



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA  
DEL TREN DE POTENCIA DE UN  
VEHÍCULO ELÉCTRICO, MEDIANTE EL USO DE EQUIPOS DE  
DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

JONATHAN DUBERLI BORJA ULLOA

JAIME ROBERTO GUEVARA LÓPEZ

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA  
DEL TREN DE POTENCIA DE UN  
VEHÍCULO ELÉCTRICO, MEDIANTE EL USO DE EQUIPOS DE  
DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: JONATHAN DUBERLI BORJA ULLOA**

**JAIME ROBERTO GUEVARA LÓPEZ**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS CASTELO VALDIVIESO**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Jonathan Duberli Borja Ulloa, Jaime Roberto Guevara López

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

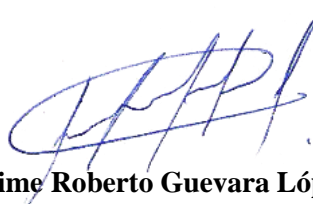
Nosotros, Jonathan Duberli Borja Ulloa y Jaime Roberto Guevara López, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de diciembre de 2023



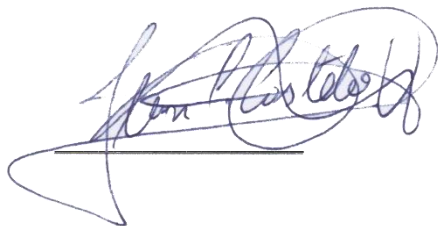

**Jonathan Duberli Borja Ulloa**  
**172479340-9**



**Jaime Roberto Guevara López**  
**172181562-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DEL TREN DE POTENCIA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO, MEDIANTE EL USO DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ**”, realizado por los señores: **JONATHAN DUBERLI BORJA ULLOA** y **JAIME ROBERTO GUEVARA LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Javier Milton Solís Santamaría <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-06
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-06
Ing. Ángel José Quevedo Ríos <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-06

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de integración curricular a mi tía, quien ha sido durante todo este tiempo mi guía, mi apoyo y mi compañera. A mi esposa, que con paciencia y sabiduría ha estado incondicionalmente apoyándome en todo momento. A mis hijos, Leonardo Roberto y Roberto Nicolás, amores de mi vida. A mis padres y hermanas, que, sin sus valores y educación, no tendría un ejemplo de bondad, amor y rectitud.

Roberto

Dedico el presente trabajo de integración curricular a mi madre, que con esfuerzo y dedicación ha logrado hacer de mí una persona honesta y disciplinada, a mi amada abuela que con sus consejos y cariño ha logrado formar mi personalidad.

Jonathan

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros amigos Joel y Javier, por brindarnos siempre su apoyo y su amistad incondicional. A nuestros maestros Olga, Edwin, Juan Carlos y Ángel, entrañables docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz por ser parte de nuestro desarrollo académico.

Jonathan y Roberto

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1 Estado del arte.....	6
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 <i>Reseña histórica del trazador de curvas</i> .....	7
2.2.2 <i>Trazador de Curvas Rastre Curve 2</i> .....	8
2.2.3 <i>Mega óhmetro</i> .....	9
2.2.4 <i>Osciloscopio</i> .....	10
2.2.4.1 <i>Osciloscopio Automotriz</i> .....	11
2.2.5 <i>Multímetro</i> .....	12
2.2.6 <i>Componentes del tren de potencia de un vehículo eléctrico</i> .....	13
2.2.6.1 <i>Batería</i> .....	13
2.2.6.2 <i>Controlador de carga o BMS</i> .....	14
2.2.6.3 <i>Motor eléctrico</i> .....	14
2.2.6.4 <i>Inversor</i> .....	15



2.2.6.5	<i>Transmisión en un vehículo eléctrico</i> .....	16
---------	---	----

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Diagrama de flujo</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodología de Investigación</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Tipo de estudio</i></b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Diagnóstico por imágenes de los componentes electrónicos del inversor de un automóvil eléctrico.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Preparación</i></b> .....	<b>20</b>
3.3.1.1.	<i>Verificación de desconexión del inversor</i> .....	20
3.3.1.2.	<i>Uso de equipo de protección personal</i> .....	21
<b>3.3.2</b>	<b><i>Acceso al inversor</i></b> .....	<b>22</b>
3.3.2.1	<i>Identificar cubiertas para acceder al interior del inversor</i> .....	22
3.3.2.2	<i>Uso de herramientas para quitar los tornillos que sujetan las cubiertas</i> .....	23
<b>3.3.3</b>	<b><i>Desconexión de cables y conectores</i></b> .....	<b>25</b>
3.3.3.1	<i>Desconexión de cables y conectores que unen el inversor a otros componentes del sistema eléctrico</i> .....	25
3.3.3.2	<i>Etiquetado de cables y conectores</i> .....	26
<b>3.3.4</b>	<b><i>Desmontaje las tarjetas electrónicas</i></b> .....	<b>27</b>
3.3.4.1	<i>Identificar las tarjetas electrónicas en el interior del inversor</i> .....	27
3.3.4.2	<i>Utilización de herramientas para retirar las tarjetas electrónicas</i> .....	29
<b>3.3.5</b>	<b><i>Pines de tarjeta de control del inversor</i></b> .....	<b>30</b>
3.3.5.1	<i>Conector de Señales de Control A59</i> .....	31
3.3.5.2	<i>Conector de Resolver D29</i> .....	34
<b>3.3.6</b>	<b><i>Preparación del dispositivo Rastre Curve 2</i></b> .....	<b>35</b>
3.3.6.1	<i>Configuración del dispositivo Rastre Curve 2</i> .....	35
<b>3.3.7</b>	<b><i>Realización del diagnóstico por imágenes:</i></b> .....	<b>37</b>
3.3.7.1	<i>Colocar las tarjetas electrónicas en un entorno controlado y estable</i> .....	37
3.3.7.2	<i>Uso del dispositivo Rastre Curve 2 para captura de las curvas características de los componentes de las tarjetas electrónicas</i> .....	38
<b>3.4</b>	<b>Diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico</b> .....	<b>39</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Desconexión de la batería de alto voltaje</i></b> .....	<b>40</b>
3.4.1.1	<i>Preparación y seguridad</i> .....	40
3.4.1.2	<i>Desconexión de la batería auxiliar</i> .....	40

3.4.1.3	<i>Retiro del fusible</i> .....	40
3.4.1.4	<i>Protección con cinta aislante dieléctrica</i> .....	41
3.4.1.5	<i>Almacenamiento seguro del fusible</i> .....	41
3.4.1.6	<i>Verificación de voltaje</i> .....	41
<b>3.4.2</b>	<b><i>Desconexión del motor eléctrico</i></b> .....	<b>42</b>
3.4.2.1	<i>Retiro de la tapa protectora del inversor</i> .....	42
3.4.2.2	<i>Identificación de las fases del motor</i> .....	43
3.4.2.3	<i>Remoción de los pernos de las fases</i> .....	43
3.4.2.4	<i>Inspección de los cables</i> .....	44
3.4.2.5	<i>Descarga de la capacitancia</i> .....	44
3.4.2.6	<i>Conexión del mega óhmetro</i> .....	45
3.4.2.7	<i>Medición de resistencia al aislamiento</i> .....	45
<b>3.5</b>	<b>Documentación</b> .....	<b>46</b>
3.5.1	<i>Documentación de diagnóstico por imágenes</i> .....	46
3.5.2	<i>Documentación de diagnóstico de resistencia al aislamiento</i> .....	47

## CAPITULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados Obtenidos</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Resultados de diagnóstico por imágenes del inversor de vehículo eléctrico</i></b> .....	<b>48</b>
4.1.1.1	<i>Curva característica de Resistencias eléctricas</i> .....	48
4.1.1.2	<i>Curva característica de Capacitores</i> .....	49
4.1.1.3	<i>Curva característica de Diodos</i> .....	50
4.1.1.4	<i>Curva característica de un circuito abierto</i> .....	51
4.1.1.5	<i>Curva característica de corto circuito</i> .....	52
4.1.1.6	<i>Curva característica de Transistores</i> .....	53
<b>4.1.2</b>	<b><i>Resultados del diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico</i></b> .....	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>Análisis de Resultados</b> .....	<b>56</b>
<b>4.2.1</b>	<b><i>Análisis del diagnóstico por imágenes del inversor del vehículo eléctrico</i></b> .....	<b>56</b>
<b>4.2.2</b>	<b><i>Análisis del diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico</i></b> .....	<b>56</b>

## **CAPÍTULO V**

**5.1 CONCLUSIONES..... 57**

**5.2 RECOMENDACIONES..... 58**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Codificación de Pines de Conector A-59 de Inversor .....	32
<b>Tabla 3-2:</b> Codificación de Pines de Conector D-29 de Inversor .....	35
<b>Tabla 4-1:</b> Características del motor eléctrico .....	54
<b>Tabla 4-2:</b> Medición de resistencia al aislamiento.....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Trazador de Curvas Tektronix 570. ....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Trazador de Curvas Rastre Curve 2 Plus. ....	8
<b>Ilustración 2-3:</b>	Mega óhmetro AVL HV Safety 2000. ....	10
<b>Ilustración 2-4:</b>	Osciloscopio de Laboratorio Tektronix TBS2000B. ....	10
<b>Ilustración 2-5:</b>	Osciloscopio Automotriz MaxiScope MP 408 Autel. ....	11
<b>Ilustración 2-6:</b>	Amperímetro. ....	12
<b>Ilustración 2-7:</b>	Batería Vehículo Eléctrico. ....	13
<b>Ilustración 2-8:</b>	BMS Vehículo Eléctrico. ....	14
<b>Ilustración 2-9:</b>	Motor de Vehículo Eléctrico. ....	15
<b>Ilustración 2-10:</b>	Inversor Vehículo Eléctrico. ....	16
<b>Ilustración 2-11:</b>	Transeje Vehículo Eléctrico. ....	17
<b>Ilustración 3-1:</b>	Diagrama de flujo de trabajo de titulación. ....	18
<b>Ilustración 3-2:</b>	Guantes dieléctricos. ....	21
<b>Ilustración 3-3:</b>	Elementos de sujeción del inversor. ....	24
<b>Ilustración 3-4:</b>	Herramientas utilizadas. ....	24
<b>Ilustración 3-5:</b>	Etiquetado de cables. ....	26
<b>Ilustración 3-6:</b>	Tarjeta de control del inversor. ....	28
<b>Ilustración 3-7:</b>	Tarjeta de potencia del inversor. ....	28
<b>Ilustración 3-8:</b>	Conector de Inversor A59 + D29. ....	31
<b>Ilustración 3-9:</b>	Conector A-59 de Inversor. ....	31
<b>Ilustración 3-10:</b>	Conector D-29 de Inversor. ....	34
<b>Ilustración 3-11:</b>	Prueba de impedancia - Calibración. ....	36
<b>Ilustración 3-12:</b>	Identificación de puntos de medición. ....	39
<b>Ilustración 3-13:</b>	Terminal de conexión de fusible. ....	40
<b>Ilustración 3-14:</b>	Protección de terminales de conexión. ....	41
<b>Ilustración 3-15:</b>	Verificación de voltaje. ....	42
<b>Ilustración 3-16:</b>	Tapa protectora del inversor. ....	43
<b>Ilustración 3-17:</b>	Identificación de fases (Inversor - Motor). ....	43
<b>Ilustración 3-18:</b>	Terminales de fase U-V-W (Inversor). ....	44
<b>Ilustración 3-19:</b>	Cables de fase U-V-W (Inversor - Motor). ....	44
<b>Ilustración 3-20:</b>	Conexión Fase - Tierra (Medición). ....	45
<b>Ilustración 3-21:</b>	Visualización de Resultados. ....	45
<b>Ilustración 4-1:</b>	Curva característica de resistencia. ....	49

<b>Ilustración 4-2:</b>	Curva característica de capacitor .....	50
<b>Ilustración 4-3:</b>	Curva característica de diodo.....	51
<b>Ilustración 4-4:</b>	Curva característica de circuito abierto.....	52
<b>Ilustración 4-5:</b>	Curva característica de cortocircuito .....	52
<b>Ilustración 4-6:</b>	Curva característica de transistor (Base - Emisor).....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

**ANEXO B:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

**ANEXO C:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

**ANEXO D:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

**ANEXO E:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

**ANEXO F:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

**ANEXO G:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

**ANEXO H:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

**ANEXO I:** MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

**ANEXO J:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AVL HV SAFETY 2000

**ANEXO K:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RASTRE CURVE 2 PLUS

## RESUMEN

En la actualidad, la prestación de servicios postventa para vehículos eléctricos se ve limitada debido a la falta de capacitación de los trabajadores de talleres automotrices, quienes carecen de una guía clara para identificar y resolver problemas en esta tecnología. El propósito fundamental de este trabajo de titulación fue desarrollar una base de datos del comportamiento de los elementos electrónicos que componen el tren de potencia de un vehículo eléctrico mediante equipos de diagnóstico automotriz, con el fin de obtener parámetros de referencia. La metodología empleada fue principalmente inductiva, con el objetivo de generar una base de datos del correcto funcionamiento que pudiera ser comparada con otra. Asimismo, se aplicó una metodología de investigación inductiva-deductiva para medir la resistencia al aislamiento del motor, utilizando los equipos proporcionados por el laboratorio de autotrónica de la carrera de Ingeniería Automotriz. Los resultados incluyeron la generación de curvas características de los componentes electrónicos del inversor del vehículo y el análisis de la resistencia al aislamiento de un motor eléctrico, documentado mediante software especializado y ofimático. Se concluyó que el trazador de curvas es una herramienta valiosa para detectar cortocircuitos y anomalías en los inversores de vehículos eléctricos, permitiendo la identificación rápida de problemas potenciales y la toma de medidas correctivas. El megaóhmetro, por su parte, resultó esencial para medir la resistencia de aislamiento del motor eléctrico, detectando problemas en sus etapas tempranas. El trazador de curvas no solo facilita mediciones precisas, sino que también ofrece informes detallados y opciones de visualización gráfica, proporcionando una visión completa del estado de los componentes electrónicos. Esto ayuda en la toma de decisiones informadas para el mantenimiento y reparación, así como en la documentación adecuada de los procedimientos.

**Palabras clave:** <DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES> <TREN DE POTENCIA> <VEHÍCULO ELÉCTRICO> <RESISTENCIA AL AISLAMIENTO> <TRAZADOR DE CURVAS> <MEGAÓHMETRO>.

2250-DBRA-UPT-2023





## SUMMARY

Currently, the provision of after-sales services for electric vehicles is limited due to the lack of training of automotive workshop workers, who lack a clear guide to identify and solve problems in this technology. The main purpose of this degree work was to develop a database of the behavior of the electronic elements that compose the power train of an electric vehicle by means of automotive diagnostic equipment, in order to obtain reference parameters. The methodology used was mainly inductive, with the objective of generating a database of the correct operation that could be compared with another one. Likewise, an inductive-deductive research methodology was applied to measure the insulation resistance of the motor, using the equipment provided by the autotronics laboratory of the Automotive Engineering course. The results included the generation of characteristic curves of the electronic components of the vehicle inverter and the analysis of the insulation resistance of an electric motor, documented by means of specialized software and office automation. It was concluded that the curve tracer is a valuable tool for detecting short circuits and anomalies in electric vehicle inverters, allowing rapid identification of potential problems and corrective action to be taken. The megohmmeter, on the other hand, was essential for measuring the insulation resistance of the electric motor, detecting problems in their early stages. The curve plotter not only facilitates accurate measurements, but also offers detailed reports and graphical display options, providing a complete overview of the condition of electronic components. This aids in making informed decisions for maintenance and repair, as well as proper documentation of procedures.

**Keywords:** <IMAGING DIAGNOSIS> <POWERTRAIN> <ELECTRIC VEHICLE>  
<ISOLATION RESISTANCE> <CURVE TRACER> <MEGAOHMMETER>.



Lic. Sandra Porras Pumalema Mgs

C.I. 0603357062

## INTRODUCCIÓN

El inversor de vehículos eléctricos es un componente clave en el sistema de propulsión. Es responsable de convertir la corriente continua suministrada por la batería en corriente alterna para alimentar el motor eléctrico y controlar su velocidad y par. En este trabajo, se presenta la importancia del inversor en los vehículos eléctricos, su evolución tecnológica y las oportunidades que presenta para el futuro de la movilidad eléctrica.

Según Maldonado et al. (2019, pp. 699-700), el inversor es uno de los componentes más importantes en el sistema de propulsión de los vehículos eléctricos. La eficiencia del inversor es fundamental para maximizar el rendimiento del vehículo y su autonomía. Además, el inversor también juega un papel crucial en la regeneración de energía. Cuando el vehículo está en movimiento, la energía cinética se puede convertir en energía eléctrica mediante el inversor, que la almacena en la batería para su posterior uso.

La evolución tecnológica de los inversores ha sido notable en los últimos años. En la primera generación de vehículos eléctricos, los inversores eran voluminosos y pesados, con una eficiencia limitada. Sin embargo, actualmente los inversores son más compactos y ligeros, y ofrecen una eficiencia del 95% o superior (Misra et al., 2023, pp. 1-6). La tecnología de los semiconductores de potencia ha sido clave para este avance, permitiendo una mayor eficiencia y una reducción en el tamaño y peso de los inversores.

El futuro de la movilidad eléctrica presenta nuevas oportunidades para los inversores. Por ejemplo, los inversores pueden ser utilizados en vehículos autónomos para controlar la velocidad y dirección del vehículo de manera precisa y eficiente (Wang et al., 2021, pp. 614-619). Así mismo, el uso de inversores en sistemas de carga bidireccional permitiría que los vehículos eléctricos actúen como fuentes de energía para la red eléctrica, contribuyendo a la estabilidad del sistema y reduciendo los costos de energía (Vélez, 2017, p. 2).

Un fallo en el inversor puede tener un impacto sustancial en el rendimiento y la eficiencia del vehículo, por lo que es importante realizar un correcto diagnóstico de cualquier problema en este componente.

El diagnóstico preciso de problemas en el inversor es fundamental para la identificación y resolución de cualquier problema. Un diagnóstico erróneo puede llevar a la sustitución

innecesaria de componentes costosos y retrasos en la reparación, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de inactividad del vehículo (Rashid, 2018, pp. 289-338).

