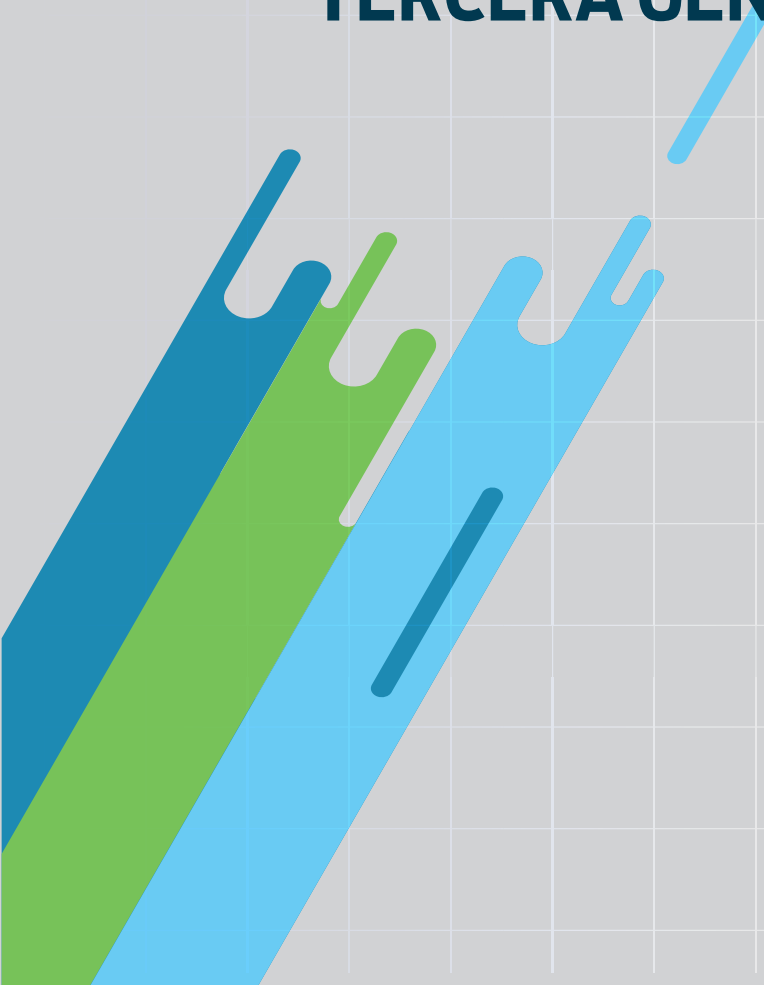


**CARACTERIZACIÓN DEL  
FUNCIONAMIENTO Y DETERMINACIÓN  
DE MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO  
POR IMÁGENES PARA EL INVERSOR  
DE UN TOYOTA PRIUS HYBRID  
TERCERA GENERACIÓN AÑO 2010**



## CARACTERIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y DETERMINACIÓN DE MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES PARA EL INVERSOR DE UN TOYOTA PRIUS HYBRID TERCERA GENERACIÓN AÑO 2010.

### CHARACTERIZATION OF THE OPERATION AND DETERMINATION OF IMAGE DIAGNOSTIC METHODS FOR THE INVERTER OF A TOYOTA PRIUS HYBRID THIRD GENERATION YEAR 2010.

Matute Ponce Juan Fernando<sup>1</sup>,  
Quinteros Peñafiel Santiago Israel<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico Luis Rogerio González, Ecuador, juanfermat@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Luis Rogerio González, Ecuador, sanquinpe87@hotmail.com

## RESUMEN

En el presente documento se analiza el despiece del inversor y se caracteriza por áreas de tal manera que se pueda reconocer los elementos clave que podrían ser diagnosticados, medidos o comparados con la finalidad de entender el funcionamiento y proponer un diagnóstico acertado del inversor de un Toyota Prius 3G año 2010, dentro de los elementos más llamativos son los circuitos integrados encontrados, que controlan los IGBT de potencia, los cuales convierten la corriente Alterna (AC) a Corriente Directa (CC), o viceversa, los capacitores en la carcasa del inversor son quizá las piezas clave al momento de inversión de voltajes, a todos los conjuntos, transistores, chips se describen sus características y valores característicos de operación, posterior a ellos se plantean alternativas de diagnóstico, de las cuales se selecciona el diagnóstico por imagen llegando a demostrar que los transistores de la etapa CC/CC están afectados, la metodología aplicada resulta ser de utilidad brindando resultados claros y de fácil interpretación.

**Palabras Claves:** Caracterización, diagnóstico por imagen, inversor, Transistores IGBT.

## ABSTRACT

*In this document, the breakdown of the inverter is analyzed and it is characterized by areas in such a way that the key elements that could be diagnosed, measured or compared can be recognized in order to understand the operation and propose an accurate diagnosis of the inverter of a Toyota. Prius 3G year 2010, among the most striking elements are the integrated circuits found, which control the power IGBTs, which convert Alternating Current (AC) to Direct Current (CC), or vice versa, the capacitors in the inverter casing They are perhaps the key pieces at the time of voltage inversion, to all the assemblies, transistors, chips their characteristics and characteristic values of operation are described, after them diagnostic alternatives are proposed, from which diagnosis by image is selected reaching demonstrate that the transistors of the CC/CC stage are affected, the applied methodology turns out to be useful, providing clear and easy-to-interpret results.*

