de un vehículo híbrido. Los elementos internos del inversor no pueden ser sustituidos a menos que se encuentren disponibles en el

concesionario donde se adquirió el vehículo o en un lugar externo. Sin embargo, solo se pueden realizar mediciones en los diodos y resistencias, lo que nos proporciona una idea de posibles deficiencias en el inversor. En caso de que se detecten problemas en estas partes, pueden ser reemplazadas. No obstante, si llega a ser imposible efectuar el reemplazo, será necesario cambiar el inversor en su totalidad.

8.- RECOMENDACIONES

- Es importante considerar la condición del refrigerante y la bomba del inversor, ya que son fundamentales para mantener el inversor funcionando a una temperatura óptima. Dado que el inversor opera con tensiones elevadas, sus componentes internos tienden a calentarse en exceso. Por lo tanto, asegurarse de que el refrigerante y la bomba estén en buen estado es crucial para evitar problemas de sobrecalentamiento.
- Para prolongar la vida útil del inversor de manera eficiente, se aconseja llevar a cabo limpiezas periódicas en su interior. Esto se debe a que el inversor es susceptible a la entrada de partículas en sus circuitos, lo que aumenta el riesgo de averías.
- El inversor al tratarse de un equipo con circuitos en su totalidad es muy propenso a sufrir cortocircuitos al contacto con el agua, se recomienda al momento de llevar a cabo la limpieza del vehículo, se evite en todo momento que el inversor entre en contacto con el agua, ya que esto podría resultar en daños totales al equipo, obligando a su reemplazo completo y generando así un gasto considerable.

9.- PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la función principal del inversor?

La función principal de un inversor en un vehículo híbrido es convertir la corriente continua (DC) almacenada en la batería en corriente alterna (AC) que se necesita para alimentar el motor eléctrico.

2. ¿Qué voltaje nominal debe entrar al inversor?

El voltaje nominal que entra en el inversor de un vehículo híbrido depende del diseño y la configuración específicos del sistema de propulsión híbrida en ese vehículo en particular debido a que los fabricantes pueden utilizar diferentes sistemas de baterías y voltajes.

3. ¿Cuáles son algunos síntomas comunes de un inversor defectuoso en un HV?

Pueden variar dependiendo del modelo y la marca del vehículo híbrido, así como del diseño específico del sistema de propulsión híbrida. Pero entre los más comunes son:

- Pérdida de potencia
- Luces de advertencia en el tablero de instrumentos
- Ruidos inusuales
- Fallos en la regeneración de energía
- Fallos en la transición entre modos de funcionamiento
- Fallos en el arranque.

4. ¿Cuál es el procedimiento recomendado para diagnosticar el inversor en un HV?

Unos procedimientos serian:

- Escaneo de código de falla
- Prueba de funcionamiento
- Inspección visual
- Pruebas eléctricas
- Análisis de datos en un tiempo real
- Pruebas de regeneración de energía
- Pruebas de componentes relacionados
- Diagnostico avanzado
- Documentación de resultados
- Recomendaciones de reparación.

5. ¿Qué herramientas o equipos son necesarios para realizar un diagnóstico preciso en un HV?

Las herramientas y equipos necesarios son:

- Herramienta de escaneo de diagnóstico
- Herramientas de medición eléctrica
- Herramientas de diagnóstico de alto voltaje
- Herramientas de diagnóstico especializadas
- Equipo de elevación y soportes
- Manuales de servicio y documentación técnica
- Herramientas de desmontaje y reparación
- Software de diagnóstico actualizado
- Acceso a datos técnicos en línea
- Equipo de seguridad personal

6. ¿Cómo se pueden identificar posibles problemas en el sistema inversor en un HV?

Algunos síntomas y pasos que pueden ayudar a identificar problemas potenciales en el sistema inversor de un HV:

- Luces de advertencia en el tablero de instrumentos
- Pérdida de potencia o rendimiento deficiente
- Ruidos inusuales
- Tirones o sacudidas durante la conducción
- Dificultades para arrancar o detener el motor eléctrico
- Problemas de regeneración de energía
- Calentamiento excesivo
- Pruebas eléctricas anormales
- Anomalías en la eficiencia energética
- Datos de diagnóstico avanzado

7. ¿Cuáles son los indicadores en el tablero que podrían indicar un problema con el inversor en un HV?

Los indicadores son:

- Luz de advertencia del sistema híbrido
- Luz de advertencia del inversor
- Luz de advertencia de mal funcionamiento del motor eléctrico

- Luz de advertencia de sobrecalentamiento
- Luz de advertencia de batería
- Luz de advertencia de energía o carga de la batería
- Luz de advertencia de freno o regeneración

8. ¿Qué pruebas adicionales se pueden realizar para determinar que el inversor necesita ser reemplazado?