Una herramienta valiosa para el análisis del inversor es el diagnóstico por imágenes. Este diagnóstico puede proporcionar información sobre el buen funcionamiento de cada uno de los componentes del inversor. Esta información puede ayudar a identificar la causa raíz de cualquier problema en el inversor, lo que puede facilitar su reparación y mejorar su rendimiento.

La realización de un diagnóstico preciso del inversor también puede mejorar la seguridad del vehículo eléctrico. Un inversor defectuoso puede ocasionar problemas de seguridad, como la pérdida de potencia y la disminución del control del vehículo, lo que puede provocar riesgos a la seguridad de los pasajeros y otros usuarios de la carretera (Mande, 2020, pp. 2-17).

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

El trazador de curvas es una herramienta de diagnóstico que se ha utilizado durante décadas en electrónica de consumo para analizar el comportamiento de los componentes electrónicos. En los últimos años, el trazador de curvas ha ganado importancia en el diagnóstico de vehículos eléctricos debido a su capacidad para analizar el rendimiento de los componentes eléctricos del vehículo.

El trazador de curvas permite a los técnicos evaluar el rendimiento de los componentes eléctricos del vehículo, como los motores eléctricos, los inversores y los módulos de batería. Con el trazador de curvas, los técnicos pueden evaluar la eficiencia de los componentes eléctricos, identificar posibles fallas y determinar si es necesario reemplazar algún componente.

En un estudio realizado por Vélez et al. (2022, pp. 1-10), se evaluó el uso del trazador de curvas en el diagnóstico de vehículos eléctricos. Los resultados del estudio mostraron que el trazador de curvas es una herramienta efectiva para identificar problemas en los componentes eléctricos del vehículo.

Otra ventaja del trazador de curvas es que es una herramienta relativamente económica en comparación con otros equipos de diagnóstico, como el osciloscopio y el analizador de redes. Además, el trazador de curvas es fácil de usar y no requiere una gran cantidad de capacitación técnica, lo que lo hace accesible para una amplia gama de técnicos de vehículos eléctricos.

#### 1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, hay una limitación importante en cuanto al servicio postventa para los vehículos eléctricos, debido a que los trabajadores de los talleres de automóviles no han recibido la capacitación necesaria y no tienen una guía clara para identificar y solucionar problemas en esta tecnología.

Se denomina tren de potencia de un vehículo eléctrico a los sistemas de carga, la batería y su módulo de gestión, el inversor DC/DC y DC/AC, el motor eléctrico y la transmisión. Estos

sistemas son indispensables y básicos para el funcionamiento y movilidad de un vehículo eléctrico.

Los vehículos eléctricos son de reciente difusión en el mercado latinoamericano, por lo que no existe mayor referencia de los componentes ni tecnología de diagnóstico integrada en su tren de potencia, por ende, no es posible diagnosticar de una manera eficiente algún defecto por su uso continuo y mucho menos por una falla de fábrica.

### **1.3 Justificación**

La caracterización de la estructura electrónica del tren de potencia en el vehículo es de vital importancia para que los técnicos puedan realizar las reparaciones necesarias en el sistema eléctrico del tren de potencia.

Estos centros serán los principales beneficiarios de este tema investigativo, ya que podría aumentar su productividad y su fuerza laboral al brindar talleres y conferencias al público relacionado al servicio de reparación de estos vehículos.

Esta caracterización tiene como objeto principal el uso de un trazador de curvas de la marca Rastre Curve diseñado principalmente para el área automotriz. Por medio de este dispositivo se recupera una señal característica de un determinado componente de las tarjetas electrónicas principales como el inversor, la placa de gestión de la batería, etc. A esto se le denomina diagnóstico por imágenes, y es utilizado para comparar entre dos componentes de igual denominación y características. Como complemento al diagnóstico por imágenes se pretende realizar mediciones de resistencia al aislamiento de las bobinas del motor de propulsión.

### **1.4 Objetivos**

#### ***1.4.1 Objetivo general***

Generar una base de datos del comportamiento de los elementos electrónicos que conforman el tren de potencia de un vehículo eléctrico a través de equipos de diagnóstico automotriz, para la obtención de parámetros de referencia.

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Especificar la estructura de las placas electrónicas del tren de potencia del vehículo eléctrico, a través del trazador de curvas “RastreCurve2Pro”.
- Determinar cuantitativamente el nivel de resistencia al aislamiento de los motores y cables de alta tensión de un automóvil eléctrico, por medio del uso de un mega óhmetro.
- Documentar los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas en los componentes electrónicos del tren de potencia mediante el uso de herramientas informáticas para establecer parámetros de buen funcionamiento del vehículo.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 Estado del arte

El uso de trazadores de curvas para el diagnóstico de la electrónica automotriz es un tema de investigación en constante evolución. A continuación, se presenta un estado del arte sobre el uso de trazadores de curvas para el diagnóstico de la electrónica automotriz.

En el estudio publicado por Yong & Ji (2020, pp. 1-5) propone un sistema de análisis y diagnóstico de forma de onda automático para las unidades de control electrónico de los cargadores de vehículos eléctricos. El sistema utiliza un trazador de curvas para medir y analizar señales de forma de onda y un algoritmo de procesamiento de señales para identificar los problemas.

Según Erazo et al. (2016, pp. 64-71) se establece una conexión entre el diagnóstico de los componentes electrónicos presentes en el sistema de control electrónico CRDI, y el uso de una interfaz que relaciona la corriente y el voltaje. El estudio examina la semejanza y utilidad del método de generación de figuras de Lissajous en el ámbito automotriz, así como la medición y generación de curvas voltaje-corriente mediante patrones básicos con el objetivo de lograr diagnósticos precisos del sistema CRDI.

De acuerdo con Lema et al. (2020, pp. 52-55) proporciona una guía sobre el desarrollo de un trazador de curvas basado en un osciloscopio y replicando el circuito básico necesario para el diagnóstico por imágenes. Además, en el estudio se explica cómo evaluar el estado de los sensores incorporados en el pedal y el cuerpo de aceleración de una camioneta Chevrolet Silverado utilizando las curvas características específicas de cada componente.

En resumen, el uso de trazadores de curvas para el diagnóstico de la electrónica automotriz es un tema de investigación en constante evolución. Los estudios actuales están centrados en el desarrollo de sistemas de análisis y diagnóstico automático utilizando trazadores de curvas y algoritmos de procesamiento de señales. También se están desarrollando guías y herramientas para ayudar a los técnicos de servicio automotriz a utilizar trazadores de curvas para el análisis de formas de onda.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Reseña histórica del trazador de curvas

El trazador de curvas es un dispositivo de medición utilizado para analizar el comportamiento de los circuitos electrónicos. A lo largo del tiempo, se han creado diferentes tipos de trazadores de curvas para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios.



**Ilustración 2-1:** Trazador de Curvas Tektronix 570.

Fuente: Tekwiki, 2023.

En épocas pasadas, antes de la aparición de los semiconductores, se empleaban tubos de vacío para construir trazadores de curvas. Un ejemplo de estos dispositivos es el Tektronix 570, que surgió en los años 50. En ese entonces, se utilizaban circuitos basados en tubos de vacío para analizar circuitos con semiconductores, ya que los componentes disponibles no satisfacían las necesidades del dispositivo (Ross, 2011, pp. 159-160).

En la actualidad, los trazadores de curvas están completamente conformados por componentes de estado sólido y son automatizados para facilitar su uso. Estos modernos equipos pueden obtener



datos de manera automática y garantizar la seguridad tanto del trazador como del componente bajo prueba.

Los avances en los sistemas de trazadores de curvas de semiconductores más modernos han permitido la realización de tres tipos principales de trazado de curvas: corriente-voltaje (IV), capacitancia-voltaje (CV) y corriente-voltaje transitoria (IV).

Los diseños actuales de estos dispositivos suelen ser modulares, lo que brinda a los usuarios la posibilidad de adaptarlos a las aplicaciones específicas para las que serán empleados (Tehranipoor et al., 2015, pp. 97-99).

Aunque estos instrumentos han sido en gran medida reemplazados por tecnologías más modernas, su legado sigue siendo importante para la industria electrónica y el desarrollo de nuevos dispositivos de medición.

### 2.2.2 Trazador de Curvas Rastre Curve 2

El Trazador de Curvas Rastre Curve 2 es un instrumento de medición utilizado en la industria electrónica para analizar el comportamiento de los circuitos electrónicos. Es una versión moderna y actualizada de los trazadores de curvas antiguos, como el trazador de curvas I-IV, y utiliza tecnología digital para una mayor precisión y funcionalidad.



**Ilustración 2-2:** Trazador de Curvas Rastre Curve 2 Plus.

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

El Rastre Curve 2 es un dispositivo cómodo y fácil de usar que puede generar curvas de respuesta de frecuencia. Este dispositivo funciona a través de una conexión USB hacia una computadora y su función principal es capturar y guardar como imágenes las curvas características de cualquier componente electrónico monitoreado. Esto permite tener un punto de referencia con otros componentes de iguales características y facilita el análisis y reparación de circuitos electrónicos (Rastre Curve, 2021, pp. 1-6).

El trazador de curvas Rastre Curve 2 también cuenta con una interfaz de usuario intuitiva y una amplia gama de opciones de monitoreo, lo que lo hace muy conveniente para el diagnóstico y reparación de circuitos electrónicos en diferentes aplicaciones, desde la electrónica de consumo hasta la automotriz (AEP, 2020, pp. 2-3).

### **2.2.3 Mega óhmetro**

El mega óhmetro, también conocido como megger, es un dispositivo de medición diseñado para determinar la resistencia eléctrica de aislamientos en equipos eléctricos y electrónicos. Según Patrick & Fardo (2020, pp. 3-13), esta herramienta es importante para determinar si el aislamiento en un equipo está en buen estado y puede ayudar a prevenir fallas eléctricas y cortocircuitos. El mega óhmetro aplica una tensión continua alta al aislamiento que se está midiendo, y luego mide la corriente que fluye a través del aislamiento. Si la corriente medida es baja, esto indica que el aislamiento es de alta calidad, mientras que una corriente alta indica que el aislamiento no es efectivo y necesita ser reemplazado.

El mega óhmetro se utiliza en una variedad de aplicaciones, como en motores eléctricos, transformadores, cables eléctricos, interruptores y dispositivos de protección contra sobrecargas. Es importante tener en cuenta que el uso del mega óhmetro debe ser realizado por personal capacitado y que se deben seguir las instrucciones del fabricante para evitar accidentes y daños a los equipos. Según Herman (2016, pp. 299-301), el mega óhmetro es esencial para el diagnóstico y mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos, y su uso puede ayudar a prevenir fallas y cortocircuitos, lo que a su vez puede reducir el riesgo de accidentes y mejorar la seguridad en el entorno eléctrico.

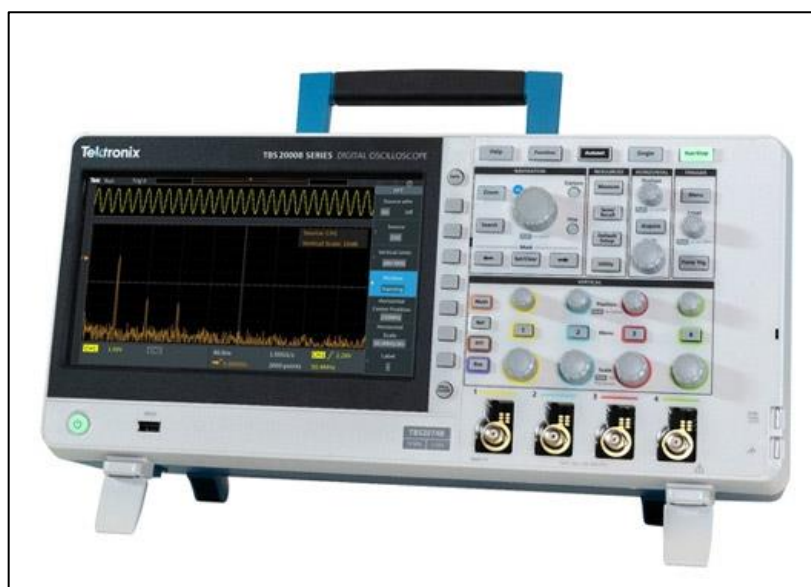


**Ilustración 2-3:** Mega óhmetro AVL HV Safety 2000.

Fuente: AVL Ditest, 2023.

#### 2.2.4 Osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento electrónico de medición que se utiliza para observar y estudiar señales eléctricas variables en el tiempo. El osciloscopio permite a los ingenieros y técnicos de electrónica observar y analizar señales eléctricas de una amplia variedad de fuentes, incluyendo dispositivos electrónicos, sistemas de comunicaciones y equipos de control industrial.



**Ilustración 2-4:** Osciloscopio de Laboratorio Tektronix TBS2000B.

Fuente: Tektronix, 2023.

El osciloscopio funciona mediante la medición de la tensión en un circuito eléctrico y la representación de esta medición en una pantalla. Según Herres (2020, pp. 1-13), el osciloscopio

puede medir la amplitud de la señal, el tiempo de subida y de caída, el ancho de banda y la frecuencia, entre otros parámetros. Estos datos pueden ser utilizados para analizar y solucionar problemas en circuitos electrónicos y sistemas eléctricos.

Existen varios tipos de osciloscopios, incluyendo analógicos y digitales, de mano y de mesa, y con diferentes características y funcionalidades. La elección del osciloscopio adecuado dependerá de la aplicación específica y de los requisitos del usuario.

#### 2.2.4.1 Osciloscopio Automotriz

El osciloscopio automotriz es una herramienta de diagnóstico utilizada en el campo de la automoción para medir y analizar señales eléctricas en los sistemas de control electrónico de los vehículos. Este instrumento permite a los técnicos de automoción analizar el rendimiento de los sistemas electrónicos del vehículo, tales como el sistema de inyección de combustible, la ignición, los sensores, los actuadores, entre otros (Borg, 2007, p.p. 220-231).



**Ilustración 2-5:** Osciloscopio Automotriz MaxiScope MP 408 Autel.

Fuente: Autel, 2023.

El osciloscopio automotriz se conecta al sistema eléctrico del vehículo y puede leer las señales eléctricas proporcionadas por los actuadores y sensores. De esta manera, los técnicos pueden identificar problemas en el sistema eléctrico, como fallos en los sensores o actuadores, problemas de conexión eléctrica, y otros problemas que afectan el rendimiento del vehículo (Pico Technology, 2022).

Además, el osciloscopio automotriz permite a los técnicos automotrices realizar mediciones precisas y capturar señales eléctricas complejas para su posterior análisis. Estas mediciones pueden ser utilizadas para detectar problemas en los sistemas electrónicos del vehículo que no pueden ser identificados por medio de otros equipos de diagnóstico (Osciloscopios.es, 2023).

### 2.2.5 *Multímetro*

El multímetro es un instrumento de medición electrónico utilizado para medir varias magnitudes eléctricas en circuitos y dispositivos. Es una combinación de varios instrumentos de medición en uno solo, permitiendo medir voltaje, corriente, resistencia, continuidad y otras magnitudes eléctricas (Altuve, 2019, p.p. 9-10).

El multímetro generalmente tiene tres modos principales de medición: el modo de voltaje, el modo de corriente y el modo de resistencia. En el modo de voltaje, se puede medir la diferencia de potencial entre dos puntos en un mismo circuito. En el modo de corriente, se puede medir la intensidad de la corriente que fluye por un circuito. En el modo de resistencia, se puede medir la resistencia eléctrica que posee un componente o elemento del circuito.



**Ilustración 2-6:** Multímetro

**Fuente:** Nüelle, 2023.

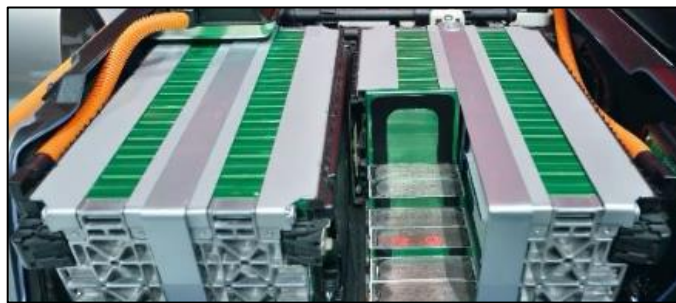
Además de estos modos básicos, algunos multímetros también pueden medir la capacitancia, frecuencia, temperatura y realizar pruebas de continuidad para verificar si hay un circuito cerrado entre dos puntos. Los multímetros pueden ser analógicos o digitales, siendo los digitales más comunes en la actualidad debido a su precisión y facilidad de lectura (Martin, 2017, pp. 11-12).

## 2.2.6 Componentes del tren de potencia de un vehículo eléctrico

El tren de potencia de un vehículo eléctrico consta de varios componentes que trabajan en conjunto para generar y entregar energía al motor eléctrico y las ruedas. Según Sarango (2022, pp. 4-7), algunos de los componentes principales del tren de potencia de un vehículo eléctrico incluyen la batería, el inversor, el motor eléctrico, la transmisión, el cargador y el controlador de carga.

### 2.2.6.1 Batería

La batería es uno de los componentes clave en los vehículos eléctricos, ya que es la fuente de energía que impulsa el motor eléctrico. En los últimos años, ha habido un gran avance en la tecnología de baterías, lo que ha permitido aumentar la autonomía de los vehículos eléctricos y reducir su costo.



**Ilustración 2-7:** Batería Vehículo Eléctrico.

**Fuente:** Autosoporte, 2023.

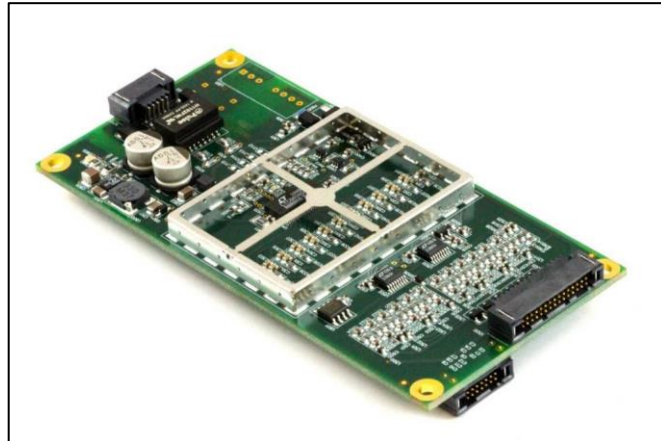
Las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos son baterías de iones de litio (Li-ion), que son las mismas que se utilizan en los teléfonos móviles y las computadoras portátiles. Sin embargo, las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos son mucho más grandes y potentes que las utilizadas en dispositivos electrónicos de consumo (Peña, 2011, pp. 27-33).