**Keywords:** Characterization, diagnostic imaging, inverter, IGBT transistors.

Recibido: 18/09/2023

Aceptado: 27/10/2023

Received: 18/09/2023

Accepted: 27/10/2023

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental en los últimos años ha incrementado sustancialmente a raíz del crecimiento poblacional, el parque automotor representa el 13% de la contaminación a nivel mundial. [1] La industria automotriz en pretensión de reducir los índices de contaminación y en cumplimiento de lo estricto de las normativas ambientales busca implementar nuevos sistemas que optimicen el consumo de combustible y reduzcan las emisiones, uno de los pasos para llegar a ello es la creación y puesta en funcionamiento de los vehículos híbridos que asisten ya desde el siglo XIX, [2]. Uno de los pioneros en el Ecuador en la implementación de los vehículos híbridos es la marca coreana KIA y la japonesa TOYOTA.

En los últimos años a finales del 2022 según [3], la venta de vehículos híbridos creció en un 172% y continua, el aumento sustancial del parque automotor híbrido obliga a los centros de servicio, talleres automotrices y técnicos del área a prepararse para los nuevos retos que estas tecnologías implican en el tema de diagnósticos, reparación y mantenimiento. [4]. Según reportes de Toyota uno de los elementos que más frecuencia de fallo presenta es el inversor de los vehículos híbridos [5].

La relevancia que el presente documento tiene para los técnicos y estudiantes del área Automotriz es elevado, esto considerando que en el medio la documentación para efectuar los procesos de diagnóstico es limitada o tiene un costo considerable, el presente trabajo tiene como finalidad describir el funcionamiento de las distintas etapas del inversor y al final proponer varias metodologías de diagnóstico aplicables a los elementos clave del inversor, esto con la pretensión de a futuro efectuar un diagnóstico integral de un inversor averiado y determinar el área afectada y lograr su recuperación, lo que provocaría que los costos de mantenimiento de los vehículos híbridos bajen.

En la sección I del documento se describen las partes más importantes, así como las funciones clave del inversor, en la sección II se describe y caracteriza las distintas partes y etapas del inversor con la finalidad de identificar elementos clave que podría ser los causantes del fallo operativo del inversor, en la sección III se establece algunas metodologías comprobadas que podrían aplicarse a los elementos del inversor con la finalidad de diagnosticar su estado y operatividad, en la sección IV se establece los resultados más relevantes de la investigación y metodologías, en la sección V se dan

a conocer las conclusiones más relevantes. Lograr identificar los elementos en fallo así como también poder recuperar un inversor resultaría ser un paso importante hacia la comprensión de estos nuevos sistemas implementados en el sector de la movilidad, el aporte al conocimiento resulta ser uno de los objetivos clave del presente documento que ofrecerá a los lectores la comprensión y entendimiento de cómo trabaja u opera un sistema inversor, los usuarios de vehículos gastan mucho dinero cambiando los elementos del sistema híbrido, entre ellos el inversor, lograr prolongar la vida útil o lograr recuperarlo con la comprensión de su funcionamiento resulta ser un motivante para llevar a cabo el trabajo que a continuación se desarrolla.

### **Sistema inversor de un vehículo híbrido**

Este componente es parte fundamental del vehículo híbrido, incorpora una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos, pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema híbrido ECU HV, esta última se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC. El inversor se encarga de transformar y administrar el flujo de electricidad entre la batería y el motor eléctrico. Además, posee un convertidor integrado que envía parte de la electricidad del sistema a la batería auxiliar de 12 V[3].

### **Sistema propulsor de un vehículo híbrido**

Toyota denomina a la transmisión utilizada en el Prius como "Power Split Device". Esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa. Este vehículo dispone de un "engranaje planetario" para transmitir el movimiento a las ruedas. No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento [4].

### **Moto-generadores**

Los moto-generadores son motores eléctricos trifásicos de imán permanente que trabajan con un voltaje nominal de 650 V y sus ventajas dentro del vehículo híbrido son su compacidad, su fácil refrigeración, su bajo mantenimiento, su baja sonoridad tal como lo indican los catálogos Toyota; también tienen desventajas como su posibilidad de desmagnetización, riesgo de averías en el inversor, su limitada entrega de par a alta velocidad y por supuesto su alto costo en caso de avería y requiera ser reemplazado, estos motores son parte fundamental para que el sistema híbrido del Toyota Prius funcione [5].

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó una metodología investigativa experimental de carácter descriptivo que permitió establecer características fundamentales del inversor de un Toyota Prius 2010, la metodología antes mencionada se aplica de manera directa sobre el objeto de estudio.

Análisis de diagnóstico por imagen en componentes de un inversor. Para el funcionamiento de un vehículo híbrido es necesario un elemento fundamental que se encargue de las funciones vitales de este, el inversor de un híbrido viene a ser su corazón y el encargado de cuatro funciones controladas siempre por una unidad de control electrónica las cuales se detallan a continuación. Elevar la tensión de la batería híbrida llevándola de los 200V a aproximadamente 500V, dicha elevación de tensión es realizada por un circuito llamado BOOSTER, Usando la tensión del BOOSTER, es decir con los 500V lograr generar una corriente que dé el movimiento de los motogeneradores de manera independiente, dicho movimiento será controlado por una unidad de control electrónico HV. Lograr controlar la situación de operación de los motogeneradores, para aprovecharlos como motores para el impulso, o como generadores para la carga. Cargar la batería de accesorios de 12V, reduciendo la tensión de la batería HV de 200V a una tensión apta para cargar la batería de 12V, esto a través de un convertor DC/DC, incorporado en el mismo conjunto inversor.