Las pruebas que se haría son:

- Pruebas de aislamiento eléctrico
- Pruebas de carga y descarga de la batería
- Pruebas de resistencia y continuidad
- Análisis de datos en tiempo real
- Pruebas de rendimiento del motor eléctrico
- Pruebas de temperatura
- Análisis de software
- Pruebas de rendimiento en un banco de pruebas

9. ¿Cuál es la vida útil típica de un inversor y cuándo se recomienda su reemplazo preventivo?

La vida útil típica de un inversor en un vehículo híbrido es de varios años, pero la duración exacta puede variar según diversos factores. El reemplazo preventivo rara vez se recomienda, y generalmente se realiza cuando hay evidencia de problemas o fallos en el inversor.

En general, no es común realizar un reemplazo preventivo del inversor en un vehículo híbrido a menos que existan indicaciones claras de un problema o un fallo inminente. Si se sospecha que el inversor tiene problemas o se encienden luces de advertencia en el tablero, es importante llevar el vehículo a un taller o concesionario especializado en vehículos híbridos para un diagnóstico adecuado.

Anexo 3 Guía de prácticas de los motores generadores**1.- TEMA DE LA PRÁCTICA**

Desarrollo de metodología de diagnóstico de motores generadores

2.- DATOS INFORMATIVOS

# Práctica:	Semestre:	Período Académico:	Laboratorio/Taller:	
Docente:		Fecha de Ejecución:	Fecha de Entrega:	
Estudiantes:				

3.- OBJETIVOS**OBJETIVOS GENERAL**

- Desarrollar una guía de diagnóstico de los motores generadores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y reconocer cada componente de los motores generadores
- Analizar e interpretar los datos mostrados por los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los motores generadores.

4.- EQUIPO REQUERIDO

- Multímetro categoría III CRAFTSMAN
- Scanner Automotriz

5.- MARCO TEÓRICO

MOTOR GENERADOR 1

Es un motor eléctrico, transforma en electricidad el trabajo del motor de combustión interna, funciona como motor de arranque para el motor de combustión interna (MCI).

Es un motor eléctrico trifásico, su función principal de este elemento es generar carga para la batería de alto voltaje.

Contiene su propio sistema de refrigeración, debido a que el motor generador puede elevar la temperatura en su operación, la cual es de forma líquida y realiza la circulación por la carcasa de la transmisión donde se encuentran alojados los motores generadores, este sistema de refrigeración es independiente del sistema de refrigeración del motor de combustión interna.



MULTÍMETRO CAT III

La categoría 3 indica que el multímetro es capaz de manejar corrientes de hasta 1.000 voltios de transitorios de corta duración, lo que lo hace adecuado para la mayoría de las aplicaciones en vehículos. Además de las funciones básicas de medición, los multímetros automotrices de categoría 3 también pueden medir la frecuencia, la temperatura y realizar pruebas de continuidad y diodo. Son herramientas esenciales para el diagnóstico y la reparación de sistemas eléctricos y electrónicos en automóviles y otros vehículos motorizados (Armando Donado, 2021).



Multímetro clase III

6.- PROCEDIMIENTO



DESMONTAJE DE MOTORES GENERADORES

1. Se deben aflojar los pernos que aseguran la tapa inferior del transeje en donde se encuentra el MG1.




2. Una vez retirada la cubierta, se puede observar el MG1.



<p>3. Al momento de extraerlo, es fundamental sujetarlo por los costados y tomar precauciones para evitar posibles cortes, ya que en su interior hay superficies afiladas.</p>	
<p>4. Dentro del transeje también se encuentra el conjunto planetario que está conectado directamente a la transmisión del vehículo, se lo debe extraer con cuidado teniendo en cuenta que existen conjuntos de rodamientos y engranajes.</p>	

MEDICIÓN DE MG1 Y MG2

<p>Se debe medir la primera bobina con la segunda, la segunda con la tercera y finalmente la tercera con la primera, en caso de daño no se puede obtener una lectura real.</p>	
--	--

DIAGNÓSTICO DE MOTORES GENERADORES

<p>Para el diagnóstico de los motores generadores, si bien es posible realizar mediciones con un multímetro, estas no ofrecen un análisis verdadero del estado de la bobina. Esto se debe a que las bobinas están conectadas en configuración estrella y, si se rompieran, seguirían mostrando continuidad en la medición.</p> <p>Las medidas obtenidas se encuentran a continuación:</p>

	Conexión	U-V	V-W	W-U	
	MG1	52.9 mΩ	60.2 mΩ	52.9 mΩ	
	MG2	59.5 mΩ	56.8 mΩ	59.5 mΩ	

7.- CONCLUSIONES

- Durante el diagnóstico de los motores generadores, resultó esencial tener en cuenta que no es posible obtener una medida precisa de las bobinas. Sin embargo, pudimos determinar la salud de las bobinas al verificar una buena continuidad entre ellas. Es importante destacar que, aunque es factible realizar mediciones utilizando un multímetro, estas mediciones no proporcionan una evaluación completa del estado real de las bobinas. Esto se debe a que las bobinas están conectadas en configuración estrella, lo que significa que, incluso si hubiera roturas en algunas bobinas, aún mostrarían continuidad en las mediciones.