La duración de la batería en un vehículo eléctrico depende de varios factores, como el tamaño de la batería, el tamaño del motor eléctrico y el estilo de conducción. Además, la temperatura ambiente también puede afectar la duración de la batería, ya que las bajas temperaturas pueden disminuir su rendimiento (Morente, 2015, pp. 7-10).

Es importante destacar que las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos deben ser recicladas de manera adecuada, ya que contienen materiales tóxicos y peligrosos para el medio ambiente. Por lo tanto, se están desarrollando normas y regulaciones para asegurar que las baterías sean recicladas de manera responsable (Dávila & Villalobos, 2021, pp. 24-39).

### 2.2.6.2 Controlador de carga o BMS

El sistema de gestión de batería es un componente vital de los vehículos eléctricos que garantiza un rendimiento eficaz y una vida útil significativa de la batería. El BMS se encarga de monitorear el estado de carga y descarga de la batería, así como la temperatura y el estado de salud general de las celdas individuales de la batería (Gabbar et al., 2021, pp. 3-4).



**Ilustración 2-8:** BMS Vehículo Eléctrico.

**Fuente:** Territorio Eléctrico, 2022.

El BMS se compone de varios sensores y circuitos electrónicos que recopilan y procesan los datos de la batería. El controlador del BMS utiliza esta información para tomar decisiones importantes en tiempo real, como la protección de la batería contra sobrecargas, sobre descargas, cortocircuitos y otros posibles problemas que puedan surgir (Lelie et al., 2018, pp. 6-12).

La implementación de un BMS adecuado en un vehículo eléctrico es esencial para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, así como para prolongar la vida útil de la batería y maximizar la eficiencia energética. Además, un BMS bien diseñado también puede mejorar el rendimiento y la autonomía del vehículo eléctrico.

### 2.2.6.3 Motor eléctrico

El motor eléctrico es el componente principal en el tren de potencia de un vehículo eléctrico. En comparación con los motores de combustión interna, que consumen combustibles fósiles para generar energía, los motores eléctricos transforman la energía eléctrica almacenada en la batería en energía mecánica para mover el vehículo.

Los motores eléctricos superan en eficiencia a los motores de combustión interna, dado que transforman hasta un 90% de la energía eléctrica en energía mecánica, en contraste con los motores de combustión interna que solo convierten aproximadamente un 30% de la energía del combustible en energía mecánica.



**Ilustración 2-9:** Motor de Vehículo Eléctrico.

**Realizado por:** Borja, J., & Guevara, J., 2023.

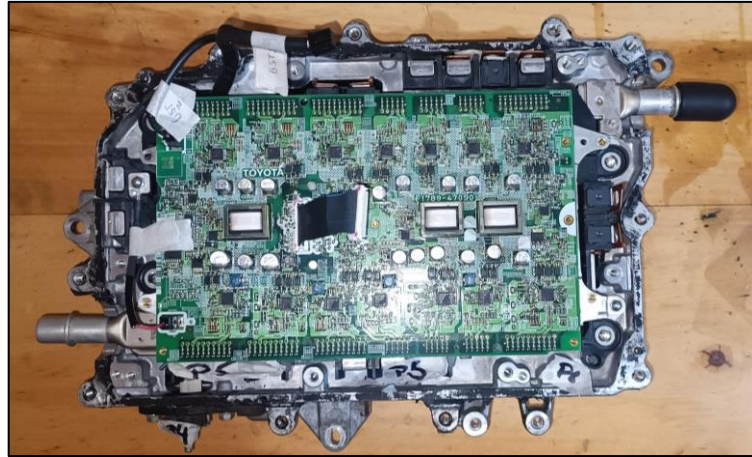
Los motores eléctricos también tienen menos partes móviles que los motores de combustión interna, lo que los hace más confiables y fáciles de mantener. Además, los motores eléctricos no producen emisiones contaminantes, lo que los convierte en motores respetuosos con el medio ambiente.

Existen varios tipos de motores eléctricos utilizados en los vehículos eléctricos, incluyendo motores de imanes permanentes, motores de reluctancia conmutada y motores de inducción. Cada tipo de motor tiene sus beneficios y desventajas, y la elección del motor depende de varios factores, como el costo, la eficiencia y la potencia requerida (Bhatt, 2019, pp. 5-7).

#### *2.2.6.4 Inversor*

El inversor juega un papel crucial en los sistemas de tracción de vehículos eléctricos, pues su función principal es transformar la corriente continua que contiene la batería en corriente alterna, la cual abastece el motor eléctrico. Los inversores modernos utilizan tecnologías de modulación de ancho de pulso (PWM) para controlar la cantidad de energía eléctrica entregada al motor eléctrico, lo que permite una operación más eficiente y una mayor duración de la batería (Ye, 2012, pp. 1-6).





**Ilustración 2-10:** Inversor Vehículo Eléctrico

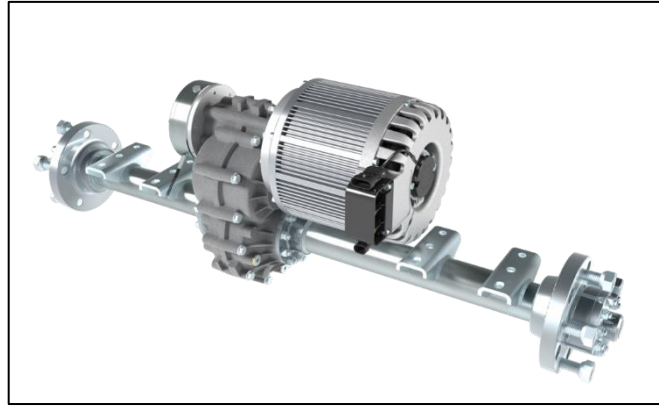
**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Además de la conversión de energía, los inversores también pueden actuar como dispositivos de recuperación de energía, permitiendo que la energía generada durante el frenado del vehículo se almacene en la batería y se utilice posteriormente para impulsar el vehículo.

Los inversores de vehículos eléctricos también deben estar desarrollados para soportar las condiciones de operación extremas, como las variaciones de temperatura y las vibraciones, lo que puede ser un desafío técnico. Los enfoques actuales se centran en el desarrollo de técnicas de enfriamiento efectivas y en el uso de elementos de alta calidad para mejorar la durabilidad y la vida útil del inversor (Vetrovec, 2010, pp. 1-6).

#### *2.2.6.5 Transmisión en un vehículo eléctrico*

La transmisión de un vehículo eléctrico es uno de los componentes clave que permite la transferencia de energía del motor eléctrico a las ruedas. A diferencia de los vehículos de combustión, los automóviles eléctricos emplean una transmisión de una sola velocidad que elimina la necesidad de cambios de marcha, lo que resulta en una conducción más suave y eficiente (Ren, 2009, pp. 1260-1265).



**Ilustración 2-11:** Transeje Vehículo Eléctrico.

**Fuente:** Free PNG, 2023.

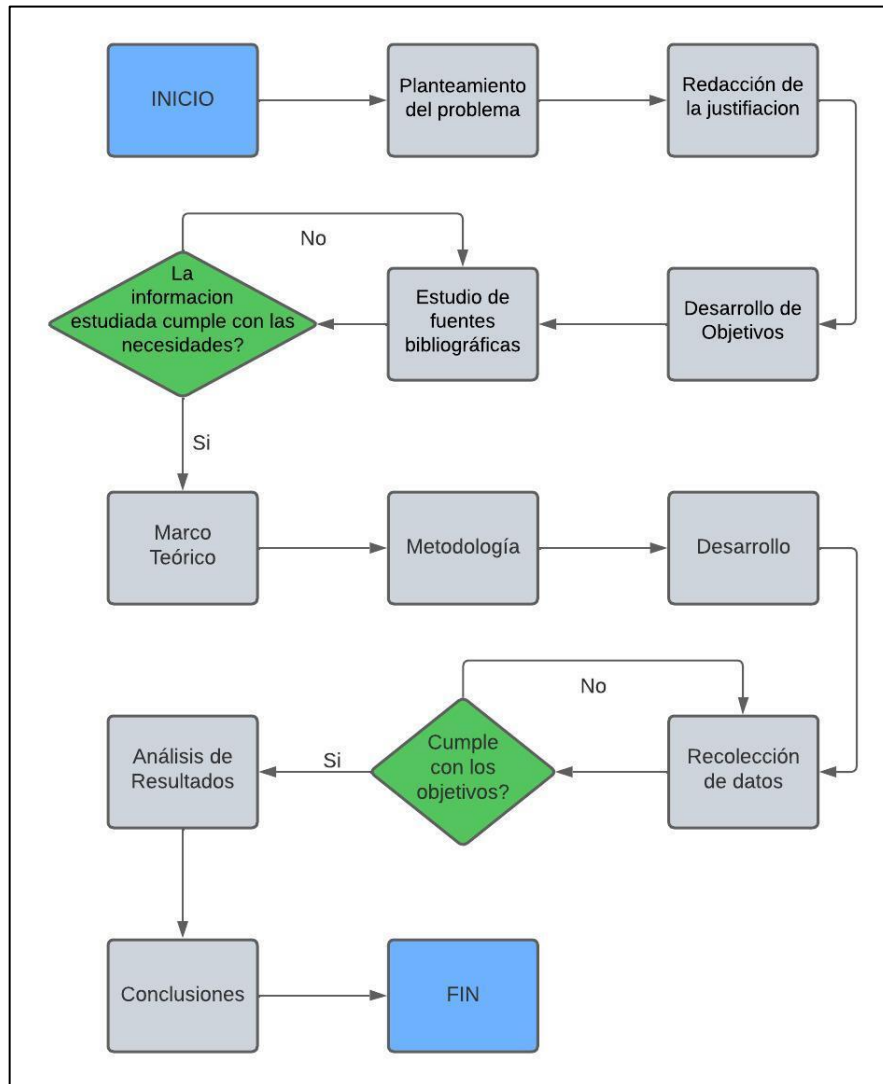
Además de la transmisión de una sola velocidad, algunos vehículos eléctricos también utilizan un diferencial, que ayuda a transferir la potencia de manera uniforme a las ruedas traseras. También se pueden utilizar sistemas de tracción en las cuatro ruedas en algunos vehículos eléctricos de alto rendimiento para optimizar la tracción y la estabilidad en las vías (Machado et al., 2021, pp. 419-422).

Es importante destacar que la transmisión en los vehículos eléctricos es más simple a diferencia de los vehículos de combustión interna, ya que no se necesita un embrague y no hay múltiples engranajes que cambian constantemente. Esto resulta en una transmisión más eficiente y una mayor durabilidad del vehículo.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Diagrama de flujo



**Ilustración 3-1:** Diagrama de flujo de trabajo de titulación.

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.2 Metodología de Investigación

##### 3.2.1 Tipo de estudio

Para la ejecución de este proyecto que se basó en la caracterización de placas electrónicas del tren de potencia a través de la técnica de diagnóstico por imágenes, se utilizó una metodología del tipo

inductiva en vista de que se busca generar una base de datos del correcto funcionamiento para esta poder ser comparada con otra.

- **Inductiva:** Se emplea el razonamiento para llegar a conclusiones generales basadas en hechos particulares que son considerados válidos. Este proceso implica el estudio de casos específicos para extraer conclusiones más amplias.

Además, se pretende aplicar una metodología de la investigación inductiva- deductiva ya que se puede medir el aislamiento que posee el tren motor y la transmisión, estos estudios se podrán realizar mediante la utilización de los equipos proporcionados por el laboratorio de autotrónica de la carrera de Ingeniería Automotriz. El estudio se inició con la indagación de fuentes bibliográficas referente a vehículos eléctricos, tren de potencia y transmisión de vehículos eléctricos, para el incremento de dicha área y poder así cerciorarse del buen funcionamiento de aquellos elementos ya mencionados.

- **Inductiva-deductiva:** Es un método de inferencia con un enfoque lógico vinculado al análisis de hechos específicos; si bien tiene un componente deductivo que parte de lo general hacia lo particular, también posee una vertiente inductiva que se dirige en sentido contrario, de lo particular hacia lo general.

Para el siguiente paso, en el estudio se deberá realizar el desmontaje del inversor, se deberá proceder con cautela al momento de desarmar, se buscará todas las placas electrónicas que se encuentren ancladas en el funcionamiento de éste. Por último, se hará una base de datos en el software “RASTRE CURVE 2 Plus” con técnica de diagnóstico por imágenes, esta base de datos será tomada como referente de todas las placas electrónicas de buen funcionamiento para que puedan ser comparadas con otras placas, de igual manera se documentarán los resultados de mediciones de los componentes ya mencionados.

### **3.3 Diagnóstico por imágenes de los componentes electrónicos del inversor de un automóvil eléctrico**

Utilizando el inversor disponible en el taller de autotrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz, se procedió al desarmado del mismo para poder acceder a las tarjetas electrónicas involucradas en el estudio. Esto permitió realizar un diagnóstico por imágenes utilizando el dispositivo Rastre Curve 2 y su software informático, brindando una herramienta efectiva para el análisis y evaluación del estado de otros inversores.

El desarmado del inversor se llevó a cabo con precaución y siguiendo los protocolos de seguridad adecuados. Es importante destacar que este proceso se realizó en un entorno controlado, con la supervisión del tutor del trabajo de integración curricular.

### **3.3.1 Preparación**

#### *3.3.1.1. Verificación de desconexión del inversor*

Esta medida garantizó la seguridad durante el proceso de desarmado y diagnóstico. Esto se debe a que los inversores trabajan con corrientes eléctricas de alto voltaje y pueden representar un riesgo significativo si no se toman las precauciones adecuadas.

Al desconectar el inversor de la fuente de alimentación eléctrica, se eliminó la posibilidad de recibir una descarga eléctrica accidental mientras se manipula el equipo. Esto es especialmente importante en el caso de los inversores utilizados en la industria automotriz, donde la corriente eléctrica puede ser aún más alta debido a las demandas de potencia de los vehículos.

Para llevar a cabo esta verificación, fue necesario asegurarse de que el inversor esté apagado y que no exista ninguna conexión activa que lo alimente. Esto implicó verificar si estaba conectado a la batería.

Además de desconectar el inversor de la fuente de alimentación principal, también se tuvo en cuenta otras fuentes de energía que pudieron estar conectadas al equipo. Por ejemplo, algunos inversores cuentan con baterías internas o están conectados a sistemas de almacenamiento de energía auxiliares. En tales casos, es fundamental asegurarse de que todas las fuentes de energía estén desconectadas antes de continuar con el desarmado.

Una forma de verificar si el inversor está desconectado de todas las fuentes de alimentación eléctrica es utilizar herramientas de detección de corriente, como un detector de voltaje sin contacto. Estos dispositivos pueden determinar si hay corriente presente en el inversor sin la necesidad de realizar conexiones físicas. Al acercar el detector a los puntos de conexión del inversor, se puede comprobar si hay señales de energía eléctrica activa.

Es importante recordar que la verificación de la desconexión del inversor de la fuente de alimentación debe realizarse antes de comenzar cualquier actividad de desarmado o manipulación

del equipo. No se deben omitir estos pasos de seguridad, ya que garantizan la protección tanto del personal involucrado como del propio inversor.

### 3.3.1.2. *Uso de equipo de protección personal*

Equipo como guantes y gafas de seguridad, fueron esenciales para garantizar la seguridad durante el proceso de desarmado del inversor. Estas medidas de protección personal ayudaron a prevenir lesiones y minimizar los riesgos asociados con la manipulación de componentes eléctricos y mecánicos.

Los guantes de seguridad fueron una parte integral del equipo de protección personal durante el desarmado del inversor. Estos guantes están diseñados específicamente para proteger las manos de posibles lesiones, como cortes, abrasiones y quemaduras. Al trabajar con inversores eléctricos, los guantes deben ser resistentes al calor y aislantes para proteger al operador de posibles descargas eléctricas y evitar el contacto directo con componentes calientes.



**Ilustración 3-2:** Guantes dieléctricos.

**Fuente:** KPN SAFETY, 2023.

Es importante seleccionar los guantes adecuados para el trabajo. Los guantes aislantes eléctricos, hechos de materiales dieléctricos, son particularmente útiles cuando se trabaja con inversores de alta tensión. Estos guantes están diseñados para brindar protección contra descargas eléctricas y deben cumplir con los estándares de seguridad eléctrica correspondientes.

Además de los guantes, fue crucial usar gafas de seguridad durante el desarmado del inversor. Las gafas de seguridad protegieron los ojos de los posibles desechos, salpicaduras químicas y partículas que pudieron suspenderse en el aire durante el proceso de desmontaje. También protegieron los ojos de cualquier chispa o destello producido por los componentes eléctricos del inversor.

Las gafas de seguridad deben cumplir con los estándares de protección ocular y proporcionar una cobertura completa alrededor de los ojos. Es recomendable elegir gafas que cuenten con protección lateral adicional para mayor seguridad. Además, las gafas deben ser resistentes a impactos y estar hechas de materiales duraderos.

Es importante tener en cuenta que el equipo de protección personal debe estar en buenas condiciones y ser adecuado para la tarea en cuestión. Antes de comenzar el desarmado, se inspeccionaron los guantes y las gafas de seguridad para detectar cualquier daño o desgaste. Si se hubiesen encontrado defectos, se necesitaba reemplazar estos elementos de inmediato para garantizar una protección efectiva.

Además de usar equipo de protección personal, es fundamental seguir buenas prácticas de seguridad durante el desarmado del inversor. Estas prácticas incluyen trabajar en un entorno bien iluminado, mantener las herramientas en buen estado y asegurarse de que el área de trabajo esté limpia y despejada.

Es importante destacar que el equipo de protección personal no garantiza una protección completa contra todos los posibles riesgos. Sin embargo, su uso adecuado puede reducir significativamente el riesgo de lesiones y proporcionar una capa adicional de seguridad.