### Descripción de FADOS9F1

FADOS9F1 conocido por ser un dispositivo que tiene la finalidad de test característico para diagnóstico de elementos electrónicos y placas de circuitería identificando pruebas de voltaje y análisis de corriente. Posee dos características fundamentales de funcionamiento, la primera es generar alimentación DC programable, ya que su voltaje de salida es variable entre 16 - 20 voltios a 1500mA máximos se forma claramente el gráfico DC voltaje - corriente de las placas eléctricas y sus componentes analizándolos bajo test producto de la generación de imágenes Lissajous y niveles de frecuencia. La segunda caracterización es funcionar como sonda de medición de temperaturas a distancia por una punta de prueba de infrarrojos IR, que a su vez es un sensor que detecta el estado de temperatura de componentes que se encuentran en funcionamiento continuo y que es posible que estén sobrecalentados por falta de disipación de calor.

### Pruebas en componentes electrónicos bajo test FADOS9F1.

Los componentes bajo test que se pueden analizar de forma general son resistencias, capacitores, bobinas, diodos de uso general o Zener, transistores de tipo NPN, PNP, JFET, MOSFET, circuitos integrados, compuertas lógicas y micro controladores con circuitería externa. El FADOS9F1 posee un software y hardware exclusivos para pruebas bajo test en el cual se denotan el buen o mal funcionamiento de circuitería y elementos eléctricos que estén enmascarados por placas o capsulas de sellado, para referirnos al diagnóstico por imágenes es importante conocer las firmas básicas que generan los componentes principales o circuitos equivalentes que el programa identifica mediante el software.

### Elevador de tensión (BOOSTER).

El elevador de tensión es el encargado de elevar los 200V que entrega la batería HV a unos 500V que ser entregados a los inversores de cada motogenerador. Para realizar dicha función el Booster cuenta con dos elementos principales incorporados, un reactor y un módulo denominado IPM el cual está compuesto por transistores IGBT, los mismos que se encargan de dos funciones específicamente. La primera es con el reactor crear una fuente que eleve la tensión la cual será enviada hacia el inversor que controla los motogeneradores, y la segunda es permitir que la tensión generada por los MGs llegue hacia la batería HV. El BOOSTER cuenta además con un circuito RC que significa resistencia-condensador el cual está encargado de estabilizar el sistema y además mantenerse descargado cuando el sistema sea desconectado de la fuente de energía. Figura 10: Circuito Booster. Los condensadores en este circuito son 3, se encargan de almacenar los picos de voltaje para luego entregarlo en valores altos de aproximadamente 500V, paralelamente a los capacitores se encuentra una resistencia conformada internamente por varios resistores para poder disipar de una mejor manera la potencia, A través de diagnóstico por imágenes se consiguió formar un circuito equivalente que representa al BOOSTER para así lograr determinar su funcionamiento en las diferentes situaciones y poder testear cada uno de sus componentes para llegar a una conclusión de buen o mal funcionamiento. En la primera función del BOOSTER es decir la de llevar el voltaje elevado hacia el control de los motogeneradores, se activa el transistor Q2 cargando el reactor con la tensión de la batería híbrida, luego el transistor Q2 es desactivado generando una autoinducción



del reactor generando un voltaje elevado a la salida del mismo, cabe recalcar que solamente uno de los dos transistores puede ser activado, en este caso Q1 esta desactivado, dejando pasar la corriente solamente el diodo D2 ya que el diodo D1 no logra ser polarizado. Figura 11: Circuito Booster enviando voltaje al inversor. En la segunda función del BOOSTER es decir cuando trae el voltaje generado del motogenerador hacia la batería híbrida, se activa el transistor Q1, en este caso el que no se encuentra polarizado es el D2 por lo que no da paso a la tensión, pero al estar accionado Q1 la tensión pasa por este, para el cual el transistor Q2 esta desactivado, el voltaje pasa por el reactor que debido a su baja resistencia no genera gran caída de tensión y finalmente la tensión llega a la batería HV. Figura 12: Circuito Booster recibiendo voltaje del inversor.

Para la caracterización del inversor se ejecutó la siguiente secuencia de pasos con la finalidad de identificar características fundamentales del inversor, en primera instancia se realizó una revisión exhaustiva del material bibliográfico, manuales de taller, para identificar los procesos más adecuados de despiece, el elemento de estudio fue analizado de manera externa e interna con la finalidad de identificar sus puertos de entrada de alto voltaje y bajo voltaje, así como sus puntos de conexión a la corriente alterna (AC) del trans eje y la corriente continua (CC) de la batería, posterior a ello se procede a la fase de despiece del inversor siguiendo las normas y procesos que garantizan seguridad y preservan la integridad del objeto analizado, con el inversor desarmado se identificó y se organizó en áreas de análisis, esto en base a la especificado en el manual de despiece del fabricante, con el inversor dividido en áreas teóricas se recurre a manuales e información obtenida de varias fuentes con la finalidad de identificar las áreas clave del inversor, áreas como, conversor de Corriente Continua (CC) a Corriente Alterna (AC), esto se detallara en los resultados obtenidos.