8.- RECOMENDACIONES

- Para garantizar lecturas precisas, es recomendable emplear un megóhmetro. Este instrumento proporciona mediciones exactas de la continuidad y puede detectar posibles problemas de aislamiento deficiente entre los bobinados.
- Es importante verificar que el cableado trifásico esté en buen estado para asegurarse de que no haya fugas ni problemas en la recepción de corriente.

- Cuando se desmonten los motores generadores, verificar el estado y la posición de los engranajes planetarios. Además, comprobar que estén debidamente lubricados para prevenir el desgaste entre sus componentes.

9.- PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la función principal del MG1 y MG2?

MG1: Prende motor de combustión interna, carga la batería híbrida, empuja el vehículo en plena potencia.

MG2: Propulsa las ruedas motrices, carga la batería mediante el freno regenerativo, propulsa la reversa.

2. ¿Qué voltaje nominal debe entrar a los motores generadores?

Los motores generadores operan a voltajes en baja tensión en el rango de 200 a 300 voltios, mientras que en alta tensión entre 300 y 400 voltios o más dependiendo del modelo del vehículo.

3. ¿Cuáles son algunos síntomas comunes de motores generadores defectuosos en un HV?

Algunos síntomas comunes que podrían estar asociados con motores generadores defectuosos son los siguientes:

- Pérdida de potencia
- Luces de advertencia en el tablero
- Funcionamiento en modo de emergencia

4. ¿Cuál es el procedimiento recomendado para diagnosticar los motores generadores?

El procedimiento recomendado para diagnosticar los motores generadores es:

- **Escaneo del sistema:** El escáner permitirá acceder a los códigos de error almacenados y proporcionar datos en tiempo real sobre el funcionamiento de los motores generadores.
- **Pruebas de voltaje y corriente:** Mida el voltaje y la corriente que llegan a los motores generadores y salen de ellos. Esto ayudará a determinar si los motores están recibiendo la alimentación eléctrica adecuada.

- **Revisión de los códigos de falla:** Los códigos de falla proporcionarán pistas sobre los posibles problemas en los motores generadores.

5. ¿Qué herramientas o equipos son necesarios para realizar un diagnóstico correcto?

Para realizar un buen diagnóstico a una batería de alta tensión se debe tener en cuenta los equipos de protección personal tales como guantes dieléctricos, gafas protectoras, botas dieléctricas, y dentro de los equipos de medición el multímetro es indispensable, cabe recalcar que debe ser de la categoría III ya que este soporta altos niveles de corriente.

6. ¿Cómo se pueden identificar posibles problemas en el sistema de motores eléctricos?

Algunos pasos y consejos para identificar problemas en un sistema de motores eléctricos:

- **Olor a quemado:** Si hueles un olor a quemado proveniente del motor, puede ser una señal de sobrecalentamiento o un componente eléctrico dañado.
- **Temperatura:** Toca el motor para verificar si está caliente al tacto. Un sobrecalentamiento puede indicar un problema en la ventilación o en el flujo de aire del motor.
- **Resistencia del devanado:** Mide la resistencia del devanado del motor utilizando un ohmímetro. Esto te ayudará a identificar cortocircuitos o bobinas dañadas.
- **Prueba de continuidad:** Verifica la continuidad de los cables y conexiones eléctricas para asegurarte de que no haya interrupciones en el circuito eléctrico.
- **Inspección de escobillas y conmutadores:** Si el motor utiliza escobillas y conmutadores, inspecciónalos en busca de desgaste excesivo. Las escobillas gastadas pueden causar problemas de funcionamiento.

7. ¿Cuáles son los indicadores en el tablero que podrían indicar un problema con los motores generadores?

Algunos indicadores comunes que podrían señalar un problema con los motores generadores:

- **Luz de advertencia de generador:** Esta luz se enciende cuando hay un problema en el generador. Puede indicar una falla en el generador o en el sistema de carga.
- **Indicadores de temperatura:** Los generadores suelen tener sensores de temperatura que monitorean la temperatura del motor y el generador. Si la temperatura supera los límites seguros, se encenderá una luz de advertencia de temperatura alta.
- **Presión de aceite:** Si el generador está equipado con un motor de combustión interna, es importante monitorear la presión de aceite.

8. ¿Cuál es la vida útil típica de los motores generadores y cuándo se recomienda su reemplazo preventivo?

La vida útil de los motores generadores puede variar considerablemente según varios factores, incluyendo la calidad del equipo, el mantenimiento adecuado y el uso al que estén sometidos. En general, los motores generadores están diseñados para ser duraderos y pueden funcionar durante muchas décadas si se les da el cuidado adecuado.

Anexo 4 Equipos etiquetados del inversor



Anexo 5 Etiquetas del módulo PRA



Anexo 6 Etiquetado de equipos mecánicos del transeje y motores eléctricos