### **3.3.2 Acceso al inversor**

#### **3.3.2.1 Identificar cubiertas para acceder al interior del inversor**

El primer paso consistió en realizar una inspección visual del inversor para identificar las cubiertas o protecciones que están colocadas en su exterior. Estas cubiertas pueden variar en forma, tamaño y ubicación según el modelo y el diseño del inversor en particular.

Una vez se identificaron las cubiertas, se procedió a examinarlas cuidadosamente para determinar cómo están aseguradas. Pueden estar sujetas por tornillos, clips, grapas u otros mecanismos de

fijación. Observar detenidamente las diferentes áreas de la carcasa del inversor puede ayudar a identificar los puntos de sujeción.

El siguiente paso fue recopilar las herramientas adecuadas para retirar las cubiertas de manera segura. Las herramientas comunes utilizadas en el desarmado del inversor incluyeron destornilladores de diferentes tamaños, llaves o alicates, según el tipo de sujetadores utilizados.

Fue importante asegurarse de seleccionar las herramientas correctas que se ajusten adecuadamente a los sujetadores para evitar dañar tanto las cubiertas como el inversor en sí. Utilizar una herramienta inadecuada podría resultar en daños en los tornillos o en las cubiertas, lo que dificultaría el acceso al interior del inversor.

Una vez que se seleccionaron las herramientas adecuadas, se comenzó a quitar los sujetadores que mantienen las cubiertas en su lugar. Fue importante hacerlo con cuidado y aplicar la fuerza necesaria sin excederse para evitar dañar las cubiertas o los componentes internos del inversor. Debido a que se sujeta con tornillos, se utilizó el destornillador correspondiente para aflojarlos y retirarlos. Fue importante mantener los tornillos organizados y asegurarse de no perder ninguno, ya que fueron necesarios para volver a montar el inversor posteriormente.

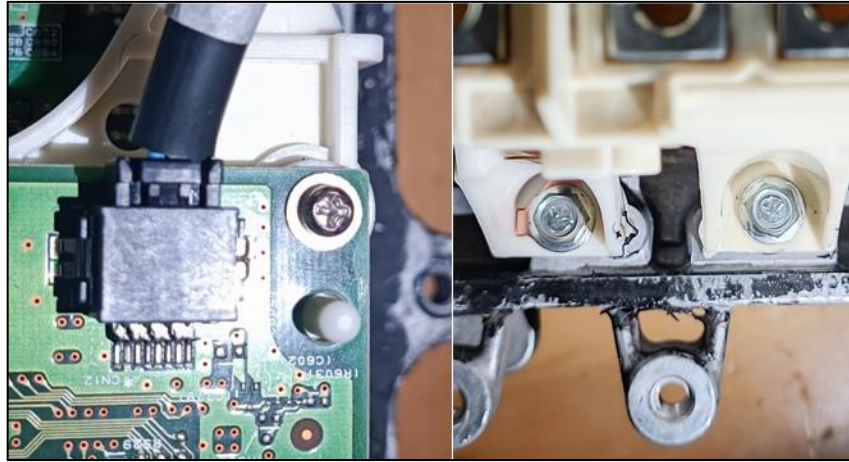
Una vez que los sujetadores se quitaron, se retiró las cubiertas del inversor con cuidado. Al hacerlo, fue importante prestar atención a posibles cables o conexiones que hubiesen podido estar unidos a las cubiertas. Como se encontraron cables conectados, fue necesario desconectarlos siguiendo los procedimientos adecuados para evitar dañar los cables o los componentes.

Una vez que se retiraron todas las cubiertas y se accedió al interior del inversor, se guardaron las cubiertas en un lugar seguro y limpio para evitar que se dañen o se contaminen durante el proceso de diagnóstico.

#### *3.3.2.2 Uso de herramientas para quitar los tornillos que sujetan las cubiertas*

El primer paso consistió en identificar los tipos de tornillos utilizados para sujetar las cubiertas. Los tornillos pueden variar en forma, tamaño y tipo de cabeza, en el caso específico del inversor a analizar se encontraron pernos hexagonales número 8 y 10, y tornillos de cabeza Phillips. Fue importante seleccionar la herramienta correspondiente que se ajuste correctamente a la cabeza del tornillo para evitar dañarlo.





**Ilustración 3-3:** Elementos de sujeción del inversor.

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Una vez identificados los tipos de tornillos, se reunieron las herramientas adecuadas. Los destornilladores fueron las herramientas más comunes utilizadas para aflojar y quitar tornillos. Fue importante tener una variedad de tamaños y tipos de puntas de destornillador para adaptarse a los diferentes tipos de tornillos que se encontraron en las cubiertas del inversor.

Si los tornillos son de cabeza Phillips, se debe utilizar un destornillador Phillips. Este tipo de destornillador tiene una punta en forma de cruz que encaja en los surcos en forma de cruz de la cabeza del tornillo. Al seleccionar el destornillador Phillips, fue esencial que la punta se ajuste perfectamente a los surcos para evitar dañar al tornillo y garantizar un giro suave y seguro.

Si los pernos son de cabeza hexagonal, se debe utilizar una llave tipo Ratchet. Estas llaves tienen una forma en L que encaja en copas de diferentes dimensiones.



**Ilustración 3-4:** Herramientas utilizadas.

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Una vez que se reunieron las herramientas adecuadas, se aflojó y quitó los tornillos y pernos que sujetan las cubiertas en su lugar. Se insertó la punta del destornillador o la llave tipo Ratchet en la cabeza del tornillo y se aplicó la fuerza necesaria en sentido antihorario para desajustar.

### **3.3.3 Desconexión de cables y conectores**

#### *3.3.3.1 Desconexión de cables y conectores que unen el inversor a otros componentes del sistema eléctrico*

El primer paso fue identificar los cables y conectores que debían desconectarse. El inversor estaba conectad a otros componentes del sistema eléctrico, como batería, mediante cables y conectores específicos. Estos cables y conectores tuvieron diferentes formas, tamaños y colores, por lo que fue necesario familiarizarse con ellos antes de proceder.

Una vez identificados los cables y conectores, se tomó en cuenta que algunos de ellos hubiesen podido llevar corriente eléctrica y estar energizados. Por lo tanto, fue esencial tomar las precauciones adecuadas para evitar descargas eléctricas durante el proceso de desconexión. Siempre estuvo presente la recomendación de trabajar con guantes aislantes y seguir los procedimientos de seguridad establecidos.

Una vez que se tomaron las precauciones necesarias y se haya apagado el inversor si hubiese sido necesario, se desconectaron los cables y conectores. Fue importante hacerlo con cuidado y prestando atención a la forma en que estaban conectados. Algunos conectores tenían seguros de bloqueo o pestañas de liberación que debieron manipularse adecuadamente antes de desconectarlos.

Para desconectar un conector, primero se buscó cualquier seguro de bloqueo o pestaña de liberación presente en el conector. Estos seguros o pestañas variaron según el tipo de conector utilizado. Siguiendo las indicaciones del fabricante, se liberaron estos mecanismos de seguridad antes de tirar suavemente del conector para desconectarlo.

Fue importante evitar tirar del cable directamente para desconectarlo, ya que esto hubiese causado un daño a los cables o los conectores. Siempre se tomó en cuenta el sujetar el conector y tirar de él suavemente para separarlo del inversor u otros componentes.

Una vez que se desconectaron todos los cables y conectores, fue importante colocarlos en un lugar seguro y ordenado para evitar enredos o daños.

Es fundamental recordar que, al trabajar con cables y conectores eléctricos, se deben tomar todas las precauciones de seguridad necesarias para evitar descargas eléctricas. Siempre se debe utilizar equipo de protección personal, como guantes aislantes, y seguir las prácticas de seguridad recomendadas.

### 3.3.3.2 *Etiquetado de cables y conectores*

Antes de comenzar el desmontaje, es recomendable tener a mano una cinta adhesiva o etiquetas autoadhesivas, así como un marcador o bolígrafo permanente. Estos materiales serán utilizados para etiquetar los cables y conectores.

Una vez que se accedió al interior del inversor y se tuvo a la vista los cables y conectores, fue importante identificarlos uno por uno. Cada cable y conector tenía diferentes colores, formas y tamaños, por lo que se prestó atención a sus características individuales.

Comenzando por el primer cable o conector, se colocó una cinta adhesiva cerca de la conexión. Se escribió en la etiqueta una descripción clara y concisa del cable o conector.



**Ilustración 3-5:** Etiquetado de cables

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Una vez que la cinta adhesiva estuvo en su lugar, se comprobó que esté firmemente adherida al cable o conector. Esto ayudó a evitar que se desprenda durante el proceso de desmontaje y reconexión.

Se repitió el proceso de etiquetado para cada cable y conector presente en el inversor. Fue importante ser sistemáticos y asegurarse de etiquetar todos los cables y conectores, incluso aquellos que parecían obvios o de fácil identificación.

Se mantuvo un registro de las etiquetas y su correspondencia con los cables y conectores. Esto fue de gran ayuda al momento de realizar la reconexión, ya que se tuvo una referencia clara y precisa de cómo debían ser conectados cada cable y conector.

Durante el proceso de desmontaje, fue importante tener precaución y evitar dañar o remover accidentalmente las etiquetas.

Etiquetar cada cable y conector del inversor brindó una serie de beneficios significativos. Además de facilitar la reconexión posterior, también ayudó a diagnosticar problemas o identificar posibles errores durante el proceso de desmontaje.

### ***3.3.4 Desmontaje las tarjetas electrónicas***

#### ***3.3.4.1 Identificar las tarjetas electrónicas en el interior del inversor***

Una vez que se accedió al interior del inversor, se realizó una inspección visual para identificar las tarjetas electrónicas. Estas estuvieron ubicadas en una posición estratégica y protegidas por cubiertas o soportes.

Este inversor cuenta con múltiples tarjetas electrónicas, cada una desempeñando un papel específico en el sistema. Las tarjetas encontradas incluyen la tarjeta de control, la tarjeta de potencia y el convertidor DC/DC.

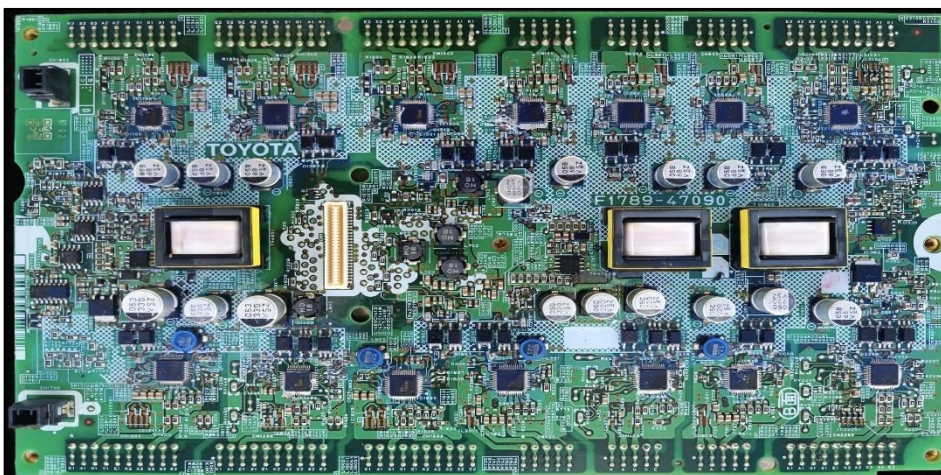


**Ilustración 3-6:** Tarjeta de control del inversor

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Se examinó cuidadosamente cada tarjeta electrónica para identificar cualquier marca o etiqueta que proporcione información sobre su función o fabricante. Esta información fue útil para futuras referencias y análisis.

Además de las marcas o etiquetas, se observaron los componentes electrónicos presentes en cada tarjeta. Los circuitos integrados, transistores, resistencias y capacitores son ejemplos de componentes comunes que se encontraron en estas tarjetas electrónicas.



**Ilustración 3-7:** Tarjeta de potencia del inversor

**Realizado por:** Borja, J., & Guevara, J., 2023.

Es importante destacar que, al identificar las tarjetas electrónicas, se tuvo cuidado de no dañarlas ni alterar su posición o conexión en el inversor. Ya que manipular las tarjetas con suavidad y

siguiendo las recomendaciones del fabricante es fundamental para evitar daños y garantizar la integridad del sistema.

#### *3.3.4.2 Utilización de herramientas para retirar las tarjetas electrónicas*

##### **Selección de herramientas**

Es importante seleccionar las herramientas adecuadas antes de comenzar el desmontaje. Algunas herramientas comunes utilizadas para desmontar tarjetas electrónicas son destornilladores, pinzas, extractores de circuitos integrados y herramientas de apertura de plástico. Se debe elegir el tipo y tamaño de herramienta que se ajuste a las características del inversor y a las tarjetas electrónicas que se desean retirar.

##### **Asegurar la estabilidad**

Antes de comenzar a desmontar las tarjetas electrónicas, se aseguró la estabilidad del inversor y se mantuvo en una posición segura. Colocar el inversor sobre una superficie plana y estable ayudó a evitar movimientos no deseados durante el proceso de desmontaje.

##### **Precauciones de descarga electrostática**

Antes de manipular las tarjetas electrónicas, se tomaron precauciones contra la descarga electrostática para evitar dañar los componentes sensibles. Se usó una pulsera antiestática conectada a tierra que ayudó a prevenir descargas eléctricas perjudiciales.

##### **Manipulación cuidadosa**

Una vez que los tornillos fueron retirados, fue crucial manipular las tarjetas electrónicas con cuidado para evitar dañar los componentes delicados. Sostener las tarjetas por los bordes, evitando tocar los componentes, fue una buena práctica. También se evitó aplicar fuerza excesiva o torsión a las tarjetas electrónicas para evitar daños físicos.

## **Almacenamiento seguro**

Una vez que las tarjetas electrónicas se retiraron, se almacenaron en un lugar seguro y limpio para evitar daños adicionales. Se utilizaron cajas de almacenamiento especialmente diseñadas para tarjetas electrónicas que ayudaron a protegerlas de la humedad, el polvo y otros contaminantes.

## **Etiquetado y documentación**

Durante el proceso de desmontaje, fue fundamental etiquetar cada tarjeta electrónica y documentar su ubicación y conexión en el inversor. Esto facilitó la posterior reconexión y garantizará que las tarjetas se vuelvan a colocar correctamente.

### ***3.3.5 Pines de tarjeta de control del inversor***

En esta sección, se proporciona una detallada enumeración de los conectores que se encuentran presentes en el inversor original de fábrica. Cada uno de estos conectores cumple una función específica en el funcionamiento del dispositivo y juega un papel crucial en su operatividad.

Estos conectores suelen ser etiquetados para facilitar su identificación y minimizar posibles confusiones durante la instalación o mantenimiento. Además, el conocimiento de las características de cada pin permite determinar las especificaciones eléctricas y electrónicas asociadas con cada uno, como la tensión, corriente y señales de control.

Es importante destacar que, en algunos casos, el fabricante puede proporcionar documentación técnica detallada que describe en profundidad la funcionalidad de cada pin en el conector. Esto puede incluir información sobre protocolos de comunicación, protocolos de seguridad y otras características específicas del inversor.

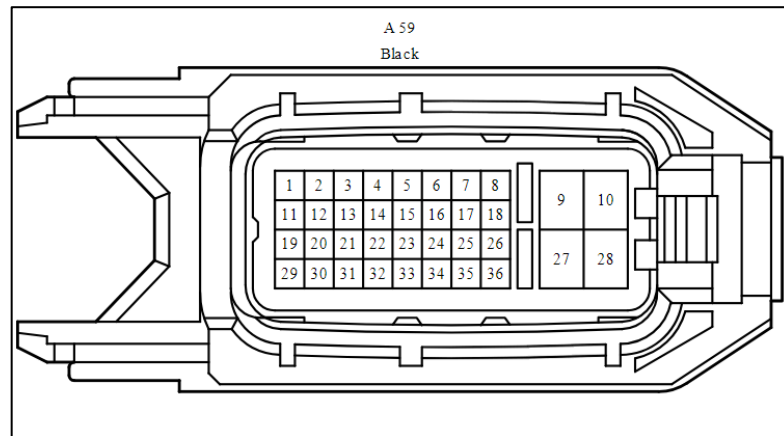
El entendimiento de la disposición de los conectores y sus respectivas funciones también resulta valioso para la expansión o mejora del sistema, ya que permite identificar los puntos de interconexión disponibles y compatibles con nuevas configuraciones o componentes adicionales.



**Ilustración 3-8:** Conector de Inversor A59 + D29

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

### 3.3.5.1 Conector de Señales de Control A59



**Ilustración 3-9:** Conector A-59 de Inversor

**Fuente:** Open Inverter, 2023.



**Tabla 3-1:** Codificación de Pines de Conector A-59 de Inversor

Identificador	Pin	Nombre	Conecta desde	Propósito
A59-1	1	IGCT	Conector de unión A55-11, luego a ECU de Control de Gestión de Energía pines A21-2 y A22-5	-
A59-2	2	IDH	Conjunto de Amplificador de Aire Acondicionado L17-27	-
A59-3	3	VLO	ECU de Control de Gestión de Energía pin A21-11	Desconocido. Cuando se activa el paso de energía, debe ser menor a 1 V.
A59-4	4	N/C	No conectado	Blindaje para REQ (pines 6/16).
A59-5	5	CLK+	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-21	-
A59-6	6	REQ+	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-33	-
A59-7	7	MTH+	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-30	-
A59-8	8	HTM+	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-24	-
A59-9	9	0	A59-10 (+B)	Respaldo a pin A59-10
A59-10	10	+B	A59-9, y desde la batería de 12V por medio de un fusible de 10A y un relé IGCT, conmutado por la ECU de Control de Gestión de Energía pin MREL A59-9	-
A59-11	11	S	Batería de 12V por fusible de 5A	-
A59-12	12	NODD	ECU de Control de Gestión de Energía pin A21-21	Deshabilitado de inversor
A59-13	13		-	
A59-14	14	N/C	Desconectado	Blindaje para CLK (pines 5/15).