Con las áreas identificadas se analiza los componentes fundamentales que las caracterizan, se aplica los fundamentos básicos de electrónica para medir resistencias, capacitancias, continuidad, y con un método exploratorio aplicado y posterior descripción de las características físicas, eléctricas y electrónicas de los componentes como, condensadores, diodos, transistores, se caracteriza los elementos clave que posteriormente podrían ser estudiados con la finalidad de proponer varias metodologías de diagnóstico, con las partes del inversor caracterizadas se propone un método de diagnóstico para cada elemento en específico

aplicando los principio fundamentales de la electrónica, por último se selecciona un método de diagnóstico de acuerdo al área más afectada encontrada en el inversor para poderlo aplicar y conocer su fiabilidad, la metodología propuesta presenta sus limitaciones debido a que no describe a detalle el funcionamiento de las placas y circuitos del inversor, los métodos son específicos para el inversor del Toyota Prius 3G año 2010, las metodologías están en base a los elementos encontrados dentro del inversor.

### 3. RESULTADOS

El inversor del Toyota Prius analizado presenta las siguientes entradas y salidas de voltaje, así como las entradas de señal y comunicación con la unidad de control del sistema Híbrido. Lo mencionado se lo puede apreciar en la figura 1 y 2.

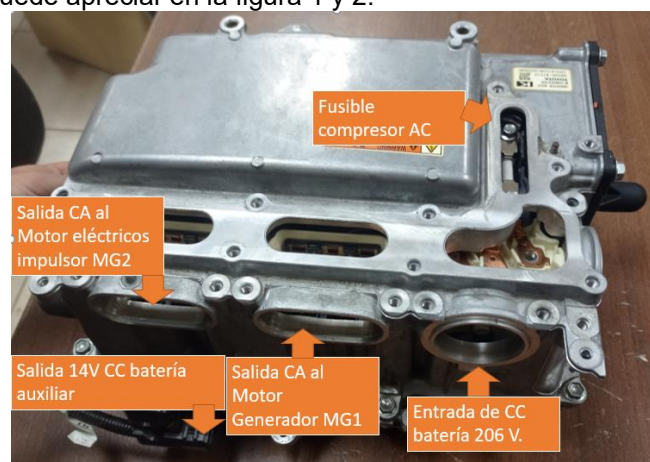


Figura. 1. Entradas y salidas externas del inversor

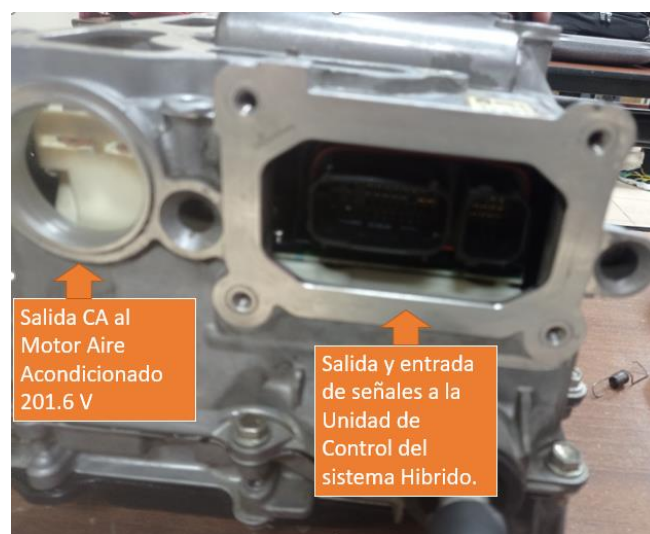


Figura. 2. Salidas al compresor AC y señales de la unidad de control.

Antes de proceder al desarmado de la unidad se

debe revisar que las conexiones y bornes de contacto no estén sulfatados y flojos, luego de ello se retira el chasis o protección de aluminio, al retirar la tapa del inversor se encontraron las unidades de control del inversor y la circuitería encargada de controlar los procesos que suceden dentro del inversor en la figura 3, se observa los principales elementos encontrados al momento de retirar el cobertor superior del inversor.

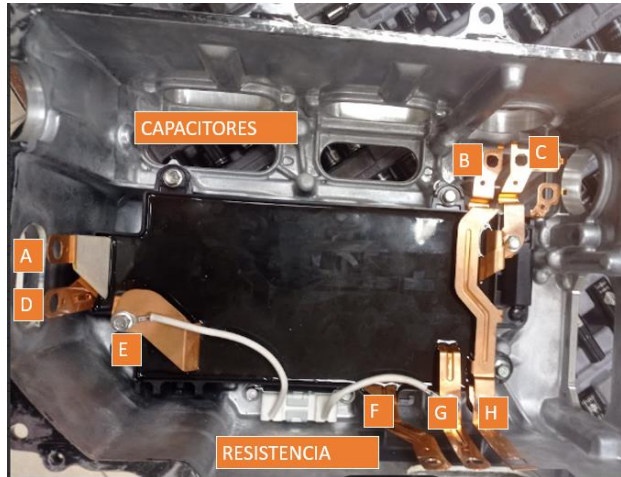


Figura 3. Capacitores de las distintas fases de conversión.

En la tabla 1, se visualizan los resultados de las mediciones realizadas en los pines del capacitor.