A59-15	15	CLK-	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-20	-
A59-16	16	REQ-	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-32	-
A59-17	17	MTH-	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-29	-
A59-18	18	HTM-	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-25	-
A59-19	19		-	
A59-20	20		-	
A59-21	21		-	
A59-22	22		-	
A59-23	23		-	
A59-24	24		-	
A59-25	25		-	
A59-26	26		-	
A59-27	27	GND1	A59-28, y tierra por A4	-
A59-28	28	GND2	A59-27, y tierra por A4	-
A59-29	29	GI	ECU de Control de Gestión de Energía pin A21-16, ECM pin D28-48 (G2O)	Velocidad del motor - CAN
A59-30	30	DRN5	-	Blindaje para pin 29 (GI)
A59-31	31	HSDN	ECU de Control de Gestión de Energía pin A22-31	-
A59-32	32	DRN8	-	Blindaje para pin 31 (HSDN)
A59-33	33	DRN2	-	Blindaje para pines 7/17 (MTH+/-)
A59-34	34	DRN1	-	Blindaje para pines 8/18 (HTM+/-)
A59-35	35	ILK	ECU de Control de Gestión de Energía pin A21-32	-
A59-36	36	ILKO	Tierra por c2 del switch de interlock	-

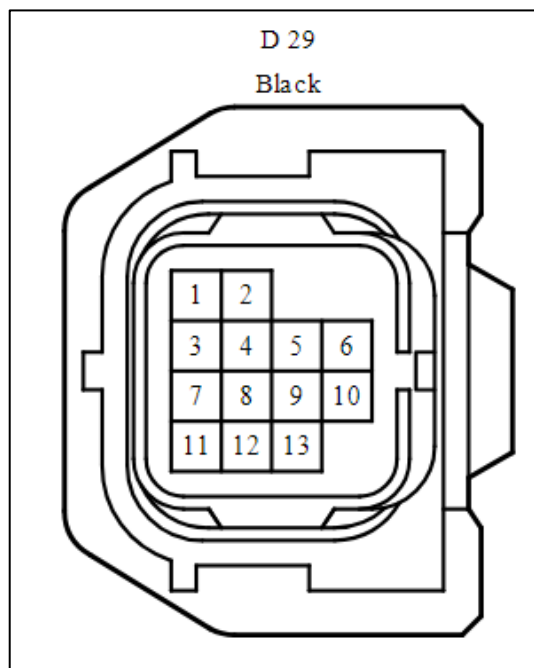
Fuente: Open Inverter, 2023

Realizado por: Borja, J., & Guevara, J., 2023.

El cableado que se conecta al conector A59 incluye tres cables adicionales con revestimiento verde que no están conectados a ningún pin. La existencia de continuidad entre estos tres pines sugiere que se utilizan posiblemente como un mecanismo de bloqueo en alguna otra unidad de control, destinado a detectar si el cable del inversor ha sufrido daños.

Además, solamente un pequeño cable suministra energía a ambos pines 9 y 10.

### 3.3.5.2 Conector de Resolver D29



**Ilustración 3-10:** Conector D-29 de Inversor

**Fuente:** Open Inverter, 2023.

**Tabla 3-2:** Codificación de Pines de Conector D-29 de Inversor

Identificador	Pin	Nombre	Conecta desde	Propósito
D29-1	1	MRF	MG2 pin D1-3	-
D29-2	2	MRFG	MG2 pin D1-6	-
D29-3	3	MSN	MG2 pin D1-1	-
D29-4	4	MSNG	MG2 pin D1-4	-
D29-5	5	MCS	MG2 pin D1-5	-
D29-6	6	MCSG	MG2 pin D1-2	-
D29-7	7	GSN	MG1 pin D7-2	-
D29-8	8	GSNG	MG1 pin D7-6	-
D29-9	9	GCSG	MG1 pin D7-7	-
D29-10	10	GCS	MG1 pin D7-3	-
D29-11	11	GRF	MG1 pin D7-1	-
D29-12	12	GRFG	MG1 pin D7-5	-
D29-13	13	DRN6	-	Blindaje para pines 1-1

Fuente: Open Inverter, 2023

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

### 3.3.6 Preparación del dispositivo Rastre Curve 2

#### 3.3.6.1 Configuración del dispositivo Rastre Curve 2

Antes de comenzar la configuración del dispositivo Rastre Curve 2, fue importante leer detenidamente el manual del usuario proporcionado por el fabricante. Este manual brindó

instrucciones específicas sobre cómo configurar y utilizar el dispositivo de manera adecuada y segura.

Para continuar con la configuración, se verificó que la computadora cumpla con los requisitos mínimos del sistema para utilizar el software informático del dispositivo Rastre Curve, esto incluyó verificar el sistema operativo compatible, la capacidad de almacenamiento y la conectividad necesaria.

Una vez que se solventaron los requisitos del sistema, se conectó el dispositivo Rastre Curve 2 al computador utilizando el cable de conexión USB. Se comprobó que la conexión esté segura y firme para evitar interrupciones durante el proceso de configuración.

Algunos dispositivos de diagnóstico por imágenes requieren una calibración inicial antes de su uso. En este caso el dispositivo Rastre Curve 2 necesitó una prueba de impedancia que viene incorporada en su software, donde se verificó el punto de cortocircuito. Esta prueba es conveniente realizarla cada vez que se conecta el dispositivo a la computadora. Esta calibración aseguró que el dispositivo capture imágenes precisas y consistentes.



**Ilustración 3-11:** Prueba de impedancia - Calibración.

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

Antes de utilizar el dispositivo de diagnóstico por imágenes, se realizó pruebas de funcionamiento para asegurarse de que el dispositivo esté capturando imágenes correctamente y que los datos se estén registrando adecuadamente.

### **3.3.7 Realización del diagnóstico por imágenes:**

#### *3.3.7.1 Colocar las tarjetas electrónicas en un entorno controlado y estable*

Antes de colocar las tarjetas electrónicas, se verificó que el entorno esté limpio y libre de polvo, suciedad o cualquier otro contaminante que pueda afectar el funcionamiento de las tarjetas o influir en la precisión del diagnóstico por imágenes. Se utilizó un paño limpio y sin pelusa para limpiar la superficie donde se colocaron las tarjetas y se observó que no haya objetos sueltos que puedan interferir con el proceso.

Es fundamental tener una superficie de trabajo estable y nivelada para colocar las tarjetas electrónicas. Esto ayudó a prevenir movimientos no deseados durante el proceso de diagnóstico y garantizó una captura de imágenes precisa y consistente. Una mesa de trabajo sólida o un banco de trabajo fueron opciones ideales para este propósito.

Las descargas electrostáticas pueden dañar las tarjetas electrónicas y afectar su funcionamiento. Para evitar esto, se implementaron medidas de protección contra descargas electrostáticas durante la colocación de las tarjetas. Esto incluyó el uso de una pulsera antiestática conectada a tierra y una estera antiestática en la superficie de trabajo.

Al manipular las tarjetas electrónicas, es importante hacerlo con cuidado para evitar daños físicos o causar desalineaciones. Se sujetó las tarjetas por los bordes, evitando tocar los componentes o circuitos impresos. El tener las manos limpias y secas para evitar la transferencia de suciedad o grasa a las tarjetas fue imperativo.

Al colocar las tarjetas electrónicas en el entorno controlado, se prestó atención a la orientación correcta. Las tarjetas se alinearon adecuadamente con los conectores y ranuras correspondientes en el inversor.

Una vez que las tarjetas electrónicas estuvieron en su lugar, se comprobó que estaban firmemente fijadas para evitar movimientos durante el proceso de diagnóstico.

Finalmente, para continuar con el diagnóstico por imágenes, se verificó nuevamente todas las conexiones de cables y conectores en las tarjetas electrónicas. Se evidenció que estén correctamente conectados y asegurados para evitar problemas de conexión o lecturas inexactas durante el proceso de diagnóstico.

Una vez que las tarjetas electrónicas estuvieron colocadas en el entorno controlado, fue importante mantener la protección y la seguridad en todo momento. Se evitó tocar las tarjetas innecesariamente o realizar movimientos bruscos que puedan desestabilizarlas.

### *3.3.7.2 Uso del dispositivo Rastre Curve 2 para captura de las curvas características de los componentes de las tarjetas electrónicas*

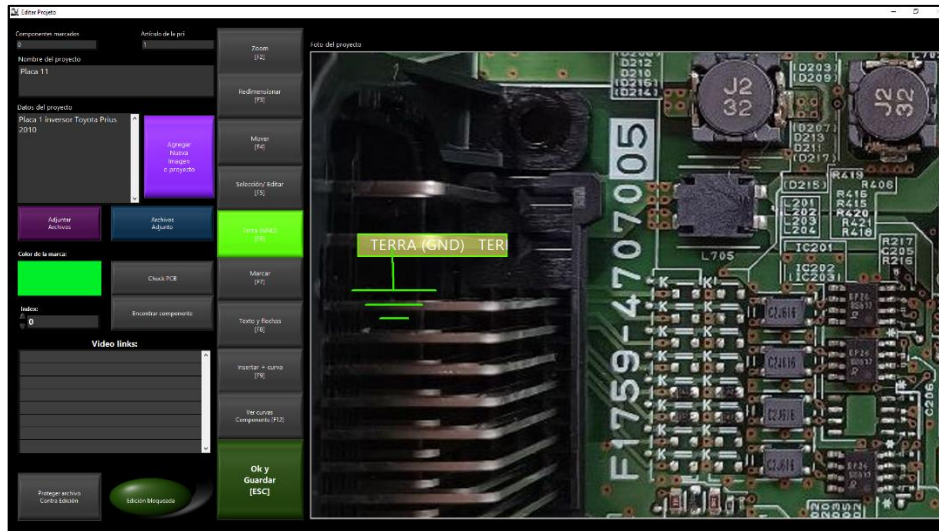
Para comenzar a capturar las curvas características, fue necesario preparar el dispositivo Rastre Curve 2. Se comprobó que el dispositivo estuviese conectado a la computadora. Se estableció además que el dispositivo esté en buenas condiciones de funcionamiento y que el software esté actualizado a la última versión disponible.

También, fue importante identificar los componentes específicos de las tarjetas electrónicas que se analizaron. Esto implicó familiarizarse con los circuitos impresos, los chips y otros elementos presentes en las tarjetas.

Con el dispositivo Rastre Curve 2 listo, se procedió a conectar correctamente las sondas o cables necesarios para la captura de las curvas características. Algunas tarjetas electrónicas pueden requerir conexiones específicas o adaptadores adicionales.

Se configuró el dispositivo Rastre Curve 2 de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones del fabricante. Esto incluyó la selección del rango de medición, la frecuencia de muestreo y otras configuraciones relevantes. Un resultado preciso dependió del buen establecimiento de los parámetros.

Se colocó las sondas del dispositivo Rastre Curve 2 en los puntos de medición adecuados de cada componente que se analizó, asegurando que estas estén firmemente sujetas y en contacto directo con los puntos de medición. Se evitó interferencias externas que puedan afectar la calidad de las mediciones, como fuentes de interferencia electromagnética o cables de alimentación cercanos.



**Ilustración 3-12:** Identificación de puntos de medición.

**Realizado por:** Borja, J., & Guevara, J., 2023.

Una vez que el dispositivo estuvo configurado y las sondas estuvieron correctamente posicionadas, se comenzó a capturar las curvas características de los componentes de las tarjetas electrónicas.

### 3.4 Diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico

La medición de la resistencia al aislamiento en un motor eléctrico de vehículo es una prueba importante para garantizar su buen estado y prevenir problemas eléctricos en el sistema.

El deterioro del aislamiento eléctrico ocurre cuando la protección del motor se ve afectada a lo largo del tiempo o debido a diversas causas. El envejecimiento y el sobrecalentamiento causan cambios químicos en el aislamiento, lo que disminuye su eficacia para evitar corrientes indeseadas entre los conductores o hacia la estructura del motor. Algunos fallos de aislamiento, especialmente en el sistema que protege la carcasa del motor, son repentinos y pueden ser causados por la entrada de humedad, contaminación u otros eventos inusuales. Estos eventos afectan los espacios o puntos débiles del aislamiento, lo que puede llevar a una avería prematura. Por otro lado, los fallos en el sistema de aislamiento de las bobinas del motor eléctrico se manifiestan gradualmente y se deterioran con el paso del tiempo.

A continuación, se presenta un esquema básico para llevar a cabo esta medición de forma segura.



### **3.4.1 Desconexión de la batería de alto voltaje**

#### **3.4.1.1 Preparación y seguridad**

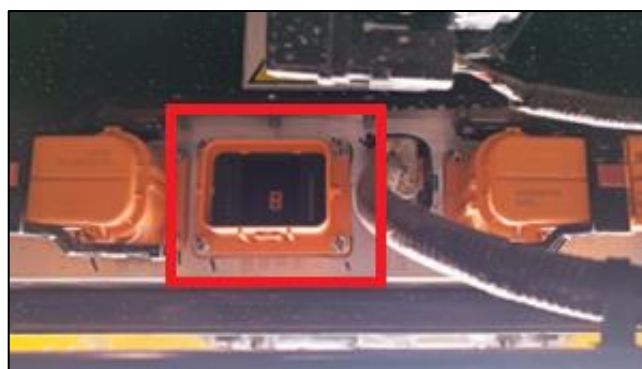
En primer lugar, se comprobó de que el vehículo se encuentre completamente apagado y que la llave de encendido se encuentre fuera del switch. También, fue importante usar el equipo de protección adecuado, como guantes dieléctricos y gafas de seguridad, para evitar posibles daños y lesiones durante el procedimiento.

#### **3.4.1.2 Desconexión de la batería auxiliar**

En el sujeto de prueba, esta batería se encuentra ubicada debajo del asiento del conductor. Para desconectarla, primero se liberó el terminal negativo (-) utilizando una herramienta adecuada con protección dieléctrica para aflojar la tuerca que asegura el cable al terminal. Luego, se levantó suavemente el cable y se la retiró fuera del terminal. Este paso aseguró que no haya energía fluyendo hacia los accesorios del vehículo.

#### **3.4.1.3 Retiro del fusible**

Junto a la batería de alto voltaje, ubicada en el mismo compartimiento, se encuentra el fusible principal. Con la ayuda de las manos debidamente protegidas por guantes dieléctricos, se retiró el fusible cuidadosamente.



**Ilustración 3-13:** Terminal de conexión de fusible

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.1.4 Protección con cinta aislante dieléctrica

Una vez desconectada la batería de accesorios y retirado el fusible, fue fundamental proteger las conexiones eléctricas expuestas para evitar cortocircuitos accidentales. Para este propósito se utilizó cinta aislante dieléctrica para envolver tanto el terminal negativo de la batería como el fusible que se ha retirado. La cinta aislante dieléctrica es especialmente diseñada para resistir altas tensiones y evitar posibles problemas eléctricos.



**Ilustración 3-14:** Protección de terminales de conexión

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.1.5 Almacenamiento seguro del fusible

El fusible que se ha retirado se almacenó en un lugar seguro y de fácil acceso para colocarlo posteriormente. Es recomendable colocar el fusible en una bolsa pequeña y etiquetarla claramente para identificar su función y ubicación.

#### 3.4.1.6 Verificación de voltaje

Para proceder a la realización de estas pruebas, se verificó que no haya tensión eléctrica presente. Para este propósito se utilizó un voltímetro, para asegurarse de que no haya corriente eléctrica fluyendo en los cables y componentes del sistema eléctrico del vehículo.



**Ilustración 3-15:** Verificación de voltaje

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

### **3.4.2** *Desconexión del motor eléctrico*

#### **3.4.2.1** *Retiro de la tapa protectora del inversor*

La tapa protectora del inversor cubre los pernos que sujetan las fases del motor. Esta tapa está diseñada para proteger las conexiones de las fases y garantizar un entorno seguro. Se utilizó las llaves adecuadas para retirar los pernos que aseguran la tapa protectora. Una vez retirada, se tuvo acceso a los pernos que conectan las fases del motor.



**Ilustración 3-16:** Tapa protectora del inversor

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.2.2 Identificación de las fases del motor

Antes de desconectar los pernos, fue esencial identificar y etiquetar correctamente las fases del motor. Cada fase está marcada con letras que corresponden a su función específica.



**Ilustración 3-17:** Identificación de fases (Inversor - Motor)

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.2.3 Remoción de los pernos de las fases

Con la tapa protectora removida y las fases debidamente identificadas, se procedió a retirar los pernos que sujetan los cables de las tres fases del motor. Se tuvo especial cuidado al realizar esta tarea para evitar dañar los cables o los terminales.



**Ilustración 3-18:** Terminales de fase U-V-W (Inversor)

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.2.4 Inspección de los cables

Una vez desconectados los pernos de las fases, se realizó una inspección minuciosa de los cables y los terminales en busca de posibles daños, corrosión o desgaste. Si se encuentra alguna anomalía, es importante corregirla antes de realizar la medición de resistencia al aislamiento y de volver a conectar los cables.



**Ilustración 3-19:** Cables de fase U-V-W (Inversor - Motor)

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.2.5 Descarga de la capacitancia

Fue importante asegurarse de que no haya carga eléctrica almacenada en el motor. Para ello, se conectó temporalmente los terminales del motor juntos durante unos segundos para descargar cualquier capacitancia residual.

#### 3.4.2.6 Conexión del mega óhmetro

Con los terminales del motor accesibles y descargados, se conectó las puntas del medidor de resistencia de aislamiento (AVL DITEST 2000) a los terminales del motor. Generalmente, se conecta una punta al terminal de la carcasa del motor (puesta a tierra) y la otra punta a uno de los terminales de la bobina del motor, repitiendo este proceso para cada fase.

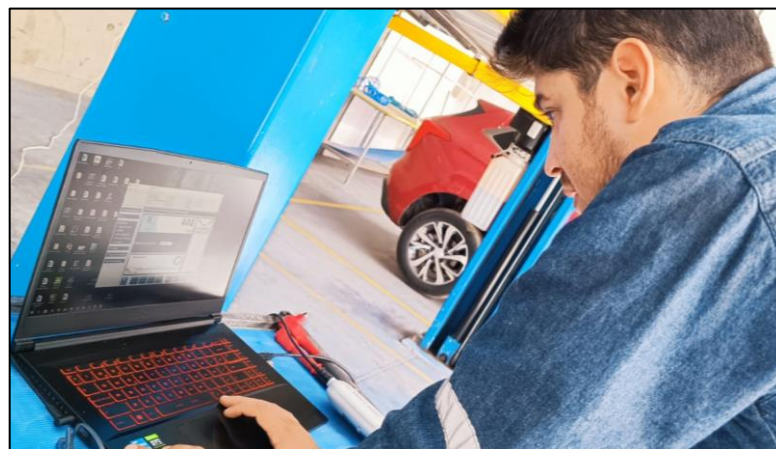


**Ilustración 3-20:** Conexión Fase - Tierra (Medición)

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 3.4.2.7 Medición de resistencia al aislamiento

Una vez que las agujas del mega óhmetro estuvieron en contacto con los conectores de las fases, se inició la medición. El dispositivo aplicó un voltaje de prueba al aislamiento y midió la resistencia al aislamiento. La pantalla del computador mostró el valor de resistencia en el rango de los mega ohmios.