Tabla I. Medidas de los Capacitores y resistencias.

Pin Inicial	Pin Final	Valor medido
A	B	156uf
B	D	114 uf
A	D	439 uf
Resistencia	kohm	144

Los resultados vistos en la tabla 1 dejan notar que el capacitor está conformado de sub capacitores de diferentes medidas, esto con la finalidad de lograr estabilizar el voltaje de la batería, el conjunto dispone de 3 capacitores de 296 uf, 2 capacitores 157 uf y un capacitor de 0,512 uf, además de ellos el sistema del inversor dispone de dos capacitores adicionales externos como se observa en la figura 4, cuyo valor esta sobre los 0,8 uf, los capacitores del Toyota Prius 2010 son del tipo película plástica metalizada y fueron fabricados por Matsushita bajo la marca Panasonic



Figura 4. Capacitores externos de 0,8 uf

Una función principal de estos capacitores es atenuar los transitorios de voltaje y las sobretensiones que están asociadas con la acumulación y el colapso de la energía almacenada en el inductor de 329  $\mu$ H, los capacitores y resistencias pueden ser medidos y comprobados con un multímetro, un analizador de imágenes etc.

Continuando con el desmontaje del conjunto inversor, al retirar el chasis y la protección de aluminio, se encontró el módulo de control electrónico del inversor (F1759-4707005) y varios circuitos más, que en la figura 5 son detallados de mejor manera.

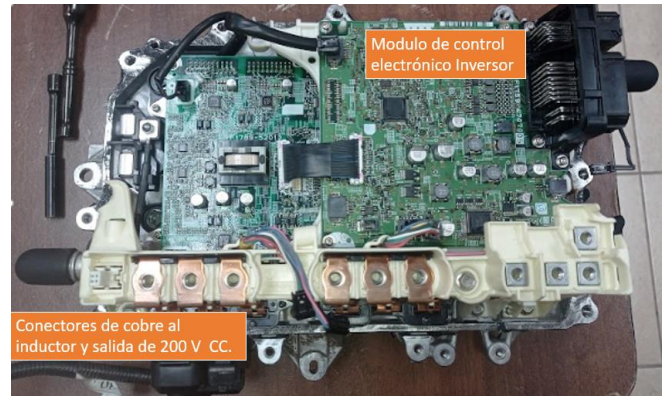


Figura 5. Módulo de control electrónico del inversor.

El módulo de control electrónico recibe las señales de la unidad de control del sistema híbrido y es el encargado de comandar los distintos sistemas del inversor, como lo es el sistema de conversor de CC a CA, el sistema de reducción de voltaje de 201 V CC a 14 V CC para cargar el sistema de alimentación auxiliar. Las barras colectoras son sustancialmente gruesas para reducir la inductancia y resistencia, están atornilladas directamente al módulo de la electrónica de potencia. Tres barras colectoras de cobre están agrupadas, dos de las cuales son para cada terminal del inductor. La otra barra colectora proporciona un común para los 201 V a 12 V CC-CC del convertidor, y el suministro positivo para este convertidor está conectado a la terminal de entrada.



En el módulo de control electrónico del inversor destacan varios circuitos integrados de los cuales no se cuenta con mucha información, se encontró un circuito integrado con el código TAMAGAWA AU6802N1, según la ficha técnica [6] estos reciben señales de los sensores de rotación de los motores. Emite una señal sinusoidal de control, que después de la amplificación se alimenta a una bobina giratoria, y luego la señal sinusoidal se toma en dos bobinas estacionarias. La amplitud de la señal sinusoidal en las bobinas SIN y COS en comparación con la señal de excitación original da la rotación del eje del motor, y de manera muy precisa: el chip puede detectar hasta 10-12 bits, es decir,  $1/1024$  o  $1/4096$  revoluciones esto es  $0.0879^\circ$  convertido a grados.

Retirado el módulo de control del inversor se retiran los rieles, estas rieles o barras colectora poseen dos sensores de corriente, figura 6, con electrónica diferente, el uno es de color negro y el otro de color blanco, como dispone de dos motos generadoras con salidas diferentes, por lo que se deben colocar sensores de corriente con diferentes sensibilidades en los rieles. Por razones de economía, se mide la corriente de sólo dos fases, ya que se puede calcular la tercera.

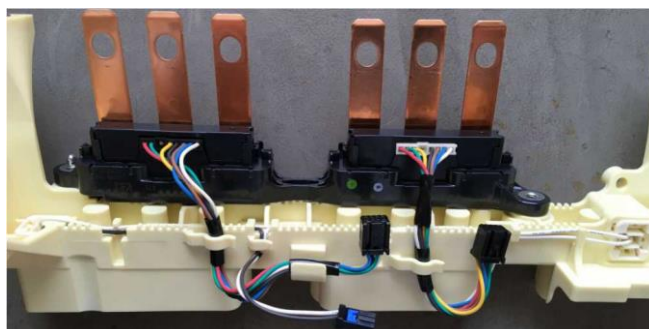


Figura. 6. Sensores de corriente de las dos fases de los motores.