**Ilustración 3-21:** Visualización de Resultados

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

### **3.5 Documentación**

La documentación de las pruebas de diagnóstico por imágenes del inversor y de resistencia al aislamiento del motor eléctrico es una parte esencial del mantenimiento y la inspección de vehículos eléctricos. Estas pruebas proporcionaron información valiosa sobre el estado de los componentes eléctricos y su integridad, lo que permite detectar posibles problemas y prevenir averías mayores.

Una vez finalizadas ambas pruebas, fue importante mantener una adecuada documentación de los resultados. La documentación detallada y precisa servirá como referencia para futuras inspecciones y para el mantenimiento efectivo del inversor y del motor eléctrico, contribuyendo así a su óptimo funcionamiento y prolongando su vida útil.

A continuación, se detalla el repositorio donde se encuentran las pruebas generadas

#### ***3.5.1 Documentación de diagnóstico por imágenes***

El software RastreCurve 2 Plus, empleado para llevar a cabo la prueba de diagnóstico por imágenes, ha facilitado la obtención de resultados en formato digital. Estos resultados son protegidos mediante una clave de acceso y se encuentran disponibles en una versión de pago que requiere conexión a internet. La razón detrás de esta modalidad es que el software brinda la posibilidad de acceder a repositorios tanto gratuitos como de pago para obtener información complementaria y detallada.

Para utilizar este software, es necesario instalarlo en las computadoras donde se desee visualizar y comparar las curvas de Lissajous del inversor analizado con otro que posea características similares. Para acceder a la base de datos, es fundamental tener en cuenta los siguientes datos de autenticación:

Nombre del proyecto: Inversor Prius 3 Gen

Contraseña: ESPOCHCIA2023

Estos datos de inicio de sesión permiten ingresar a la plataforma y explorar la información relevante almacenada en los repositorios disponibles. El software RastreCurve 2 Plus brinda una herramienta poderosa para el análisis y diagnóstico de los componentes eléctricos,

proporcionando una experiencia eficiente y segura en la obtención de resultados de diagnóstico por imágenes.

### ***3.5.2 Documentación de diagnóstico de resistencia al aislamiento***

La documentación de esta prueba fue efectuada mediante la captura de datos visualizados en pantalla mediante el uso del software AVL Ditest 2000. Estos datos fueron posteriormente registrados en documentos de Excel y se complementaron con fotografías que registraron las mediciones realizadas. Asimismo, en el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos, ofreciendo una forma organizada y detallada de documentar los hallazgos de esta prueba.



## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Resultados Obtenidos

##### 4.1.1 *Resultados de diagnóstico por imágenes del inversor de vehículo eléctrico*

Los resultados de la prueba de diagnóstico por imágenes proyectaron una gran cantidad de curvas de Lissajous, incluyendo las de componentes comunes como transistores, diodos, resistencias, capacitores, entre otros. Estas curvas características proporcionan valiosa información sobre el comportamiento de cada componente, destacando que sus valores difieren tanto en el eje X como en el eje Y, pero mantienen sus características básicas distintivas.

En esta prueba, se obtuvieron curvas de Lissajous que representan la respuesta de los componentes a distintos estímulos eléctricos. Cada curva exhibe patrones únicos que reflejan las particularidades de cada componente en términos de reactancia, resistencia, capacitancia y otras propiedades eléctricas. Es importante señalar que los valores específicos de cada componente influyen en la forma y configuración de las curvas, lo que implica que cada uno presenta su propia identidad en el espacio de fase.

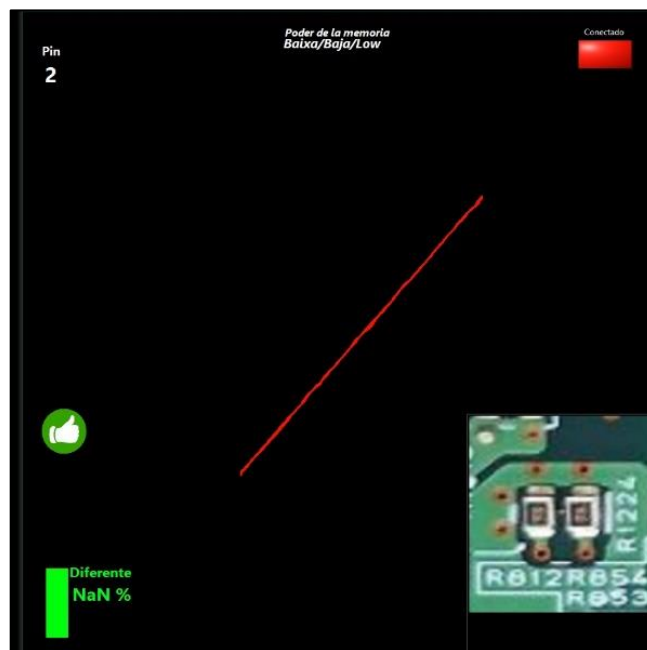
El análisis de estas curvas es esencial para identificar posibles irregularidades o problemas en los componentes, así como para evaluar su calidad y eficiencia en el circuito. La observación cuidadosa de las características básicas de las curvas, como la relación entre amplitudes y frecuencias, puede proporcionar pistas importantes sobre el estado de los componentes y permitir la toma de decisiones informadas sobre posibles acciones correctivas.

##### 4.1.1.1 *Curva característica de Resistencias eléctricas*

La figura resultante de una resistencia será una línea recta inclinada, esto se debe a que la resistencia no tiene la capacidad de almacenar carga eléctrica como lo hacen los capacitores, ni de cambiar la fase de la señal aplicada como lo hacen los inductores. Por lo tanto, la tensión a través de la resistencia simplemente sigue la forma de onda de la señal senoidal aplicada y no experimenta cambios significativos en su forma o fase.

La línea recta que se forma en la figura de Lissajous de una resistencia indica que la tensión a través de la resistencia está en fase con la señal aplicada. Esto significa que la resistencia no introduce ningún cambio en la fase de la señal y solo afecta su amplitud de acuerdo con la Ley de Ohm.

Este análisis es útil para determinar cómo una resistencia afecta la señal que circula a través de ella. También se puede utilizar para identificar la presencia de resistencias abiertas o en cortocircuito.



**Ilustración 4-1:** Curva característica de resistencia

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 4.1.1.2 Curva característica de Capacitores

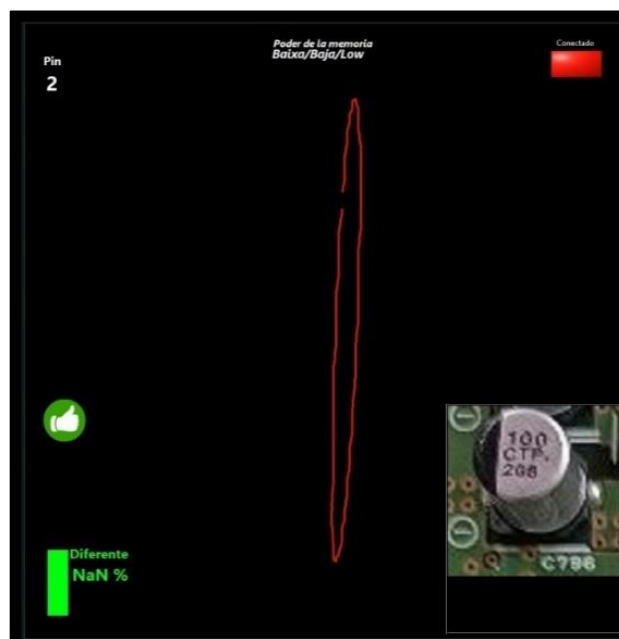
La figura de Lissajous de un capacitor es una curva elíptica que se forma cuando se aplica una señal senoidal a la entrada del capacitor y se visualiza la tensión a través de él utilizando un trazador de curvas. Esta figura es el resultado de la interacción entre la corriente y la capacitancia del capacitor.

Esta figura se generó debido a la relación entre las frecuencias de la señal aplicada y la respuesta del capacitor. Si la frecuencia de la señal aplicada es igual a la frecuencia resonante del capacitor, la figura de Lissajous será una elipse perfecta. Sin embargo, si la frecuencia de la señal es diferente

de la frecuencia resonante, la elipse puede verse deformada, lo que indica una respuesta capacitiva menos eficiente.

En un capacitor ideal, la elipse estará perfectamente centrada y simétrica, lo que indica una respuesta capacitiva óptima a la señal aplicada. Sin embargo, en la práctica, los capacitores reales pueden tener ciertas imperfecciones y efectos de resistencia que pueden afectar la forma de la figura.

El diagnóstico por imágenes de un capacitor puede proporcionar información valiosa sobre su comportamiento en el circuito electrónico. Al analizar esta figura, es posible determinar la capacitancia y evaluar su comportamiento en diferentes frecuencias de señal. Además, puede utilizarse para detectar irregularidades en el capacitor, como variaciones en el valor de capacitancia o la presencia de fugas.



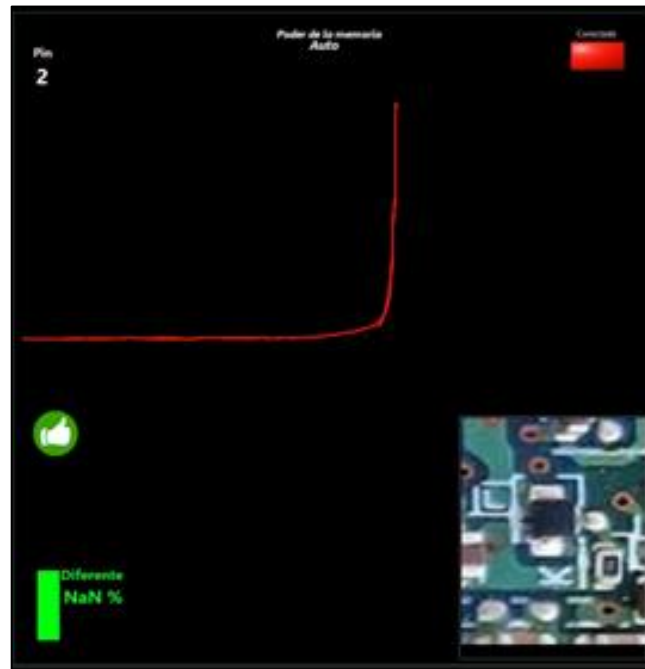
**Ilustración 4-2:** Curva característica de capacitor

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 4.1.1.3 Curva característica de Diodos

Cuando se aplica una señal senoidal a través de un diodo y se visualiza la tensión a través de él utilizando el trazador de curvas, la figura resultante será una forma de onda distorsionada. Esta figura irregular se debe a que la corriente en un diodo no fluye en ambas direcciones de manera igual, sino que solo permite el paso de corriente en una dirección (en el sentido directo) y bloquea la corriente en la dirección opuesta (en el sentido inverso).

El comportamiento no lineal del diodo hace que la curva de Lissajous presente deformaciones, ya que las amplitudes y fases de la señal aplicada y la tensión a través del diodo no se mantienen en una relación constante como ocurre en componentes lineales como resistencias o capacitores. El análisis de un diodo por medio del trazador de curvas permite evaluar su comportamiento no lineal en diferentes condiciones de señal.



**Ilustración 4-3:** Curva característica de diodo

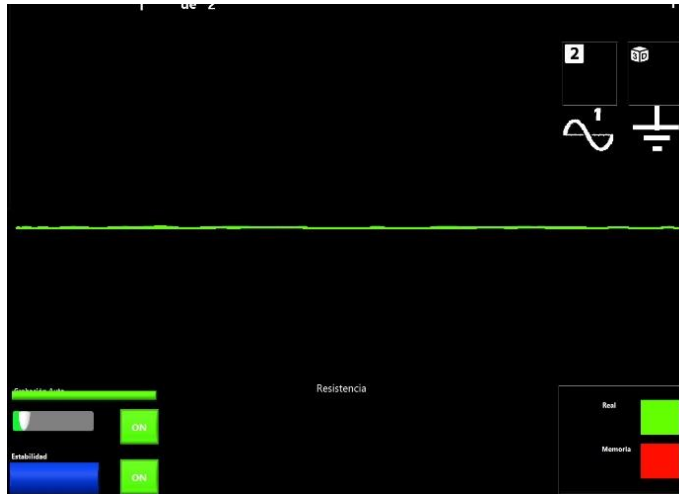
Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 4.1.1.4 Curva característica de un circuito abierto

Un circuito abierto se caracteriza por tener una resistencia infinita, lo que significa que no permite el flujo de corriente a través de él. Como resultado, la tensión a través del circuito abierto será cero, y la figura de Lissajous reflejará esto como una línea recta horizontal en el osciloscopio.

Es importante tener en cuenta que una línea recta en la figura de Lissajous indica que no hay cambio en la tensión a través del circuito en función de la señal aplicada. Esto es característico de un circuito abierto, donde la corriente no puede fluir y, por lo tanto, la tensión es nula.

De tal manera, dentro del diagnóstico por imágenes el circuito abierta muestra una falla absoluta en un componente, demostrando así que este se encuentra totalmente averiado, además de conexiones sin contacto, o interruptores en diferentes fases de funcionamiento.

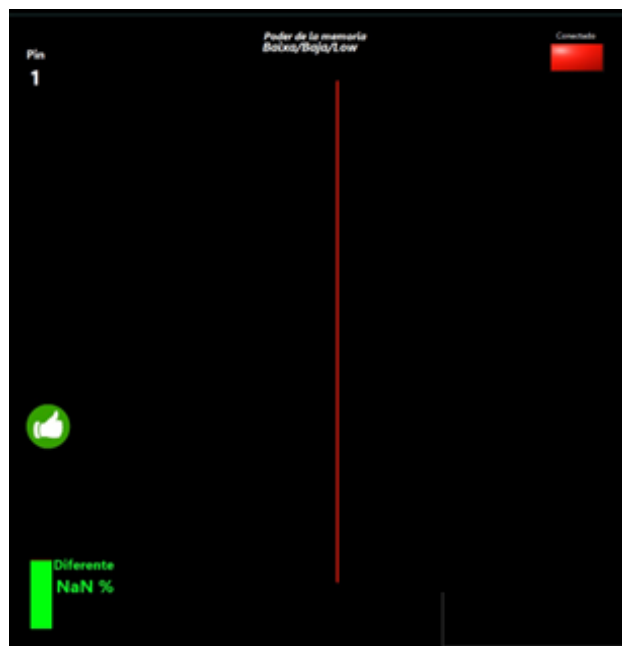


**Ilustración 4-4:** Curva característica de circuito abierto

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 4.1.1.5 Curva característica de corto circuito

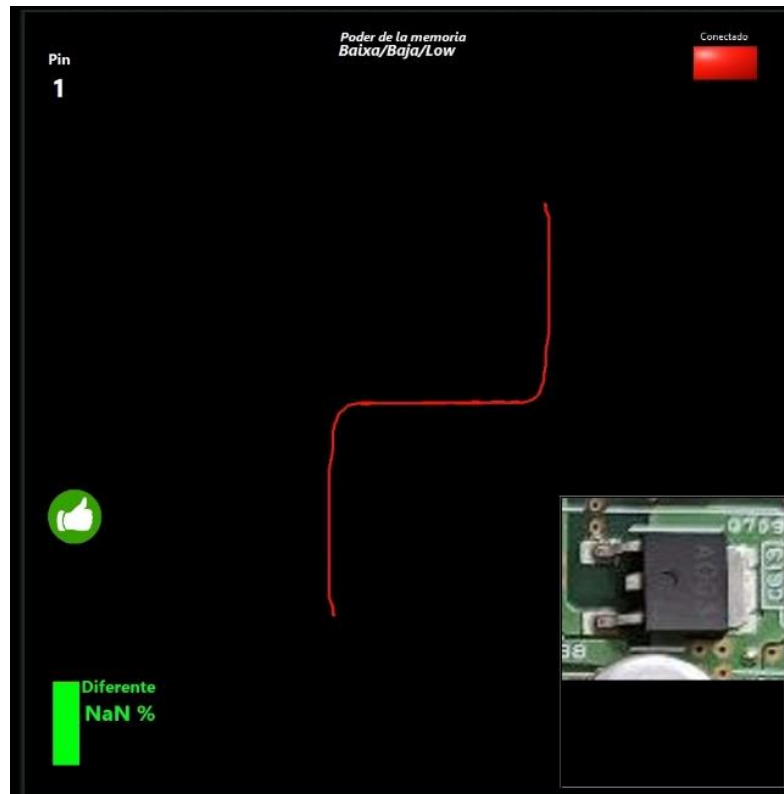
Esta curva se caracteriza por ser una línea recta vertical. Cuando se aplica una señal senoidal al circuito y se visualiza la tensión a través de este, la figura resultante será una línea recta vertical. Un cortocircuito se produce cuando hay una conexión directa y de baja resistencia entre dos puntos del circuito que deberían estar a diferentes potenciales. Esta situación provoca que la tensión a través del cortocircuito sea prácticamente cero, ya que la corriente fluye libremente entre los puntos de conexión sin encontrar resistencia significativa.



**Ilustración 4-5:** Curva característica de cortocircuito

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

#### 4.1.1.6 Curva característica de Transistores



**Ilustración 4-6:** Curva característica de transistor (Base - Emisor)

Realizado por: Borja, J. & Guevara, J., 2023.

La curva característica de un transistor presenta una similitud con la curva de un diodo, pero se diferencia en que se extiende hacia la parte negativa del eje Y. Es importante resaltar que, para asegurar el correcto funcionamiento del transistor, es necesario realizar pruebas en las fases base-emisor y base-colector. Si no se llevan a cabo ambas pruebas, no se podrá hacer un diagnóstico completo del buen estado de este componente

#### 4.1.2 Resultados del diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico

La prueba llevada a cabo consistió en la aplicación de una inducción de voltaje a tres niveles distintos. Se realizaron tres mediciones en cada fase utilizando voltajes de 250V, 500V y 100V. Estas mediciones permitieron evaluar el comportamiento y la respuesta del sistema a diferentes niveles de voltaje, lo que proporciona información valiosa sobre su rendimiento y estabilidad en diversas condiciones eléctricas.