Retirado el módulo de control principal del inversor se ubica el sistema de control de los IGBT de potencia. Esta placa de circuito, que se muestra a la derecha, es multicapa e incluye electrónica de regulación de potencia, dos microprocesadores MG idénticos, un convertidor boost microprocesador, dos circuitos integrados (IC) Tamagawa AU2802 para velocidad y posición de MG, medición de corriente MG, dispositivos de enclavamiento de seguridad y retroalimentación de temperatura. La placa de circuito que se ve en la parte media de la figura 7 es la placa del controlador y fuente de alimentación.

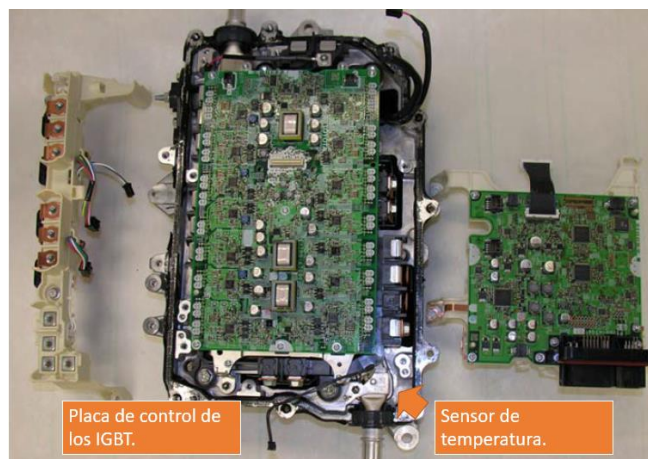


Figura. 7. Placas electrónicas de control del inversor.

La placa del controlador (F1789-52010) incluye fuentes de alimentación de aislamiento reguladas, controlador aislado electrónica y hardware para evitar fallas y superposiciones, así como voltaje, corriente y temperatura, circuitos de detección para cada transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). Hay 22 grupos de 5 pines para propósitos de conducción y detección para cada IGBT. Para localizar los IGBT es necesario cortar los 110 PINES que lo unen con la placa de control, estos pines están diseñados de tal manera que soporten altas intensidades y calor, para refrigerar el conjunto de transistores de potencia se cuenta con un sistema intercambiador de calor, por el cual circula refrigerante, esto está aislado de la carcasa del inversor mediante una pasta térmica, figura 8.



Figura. 8. Pasta térmica que aísla los IGBT de la carcasa.

Retirado la placa de control, se apreciaron los IGBT, estos transistores son identificados de acuerdo a la figura 9, los transistores IGBT son transistores de alta frecuencia que trabajan junto con los diodos, los transistores del Motor generador 1 y 2 trabajan de acuerdo a las situaciones o condiciones de funcionamiento, es preciso considerar que, la energía almacenada en la batería es energía del tipo continua, por otro lado, la energía que usan o generan los moto generadores, son del tipo alterna, es por ello que, mediante la saturación de los transistores producen las distintas ondas ya sea alterna o continua. La batería del Toyota prius almacena 201 V de CC, pero el motor eléctrico funciona con 600 V CA, el trabajo de conversión de CC a CA lo hacen los IGBT, la función de elevador de tensión bidireccional lo hacen en conjunto con un grupo de transistores IGBT, 4 en total, y con el uso de un inductor de 260  $\mu\text{H}$ .

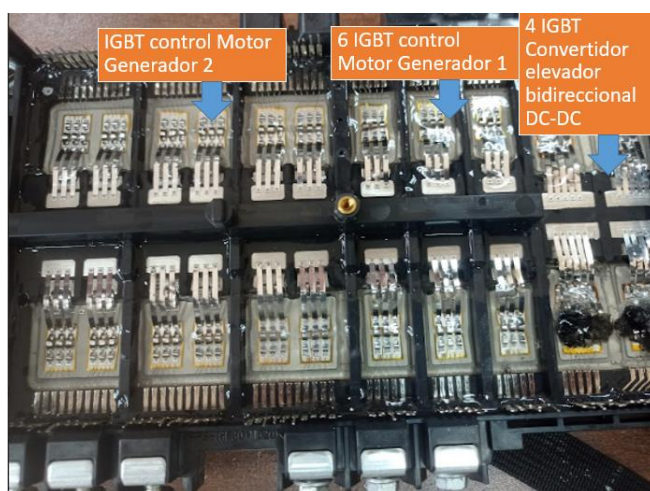


Figura. 9. Transistores IGBT y Diodos.

Como se aprecia en la figura 9, uno de los hallazgos más relevantes en este proceso fue, la falla en los transistores de potencia de la etapa de conversión bidireccional Booster, es decir en la etapa donde la energía es reducida de 201 V CC a 14V CC o aumentada a de 201 V a 600 V, o viceversa, este apartado será analizado más a profundidad en las siguientes secciones del documento, con la finalidad de establecer una metodología aplicable al diagnóstico del inversor. Los transistores IGBT están inmersos en una especie de pasta o silicón que los aísla de la temperatura o cualquier otro componente que pueda afectar su funcionamiento, los transistores IGBT y los diodos son controlados por chips que llevan la codificación DF047, cada transistor tiene identificado sus pines A: ánodo, K: cátodo, G: compuerta, E: emisor, S: sentido (pin de detección de corriente).

Por la parte posterior del inversor, al retirar una

especie de cárter metálico del inversor podemos localizar un inductor que medido nos da un valor de 260  $\mu\text{H}$ , figura 10, en esta sección que según el manual del fabricante es llamada etapa de conversión bidireccional booster, es esta área destaco los elementos como, un capacitor de filtrado de 0.582  $\mu\text{F}$  y otro Condensador filtro de 0.8  $\mu\text{F}$  / 900VDC, la misión es limitar las interferencias, se cuenta con 5 convertidores resonantes P105J400, que toman el alto voltaje lo filtran y lo llevan a la salida de 12 VCC al final de la conversión pasa a través de dos estranguladores de filtro de interferencia de ferrita, en rieles gruesos debido a la corriente de  $\sim 100\text{A}$ ; estos tienen la nota blanca con la inscripción UUxxCL001. La rectificación la lleva a cabo el diodo negro en la parte inferior central, etiquetado como SHIZUKI TS11424A. El último elemento del circuito es un cubo negro sin etiqueta en el medio de la figura 10, con una ranura para tornillo, que es solo un capacitor de pulso de 50  $\mu\text{F}$ , que suaviza los transitorios de conmutación.



Figura. 10. Zona de Convertidor booster Bidireccional.

#### 4. DISCUSIÓN

En las distintas fases de descripción y caracterización del conjunto inversor del Toyota Prius 3G, se encontraron chips, circuitos impresos, condensadores, transistores bipolares, inductores, resistencias, para los cuales se propone métodos de diagnóstico que por lo general pretenden no ser invasivos como:

- Diagnostico por rayos X
- Diagnostico por cámaras termografías
- Diagnóstico por imagen
- Diagnostico por evaporación de líquido.

En el inversor se dispone de circuitos complejos, que necesitan un amplio conocimiento de la electrónica, la metodología aplicada para comprobar su efectividad es el diagnóstico por imagen. El inversor analizado presentaba anterior a su desmontaje un código P0A94 que según [7] implica falla en la etapa de conversión CC/CC es decir en la etapa en donde gracias al inductor de 260  $\mu\text{H}$  y el resto de elemento



analizados reduce el voltaje de la batería de 200V CC a 14 V CC para cargar la batería auxiliar del sistema, la metodología propuesta inicia con la inspección del código mediante escáner, posterior al desmontaje y desarmado según lo detallado en el presente documento identificar los IGBT involucrados en la etapa de conversión de acuerdo al circuito detallado en la figura 11, es notable la presencia de 4 transistores IGBT. [7]

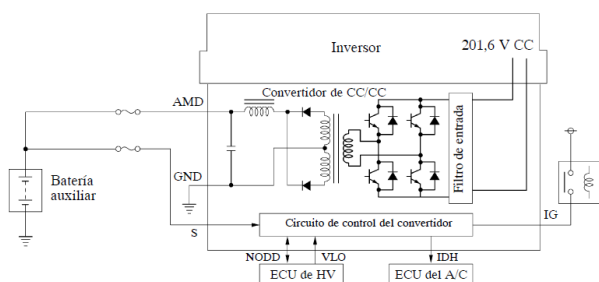


Figura. 11. Circuito de la etapa CC/CC

Con los IGBT identificados se instaló la aplicación del trazador de imágenes *RASTRE CURVE* serial DRFCU-1722-1B7DFA-2022, y se inicia con el análisis y trazo de las señales de los competentes que conforman la etapa de conversión CC/CC, según [8] el software es de fácil uso e interpretación de resultados ya que brinda un catálogo de imágenes características de los componentes más comunes como transistores, diodos, además permite visualizar cortos y circuitos abiertos, en la figura 12 se puede evidenciar el trazo característico de un transistor y la figura 13 un corto circuito.

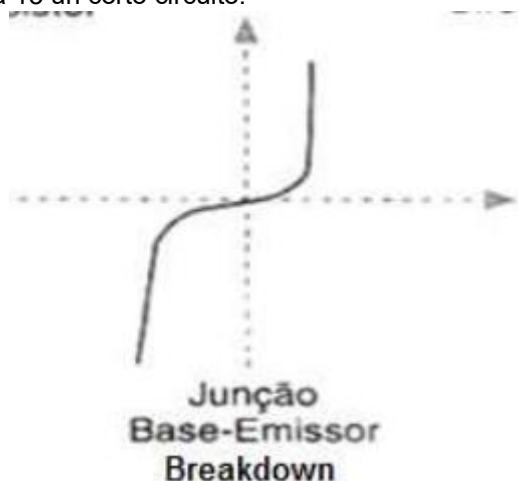


Figura. 12. Trazo característico de un transistor

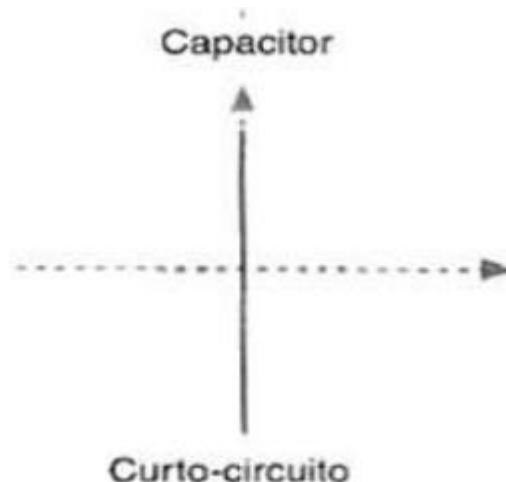


Figura. 13. Trazo característico de un corto circuito.