Cada nivel de voltaje utilizado en la prueba representa una situación específica, y las mediciones realizadas en cada fase a esos niveles permitieron obtener una visión completa del comportamiento del sistema ante distintas intensidades de tensión. De esta manera, se pueden identificar posibles problemas, irregularidades o patrones de comportamiento que podrían no ser evidentes al evaluar el sistema con un solo nivel de voltaje.

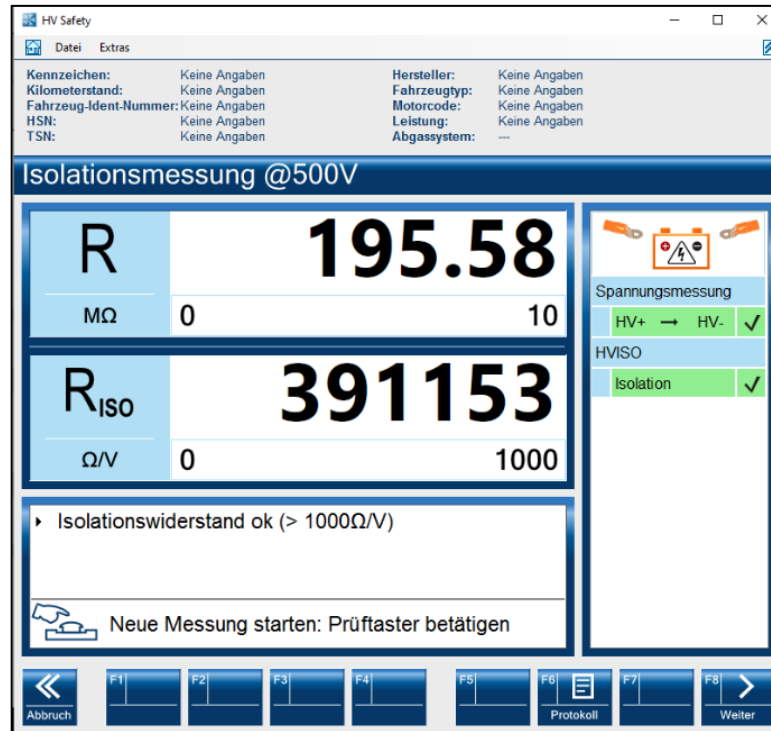
El proceso de realizar tres mediciones en cada fase garantiza una mayor precisión en los resultados, al permitir obtener un promedio de los datos y minimizar posibles errores o fluctuaciones. Además, esta metodología facilita la identificación de cualquier variación significativa entre las mediciones, lo que puede ser un indicativo de posibles deficiencias o anomalías en el sistema.

La elección de los voltajes específicos (250V, 500V y 100V) también es relevante, ya que abarcan diferentes rangos de tensión que son comunes en distintos escenarios eléctricos. Esto permite evaluar cómo el sistema responde tanto en situaciones de baja tensión como en situaciones de mayor exigencia.

**Tabla 4-1:** Características del motor eléctrico

Tipo:	Motor síncrono de imanes permanentes
Modelo	TZ210XSR41
Potencia nominal:	30 Kw
Potencia Pico:	60 Kw
Velocidad Nominal:	3600 RPM
Velocidad máxima:	9000 RPM
Numero de fases:	3
Clase de aislamiento:	H
Clase de protección:	IP67
Par máximo:	200 Nm

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.



**Ilustración 4-7:** Ejemplo de Test AVL Ditest 2000

**Fuente:** Software AVL DITEST 2000, 2023.

**Tabla 4-2:** Medición de resistencia al aislamiento

Motor	250V		500V		1000V	
	R	Riso	R	Riso	R	Riso
U	109,61	438429	194,57	389149	320,57	320573
V	84,8	339195	310,98	621967	286,77	286772
W	96,51	386024	195,58	391153	317,08	317077

**Fuente:** Software AVL DITEST 2000, 2023.

**Realizado por:** Borja, J. & Guevara, J., 2023.

En este tipo de motores es recomendable realizar la prueba de resistencia al aislamiento con un voltaje de inducción de 500 voltios, sin embargo, para un mayor entendimiento y la corroboración de datos, se utilizaron además valores de 250 y 1000 voltios.

La medición de la resistencia Riso hace referencia a la capacidad de aislamiento en relación con el voltaje inducido, estableciendo así una conexión directa y crucial con los niveles de voltaje presentes.



## **4.2 Análisis de Resultados**

### ***4.2.1 Análisis del diagnóstico por imágenes del inversor del vehículo eléctrico***

Una vez que se capturaron las curvas características, es necesario analizar los datos obtenidos. Para dicho efecto se utilizó el software proporcionado con el dispositivo Rastre Curve 2 para visualizar y analizar las curvas.

Los cortocircuitos son una de las fallas más comunes en los sistemas electrónicos. Pueden ocurrir cuando hay una conexión directa entre dos puntos que no deberían estar conectados, lo que provoca un flujo de corriente anormal y puede dañar los componentes o incluso causar un incendio. El dispositivo Rastre Curve 2 es capaz de identificar estos cortocircuitos mediante la detección de cambios bruscos en las curvas características, que indican una discontinuidad en el flujo de corriente proyectando una línea vertical paralela al eje Y.

Además de los cortocircuitos, existen otras anomalías que pueden manifestarse en las curvas características de los componentes electrónicos. Estas anomalías pueden incluir fluctuaciones inusuales en el voltaje, corrientes anómalas, resistencias anormalmente altas o bajas, y patrones atípicos en la respuesta de los componentes a las señales eléctricas. El dispositivo trazador de curvas está diseñado para detectar estas anomalías y resaltarlas en las gráficas generadas.

### ***4.2.2 Análisis del diagnóstico de resistencia al aislamiento del motor eléctrico***

El mega óhmetro es un dispositivo capaz de detectar fallas en la resistencia al aislamiento de las bobinas del motor y sus cables, de esta manera los resultados obtenidos al realizar las pruebas fueron satisfactorios para las fases U y W, reflejando una similitud en sus magnitudes entre los bobinados.

La fase V del bobinado del motor cuenta con una diferencia significativa con respecto a las dos fases restantes, indicando que su operación adecuada de funcionamiento es a 500 V de inducción, ya que en el rango de los 250V y 1000V es significativamente menor a las dos fases restantes, de tal manera indicaría que el motor no ha sido correctamente diseñado o no aplica su uso a la industria de los vehículos eléctricos.

## CAPITULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a la capacidad del trazador de curvas para detectar cortocircuitos y anomalías en las curvas características lo convierte en una valiosa herramienta en el diagnóstico de fallas en los inversores de los vehículos eléctricos. Estas fallas pueden afectar el rendimiento del inversor, su eficiencia energética y, en última instancia, la funcionalidad del vehículo. Al utilizar este dispositivo, los técnicos pueden identificar rápidamente problemas potenciales y tomar las medidas necesarias para solucionarlos.

El mega óhmetro permite medir la resistencia de aislamiento del motor eléctrico, lo que indica la capacidad de los materiales aislantes para mantener separadas las partes eléctricas. Un valor de resistencia de aislamiento alto es indicativo de un sistema de aislamiento en buenas condiciones, mientras que un valor bajo o una resistencia infinita pueden señalar problemas de aislamiento, como cortocircuitos o daños en el aislamiento. Este dispositivo es una herramienta de diagnóstico preventivo que permite detectar problemas de aislamiento en etapas tempranas, antes de que se conviertan en fallas mayores. Esto contribuye a evitar posibles daños en el motor eléctrico y a reducir el riesgo de averías costosas o accidentes.

Además de la detección de cortocircuitos y anomalías en las curvas características, el dispositivo Rastre Curve 2 también ofrece otras funciones y características beneficiosas. Estas incluyen la capacidad de realizar mediciones precisas, generar informes detallados, almacenar datos para su análisis posterior, y ofrecer opciones de visualización gráfica y comparativa. Estas funcionalidades adicionales ayudan a los técnicos a obtener una visión completa y precisa del estado de los componentes electrónicos y a tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la reparación mediante el patrón de referencia entregado en el software Rastre Curve 2 y los datos sobre el diagnóstico de resistencia al aislamiento debidamente documentado en el presente trabajo y en software ofimático.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

En base al estudio exhaustivo realizado, es de suma importancia y responsabilidad enfatizar la recomendación del uso obligatorio de equipo de protección personal especial para cualquier trabajo relacionado con sistemas electrónicos en vehículos eléctricos. A diferencia de los automóviles convencionales impulsados por combustión, los riesgos asociados a la manipulación de componentes eléctricos en estos vehículos pueden ser significativamente mayores y más peligrosos.

Se recomienda verificar los niveles de inducción de voltaje para el muestreo de la resistencia al aislamiento, así como las características del motor a evaluar, en especial el voltaje nominal de funcionamiento de este.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AEP.** *Análisis de circuitos con el Rastre Curve 2*. [blog], 2020. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://aep.es/analisis-de-circuitos-con-el-rastre-curve-2/>
2. **ALTUVE PAREDES, Miguel A.** *Análisis y simulación de circuitos eléctricos en corriente continua*. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, 2019. ISBN: 978-958-764-628-3, pp. 9-10.
3. **AUTEL.** *Maxiscope MP408*. [blog], 2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.autel.com/es/special/3288.jhtml>
4. **AUTOSOPORTE.** *¿Cómo funcionan las Baterías de Vehículos Eléctricos?*. [blog], 2023. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://autosoporte.com/como-funcionan-las-baterias-de-vehiculos-electricos/>
5. **AVL DITEST.** *HV SAFETY 2000*. [blog], 2023. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.avlditest.com/de/hv-safety-2000.html>
6. **BHATT, Pooja; et al.** “Electrical motors for electric vehicle –A comparative study”. *Proceedings of Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications (RAITEA)*. [En línea], 2019, (India), pp. 5-7. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3364887](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3364887)
7. **BORG, KEVIN L.** *Auto Mechanics: Technology and Expertise in Twentieth-Century America*. Reino Unido: Johns Hopkins University Press, 2007. ISBN: 978-0-8018-8606-5, pp. 229-231.
8. **COMBAT ROBOTICS MIT.** *Part 4: The real design – Electricals (The motor)*. [blog], 2015. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <http://combat-robotics.mit.edu/buildlog/part4.html>
9. **DÁVILA TAFUR, Roberto C.; & VILLALOBOS GÓMEZ, Arlene L.** Estrategias de reutilización y reciclaje de baterías de Ion Litio de vehículos eléctricos: Una revisión sistemática. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. 2021. pp. 24-39. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85327/D%c3%a1vila\\_TRC-Villalobos\\_GAL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85327/D%c3%a1vila_TRC-Villalobos_GAL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. **ERAZO, Germán; et al.** “Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI”. *Revista Infociencia*. [En línea], 2016, (Ecuador), 10(1), pp. 64-71. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1001>
11. **FREE PNG,** *Vehículo Eléctrico Transeje*. [blog], 2023. [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.freepng.es/png-icduqm/>
12. **GABBAR, Hossam A.; et al.** “Review of battery management systems (BMS) development and industrial standards”. *Revista Technologies*. [En línea], 2021, (Canadá),

9(2), pp. 3-4. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/technologies9020028>

13. **HERMAN, Stephen L.** *Delmar's Standard Textbook of Electricity*. 6<sup>a</sup> ed. Reino Unido: Cengage Learning, 2016. ISBN: 978-1-2858-5270-6, pp. 299-301.
14. **HERRES, David.** *Oscilloscopes: A Manual for Students, Engineers, and Scientists*. Alemania: Springer International Publishing, 2020. ISBN: 978-3-0305-3885-9, pp. 1-13.
15. **KPN SAFETY**, *Guantes dieléctricos de Composite – SGM*. [blog], 2023. [Consulta: 05 junio 2023]. Disponible en: <https://www.kpnsafety.com/ec/producto/guantes-dielectricos-de-composite-sgm/>
16. **LELIE, Markus; et al.** “Battery management system hardware concepts: An overview”. Revista Applied Sciences. [En línea], 2018, (Alemania), 8(4), pp. 6-12. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app8040534>
17. **LEMA ROMERO, Cristian; et al.** “Aplicación de la Técnica de Diagnóstico por Imágenes en la Evaluación Funcional de Sistemas Electrónicos de Aceleración”. Revista Tecnológica-ESPOL. [En línea], 2020, (Ecuador), 32(2), pp. 52-55. [Consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/704/451>
18. **LUCAS NÜELLE.** *MULTI13S DIGITAL MULTIMETER*. [blog], 2023. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.lucas-nuelle.us/2769/pid/1703/apg/1161/Multi13S-digital-multimeter.htm>
19. **MACHADO, Fabricio A.; et al.** Multi-speed gearboxes for battery electric vehicles: Current status and future trends. IEEE Open Journal of Vehicular Technology, [En línea] 2021, (Estados Unidos de Norteamérica), 2(1), pp. 419-422. [Consulta: 22 mayo 2023]. ISSN: 2644-1330. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/OJVT.2021.3124411>
20. **MALDONADO PÁEZ, Fernando E; et al.** “Modelo de componentes de un vehículo eléctrico que aportan a un análisis de la tecnología limpia en la industria automotriz”. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional. [En línea], 2020, (Ecuador) 5(8), pp. 699-700. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN: 2550 - 682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554374>
21. **MANDE, Daouda; et al.** “Comprehensive review on main topologies of impedance source inverter used in electric vehicle applications”. World Electric Vehicle Journal. [En línea], 2020, (Canadá), 11(37), pp. 2-17. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/wevj11020037>
22. **MARTÍN CASTILLO, Juan C.** *Conceptos previos (Electrónica)*. España: Editorial Editex, 2017. ISBN: 978-849-161-245-2, pp. 11-12.
23. **MISRA, Akash; et al.** “Performance Comparison of Multilevel and 2-level Inverters for High Voltage E-drive Application”. 2023 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS). IEEE. [En línea], 2023, (India),

pp. 1-6. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN: 2688 – 0288. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/SCEECSS57921.2023.10063049>

24. **MORENTE FERNÁNDEZ, Carolina.** Análisis y modelado del comportamiento de baterías para vehículos eléctricos. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. 2015. pp. 7-10. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23050/TFG\\_Carolina\\_Morente\\_Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23050/TFG_Carolina_Morente_Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
25. **OPEN INVERTER, Toyota G9200 Inverter.** [blog], 2023. [Consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: [https://openinverter.org/wiki/Toyota\\_G9200\\_Inverter](https://openinverter.org/wiki/Toyota_G9200_Inverter)
26. **OSCILOSCOPIOS.ES.** ¿Que se mide con el osciloscopio automotriz? [blog], 2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://oscilloscopios.es/notas-tecnicas/que-se-mide-con-el-osciloscopio-automotriz/>
27. **PATRICK, Dale R.; & FARDO, Stephen W.** *Electrical Power Systems Technology*. 3<sup>a</sup> ed. Reino Unido: River Publishers, 2020. ISBN:978-1-4398-0027-0, pp. 3-13.
28. **PEÑA ORDOÑEZ, Carlos.** Estudio de baterías para vehículos eléctricos. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. 2011. pp. 27-33. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC\\_Carlos\\_Pena\\_Ordonez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordonez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
29. **PICO TECHNOLOGY LTD.** *Automotive Diagnostics with an Oscilloscope*. [blog], 2022. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.picoauto.com/products/automotive-oscilloscope-kit/overview>
30. **RASHID, Muhammad H.** *Power Electronics Handbook*. 4<sup>a</sup> ed. Oxford - Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2018. ISBN: 978-0-12-811407-0, pp. 289-338.
31. **RASTRE CURVE.** *Rastre Curve 2*. [Manual], 2021. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://rastrecurve.com/Tec2Plus-Espanhol.pdf>
32. **REN, Qinglian; et al.** “Effect of transmission design on electric vehicle (EV) performance”. 2009 IEEE Vehicle power and propulsion conference. IEEE, [En línea], 2009, (Estados Unidos de Norteamérica), pp. 1260-1265. [Consulta: 22 mayo 2023]. ISSN: 1938-8756. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/VPPC.2009.5289707>
33. **ROSS, Richard J.** *Microelectronics Failure Analysis: Desk Reference*. 6<sup>a</sup> ed. Estados Unidos: ASM International, 2011. ISBN: 978-1-61503-725-4, pp. 159-160.
34. **SARANGO CASANOVA, Diego Fernando.** Caracterización tecnológica del vehículo eléctrico híbrido a través de la definición de su tren de potencia y modelo matemático. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2022. pp. 4-7. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22520/1/UPS-GT003720.pdf>

35. **TEHRANIPOOR, Mark M.; et al.** *Counterfeit Integrated Circuits: Detection and Avoidance*. Alemania: Springer International Publishing, 2015. ISBN: 978-3-319-11823-9, pp. 97-99.
36. **TEKTRONIX.** *Tektronix TBS2000B Data Sheet* [blog], 2023. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: [https://download.tek.com/datasheet/TBS2000B-Datasheet\\_3GW615096.pdf](https://download.tek.com/datasheet/TBS2000B-Datasheet_3GW615096.pdf)
37. **TEKWIKI.** *Tektronix 570*. [blog], 2023. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: <https://w140.com/tekwiki/wiki/570>
38. **TERRITORIO ELÉCTRICO.** *¿Qué es el BMS en mi batería de ion-Litio?*. [blog], 2023. [Consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <https://territorioelectrico.com/que-es-el-bms-en-mi-bateria-de-ion-litio/>
39. **VÉLEZ SÁNCHEZ, Johnatan Gerardo.** Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2017. p. 2. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288584519.pdf>
40. **VÉLEZ, Daniel; et al.** “Investigación del diagnóstico por imagen del grupo inversor–propulsor de vehículos híbridos”. Investigación Tecnológica IST Central Técnico. [En línea], 2022, (Ecuador), 4(1), pp. 1-10. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: [http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\\_tecnologica/article/view/144](http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/144)
41. **VETROVEC, John.** “High-performance heat sink for hybrid electric vehicle inverters”. International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. [En línea], 2011, (Estados Unidos de Norteamérica), pp. 1-6. [Consulta: 20 mayo 2023]. ISSN: 0148-7191. Disponible en: <https://doi.org/10.4271/2011-01-0349>
42. **WANG, Yicheng; et al.** “Comparative analysis of 2-level and 3-level voltage source inverters in traction applications”. 2021 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC). IEEE. [En línea], 2021, (Estados Unidos de Norteamérica), pp. 614-619. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN: 2377 – 5483. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ITEC51675.2021.9490160>
43. **YE, Haizhong; et al.** “Traction inverters in hybrid electric vehicles”. 2012 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC). IEEE. [En línea], 2012, (Estados Unidos de Norteamérica), pp. 1-6. [Consulta: 20 mayo 2023]. ISBN: 978-1-4673-1406-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ITEC.2012.6243442>
44. **YONG, Xiao; & JI, Wang** “Research on Detection and Fault Diagnosis Technology of Electric Vehicle Charging Facilities”. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. [En línea], 2020, 1650(2), pp. 1-5. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1650/2/022100>

## ANEXOS

### ANEXO A: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

The screenshot displays the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu bar, a table lists various vehicle and motor specifications, all of which are currently blank ('Keine Angaben').

Kennzeichen:	Keine Angaben	Hersteller:	Keine Angaben
Kilometerstand:	Keine Angaben	Fahrzeugtyp:	Keine Angaben
Fahrzeug-Ident-Nummer:	Keine Angaben	Motorcode:	Keine Angaben
HSN:	Keine Angaben	Leistung:	Keine Angaben
TSN:	Keine Angaben	Abgassystem:	---

The main display area is titled 'Isolationsmessung @250V'. It features two large digital readouts:

- The first readout shows a resistance value **R** of **109.61** MΩ, with a range from 0 to 10.
- The second readout shows an insulation resistance value **R<sub>ISO</sub>** of **438429** Ω/V, with a range from 0 to 1000.

Below these readouts, a status message indicates: 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. A button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen' is located at the bottom of this section.

On the right side of the interface, there is a vertical panel with the following elements:

- An icon of a battery with a lightning bolt and a warning symbol.
- A section titled 'Spannungsmessung' (Voltage Measurement) with a green bar indicating 'HV+ → HV-' and a checkmark.
- A section titled 'HVISO' (High Voltage Isolation) with a green bar indicating 'Isolation' and a checkmark.

At the bottom of the screen, there is a navigation bar with several function keys: 'Abbruch' (left arrow), 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (labeled 'Protokoll'), 'F7', and 'Weiter' (right arrow).



ANEXO B: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

The screenshot displays the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below this is a metadata section with the following fields:

Kennzeichen:	Keine Angaben	Hersteller:	Keine Angaben
Kilometerstand:	Keine Angaben	Fahrzeugtyp:	Keine Angaben
Fahrzeug-Ident-Nummer:	Keine Angaben	Motorcode:	Keine Angaben
HSN:	Keine Angaben	Leistung:	Keine Angaben
TSN:	Keine Angaben	Abgassystem:	---

The main display area is titled 'Isolationsmessung @250V'. It is divided into several sections:

- Resistance (R):** Shows a value of 84.80 MΩ. The scale is from 0 to 10 MΩ.
- Insulation Resistance (R<sub>ISO</sub>):** Shows a value of 339195 Ω/V. The scale is from 0 to 1000 Ω/V.
- Status:** A message indicates 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. Below this is a button labeled 'Prüftaster loslassen' with a hand icon.
- Measurement Status:** A section titled 'Spannungsmessung' shows 'HV+ → HV-' with a checkmark. Below it, 'HVISO' shows 'Isolation' with a checkmark.

At the bottom, there is a navigation bar with buttons for 'Abbruch', 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (labeled 'Protokoll'), 'F7', and 'F8' (labeled 'Weiter').

ANEXO C: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 250V

The screenshot displays the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu, a data entry section lists various fields with 'Keine Angaben' (No data) for most: Kennzeichen, Kilometerstand, Fahrzeug-Ident-Nummer, HSN, TSN, Hersteller, Fahrzeugtyp, Motorcode, Leistung, and Abgassystem.

The main display area is titled 'Isolationsmessung @250V'. It features two large measurement displays:

- The first display shows a resistance value  $R$  of **96.51**  $M\Omega$ . The scale is indicated as 0 to 10  $M\Omega$ .
- The second display shows an insulation resistance value  $R_{ISO}$  of **386024**  $\Omega/V$ . The scale is indicated as 0 to 1000  $\Omega/V$ .

To the right of these displays is a status panel with a warning icon and two sections:

- 'Spannungsmessung' (Voltage measurement) showing 'HV+ → HV-' with a green checkmark.
- 'HVISO' (Insulation) showing 'Isolation' with a green checkmark.

Below the measurements, a message box states: 'Isolationswiderstand ok (> 1000 $\Omega/V$ )'. At the bottom of this section, there is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen'.

The bottom of the interface features a row of function keys: F1 (Abbruch), F2, F3, F4, F5, F6 (Protokoll), F7, and F8 (Weiter).

ANEXO D: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

The screenshot shows the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu bar, there are two columns of text providing vehicle information: 'Kennzeichen: Keine Angaben', 'Hersteller: Keine Angaben', 'Kilometerstand: Keine Angaben', 'Fahrzeugtyp: Keine Angaben', 'Fahrzeug-Ident-Nummer: Keine Angaben', 'Motorcode: Keine Angaben', 'HSN: Keine Angaben', 'Leistung: Keine Angaben', 'TSN: Keine Angaben', and 'Abgassystem: --'. The main display area is titled 'Isolationsmessung @500V'. It features two large digital readouts: 'R' with a value of '194.57' and 'R<sub>ISO</sub>' with a value of '389149'. Below these, there are smaller readouts for 'MΩ' (0 to 10) and 'Ω/V' (0 to 1000). To the right, there is a status panel with a warning icon, 'Spannungsmessung' (HV+ → HV- ✓), and 'HVISO' (Isolation ✓). A message box at the bottom left says 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)' and 'Prüftaster loslassen'. The bottom navigation bar includes buttons for 'Abbruch', 'F1-F5', 'Protokoll', and 'Weiter'.

Parameter	Value	Unit	Range
R	194.57	MΩ	0 - 10
R <sub>ISO</sub>	389149	Ω/V	0 - 1000

Isolationsmessung @500V

Spannungsmessung  
HV+ → HV- ✓

HVISO  
Isolation ✓

Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)

Prüftaster loslassen

Abbruch F1 F2 F3 F4 F5 F6 Protokoll F7 F8 Weiter

ANEXO E: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

The screenshot shows the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu bar, there are two columns of data fields. The left column contains: 'Kennzeichen: Keine Angaben', 'Kilometerstand: Keine Angaben', 'Fahrzeug-Ident-Nummer: Keine Angaben', 'HSN: Keine Angaben', and 'TSN: Keine Angaben'. The right column contains: 'Hersteller: Keine Angaben', 'Fahrzeugtyp: Keine Angaben', 'Motorcode: Keine Angaben', 'Leistung: Keine Angaben', and 'Abgassystem: ---'. Below this is a blue header bar with the text 'Isolationsmessung @500V'. The main display area is divided into two large sections. The top section shows a large 'R' followed by the value '310.98' in a very large font. Below this, it shows 'MΩ' on the left, '0' in the middle, and '10' on the right. The bottom section shows a large 'R<sub>ISO</sub>' followed by the value '621967' in a very large font. Below this, it shows 'Ω/V' on the left, '0' in the middle, and '1000' on the right. To the right of these sections is a vertical panel with a warning icon (a lightning bolt in a triangle) and two orange test leads. Below the icon, it says 'Spannungsmessung' and shows 'HV+ → HV-' with a green checkmark. Below that, it says 'HVISO' and shows 'Isolation' with a green checkmark. Below the main display area, there is a text box that says 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. Below this, there is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen'. At the bottom of the screen, there is a row of function keys: 'Abbruch' (with a left arrow), 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (with a list icon), 'F7', and 'Weiter' (with a right arrow).

ANEXO F: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 500V

The screenshot displays the 'HV Safety' software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below this is a metadata section with two columns of information:

Kennzeichen:	Keine Angaben	Hersteller:	Keine Angaben
Kilometerstand:	Keine Angaben	Fahrzeugtyp:	Keine Angaben
Fahrzeug-Ident-Nummer:	Keine Angaben	Motorcode:	Keine Angaben
HSN:	Keine Angaben	Leistung:	Keine Angaben
TSN:	Keine Angaben	Abgassystem:	---

The main display area is titled 'Isolationsmessung @500V'. It is divided into several sections:

- Resistance Measurement:** Shows a large 'R' with a value of **195.58**. Below it, 'MΩ' is shown with '0' on the left and '10' on the right.
- Insulation Resistance Measurement:** Shows a large 'R<sub>ISO</sub>' with a value of **391153**. Below it, 'Ω/V' is shown with '0' on the left and '1000' on the right.
- Status:** A message box states 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. Below this is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen'.
- Measurement Confirmation:** A section titled 'Spannungsmessung' shows 'HV+ → HV-' with a checkmark. Below it, 'HVISO' shows 'Isolation' with a checkmark.

At the bottom, there is a navigation bar with buttons labeled 'Abbruch', 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (with a list icon), 'F7', and 'F8' (with a right arrow icon) labeled 'Weiter'.

ANEXO G: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE U DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

The screenshot displays the 'HV Safety' software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu is a data entry section with two columns of labels and values, all of which are 'Keine Angaben' (No data provided). The labels include Kennzeichen, Kilometerstand, Fahrzeug-Ident-Nummer, HSN, TSN, Hersteller, Fahrzeugtyp, Motorcode, Leistung, and Abgassystem.

The main display area is titled 'Isolationsmessung @1000V'. It features two large digital readouts: the first shows 'R' with a value of '286.77' and units 'MΩ' and '10'; the second shows 'R<sub>ISO</sub>' with a value of '286772' and units 'Ω/V' and '1000'. To the right of these readouts is a status panel with a warning icon and two sections: 'Spannungsmessung' showing 'HV+ → HV-' with a checkmark, and 'HVISO' showing 'Isolation' with a checkmark.

Below the readouts, a message box states 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. At the bottom of this section, there is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen'.

The bottom of the interface contains a row of function keys: 'Abbruch' (left arrow), 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (with a list icon and 'Protokoll' label), 'F7', and 'Weiter' (right arrow).

ANEXO H: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE V DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

The screenshot displays the HV Safety software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu bar, there are two columns of vehicle information, all with the value 'Keine Angaben' (No data provided):  
- Left column: Kennzeichen, Kilometerstand, Fahrzeug-Ident-Nummer, HSN, TSN.  
- Right column: Hersteller, Fahrzeugtyp, Motorcode, Leistung, Abgassystem.

The main display area is titled 'Isolationsmessung @1000V'. It is divided into several sections:  
1. A large display showing the resistance  $R$  as **320.57**  $M\Omega$ . Below it, a range is indicated from 0 to 10  $M\Omega$ .  
2. A second large display showing the insulation resistance  $R_{ISO}$  as **320573**  $\Omega/V$ . Below it, a range is indicated from 0 to 1000  $\Omega/V$ .  
3. A status box on the right side with a warning icon (lightning bolt in a triangle) and two test leads. It contains:  
- 'Spannungsmessung' (Voltage measurement) with 'HV+ → HV-' and a checkmark.  
- 'HVISO' (Insulation resistance) with 'Isolation' and a checkmark.  
4. A message box at the bottom left stating: 'Isolationswiderstand ok (> 1000 $\Omega/V$ )'. Below this message is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüfstaster betätigen' (Start new measurement: Press test button).  
5. A bottom navigation bar with buttons for 'Abbruch' (left arrow), 'F1' through 'F4', 'F5', 'F6' (with a list icon), 'F7', and 'F8' (with a right arrow) labeled 'Weiter'.

ANEXO I: MEDICIÓN DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO DE LA FASE W DEL MOTOR ELÉCTRICO A 1000V

The screenshot displays the 'HV Safety' software interface. At the top, there is a menu bar with 'Datei' and 'Extras'. Below the menu, a data entry section lists various fields with 'Keine Angaben' (No data) for most: Kennzeichen, Kilometerstand, Fahrzeug-Ident-Nummer, HSN, TSN, Hersteller, Fahrzeugtyp, Motorcode, Leistung, and Abgassystem.

The main display area is titled 'Isolationsmessung @1000V'. It features two large digital readouts: the first shows 'R' with a value of '317.08' and units 'MΩ' ranging from '0' to '10'; the second shows 'R<sub>ISO</sub>' with a value of '317077' and units 'Ω/V' ranging from '0' to '1000'. To the right of these readouts is a status panel with a high-voltage warning icon, 'Spannungsmessung' (HV+ → HV- ✓), and 'HVISO' (Isolation ✓).

Below the readouts, a message box states 'Isolationswiderstand ok (> 1000Ω/V)'. At the bottom of this section, there is a button with a hand icon and the text 'Neue Messung starten: Prüftaster betätigen'.

The bottom of the interface contains a row of function keys: 'Abbruch' (left arrow), 'F1', 'F2', 'F3', 'F4', 'F5', 'F6' (labeled 'Protokoll'), 'F7', and 'Weiter' (right arrow).



## ANEXO J: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AVL HV SAFETY 2000

### AVL DITEST HV SAFETY 2000



#### Equipotential bonding check@ 1A Measurement with four-wire technique

Range	Resolution	Tolerance
0–10 $\Omega$	1m $\Omega$	$\pm 3,5\%$

#### HV insulation measurement SAE – The SAE resistance can be adjusted in increments of 100k $\Omega$ to 500k $\Omega$

Range	Resolution	Tolerance
<10 V	25k $\Omega$	$\pm 5\%$

#### Voltage measurement DC only

Range	Resolution	Tolerance
-20 V bis + 20 V	0,01 V	$\pm 0,5\%$ v.M. $\pm 5$ digits
-100 V bis + 100 V	0,1 V	$\pm 1\%$ v.M. $\pm 5$ digits
-1000 V bis + 1000 V	0,5 V	$\pm 1,5\%$ v.M. $\pm 5$ digits
Input resistance	15 M $\Omega$	

#### HV insulation measurement Measurement current 1mA, with overcurrent protection; max. 5G $\Omega$

Range	Tolerance
250-1000V DC (in 50V increments)	5%

#### Resistance measurement

Range	Resolution	Tolerance
0 $\Omega$ bis 10 $\Omega$	10 m $\Omega$	$\pm 1\%$ v.M. $\pm 5$ m $\Omega$
0 $\Omega$ bis 100 $\Omega$	0,1 $\Omega$	$\pm 1\%$ v.M. $\pm 50$ m $\Omega$
0 $\Omega$ bis 1 k $\Omega$	1 $\Omega$	$\pm 1\%$ v.M. $\pm 1$ $\Omega$
0 $\Omega$ bis 10 k $\Omega$	10 $\Omega$	$\pm 1\%$ v.M. $\pm 10$ $\Omega$
0 $\Omega$ bis 100 k $\Omega$	100 $\Omega$	$\pm 1,5\%$ v.M. $\pm 100$ $\Omega$
0 $\Omega$ bis 1 M $\Omega$	1 k $\Omega$	$\pm 2\%$ v.M. $\pm 1$ k $\Omega$
0 $\Omega$ bis 10 M $\Omega$	10 k $\Omega$	$\pm 5\%$ v.M. $\pm 10$ k $\Omega$

#### Admissions & certificates

Protection classes	Certificates
CAT I 1.000V, CAT II 600V, CAT III 300V	CE, UL 201, UL 61010-1, FCC 47



### RastreCurve 2PLUS

#### Datos técnicos:

1- Canales: 3, 2 para comparación, memorización y prueba, y 1 para activar transistores, triacs, scr, acopladores de fotos, etc.

2- Memorización por foto, modo de captura punto por punto y tres puntos.

3- solo alimentado por USB

4- Perfiles de prueba: 4 (potencia baja, normal, máxima y automática)

**Baja potencia:** Indicado para tableros donde el voltaje / frecuencia es bajo. También es adecuado para placas con un alto nivel de capacitancia, ya que la frecuencia insertada es de 4 HZ, voltaje máximo 1vp (2vpp) Voltaje RMS: 0.70710V e impedancia de 10KOhm.

**Potencia normal:** adecuada para la mayoría de las pruebas, esta opción ya estará predeterminada para comenzar futuras pruebas, puede cambiarla a su gusto. En esta prueba, la frecuencia insertada es de 40 Hz, voltaje máximo de 2vp (4vpp) Voltaje RMS: 1.41420V e impedancia de 10KOhm.

**Potencia automática:** indicada cuando la tarjeta a medir es desconocida, la corriente en esta opción estará limitada por el circuito medido. En esta prueba, la frecuencia insertada es de 30 Hz a 1 kHz, voltaje máximo 2vp (4vpp) a 2.4v (4.8vpp) Voltaje máximo RMS: 1.697040V e impedancia de 10KOhm.

**Potencia máxima:** indicada para circuitos de potencia, transistores, amplificadores, etc. En esta opción, la frecuencia será mayor. En esta prueba, la frecuencia insertada es de 50 Hz, voltaje mínimo 2.4vp (4.8vpp) Voltaje RMS: 1.697040V e impedancia de 10KOhm

5- Tensión de prueba máxima de hasta 2.4vp (4.8vpp)

6- Corriente máxima 10mA

7- Tiempo de aplicación de voltaje de prueba: 1.5ms

8- Impedancia: 10kOHM



## RastreCurve 2PLUS

9- Medida de resistencias, condensadores, diodos, etc.

10-Grabación de datos y comparación de memoria.

11-Sensibilidad: 2.5 mV

12-Velocidad de imagen: 0.05 mS / div ... 0.100 mS / div

Voltaje de salida de terminal de pulso amarillo 13: + 5V

14 frecuencias (digital): de 4hz a 1khz

15-Dimensiones: 11.7CM X 7.5CM X 3.4CM

16-Peso: 450 gramos con todos los accesorios

17- Código de producto: MLB115371268

18- NCM: 90303100

19- Descripción: Localizador, Rastreador de defectos Rastre Curve 2plus

**NOTA: Las pruebas deben realizarse con la placa o los módulos apagados y, si los condensadores están cargados, deben descargarse.**