Identificado los IGBT de la etapa CC/CC se instala e inicia el funcionamiento el equipo de Trazo el cual permite visualizar en sus dos canales los trazos del componente medido y compara, mostrando a un costado de la pantalla la grafica que indica cuanto diferencia existe entre los trazos, que según [8] para que un elemento este en óptimas condiciones la diferencia debe ser 0%, con estos datos se inició las pruebas en los IGBT de la etapa CC/CC obteniendo los siguientes resultados según las figuras 14, 15, 16 y 17, los cuales muestran una inconsistencia en las señales a excepción de la figura 16 y 17 que muestran un diferencia del 0% que permite visualizar el correcto funcionamiento de los Transistores Figura 18.

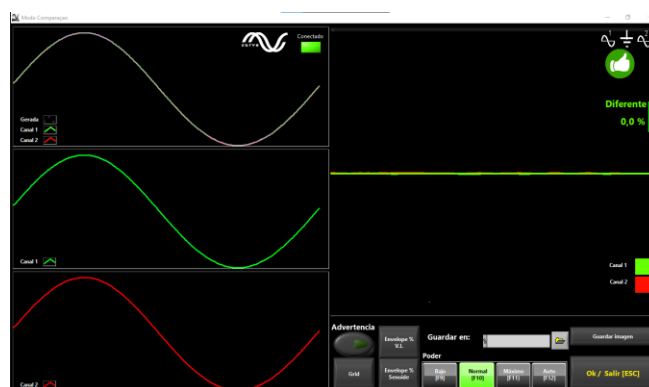


Figura. 14. Trazo IGBT 1 buen estado

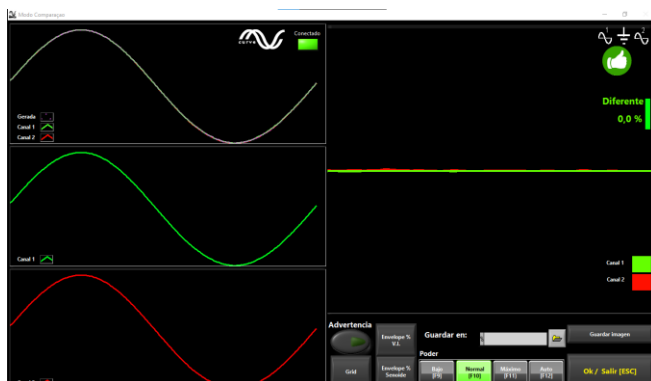


Figura. 15. Trazo IGBT 2 buen estado.

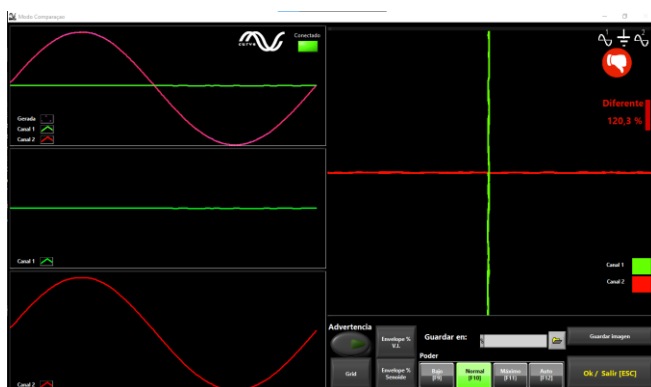


Figura. 16. Trazo IGBT 3 mal estado



Figura. 17. Trazo IGBT 4 buen estado



Figura. 18. IGBT del área CC/CC

## 5. CONCLUSIÓN

El inversor del Toyota prius 3G año 2010 analizado presenta un innumerable numero de circuitos y componentes muchos de los circuitos integrados carecen de información, el conocimiento de la electrónica es fundamental para la interpretación y entendimiento de este elemento que a futuro podría continuar en estudio con la finalidad de generar un sistema de control que permita operar el inversor para cargar una batería bajo regímenes controlados por el usuario.

Al momento de intentar desensamblar el inversor para acceder a los transistores IGBT que según la presente investigación es el área que mayormente presenta falla específicamente en el área CC/CC, nos encontramos con una placa soldada con 110 pines que por el momento no se encuentra la forma de acceder de manera no invasiva o que permita volver a usar el inversor.

Se desarmaron dos inversores los cuales presentaban la misma falla en la etapa CC/CC, esto podría deberse al uso inadecuado de baterías auxiliares, demostrar esta hipótesis podría ser trabajo para futuras investigaciones, el método aplicado de diagnóstico por imagen es quizá el método más sencillo que no requiere el análisis y comprensión al 100% del circuito, pero presenta sus límites típicos del equipo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Diario el Mundo, «EL MUNDO,» El coche causa el 13% de la contaminación; viviendas, comercios e instituciones, el 56%, 10 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.elmundo.es/motor/2017/01/26/5889f3f7e2704e98418b4678.html>. [Último acceso: 20 05 2023].
- [2] PRIMICIAS EC , «Las ventas de vehículos híbridos y eléctricos crecen casi 300%.,» 2 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ventas-vehiculos-hibridos-electricos-ecuador/>. [Último acceso: 17 5 2023].
- [3] AEADE, «AEADE,» 1 1 2023. [En línea]. Available: <https://www.aeade.net/>. [Último acceso: 20 06 2023].
- [4] Canseco, Manuel, Modelado y simulación del sistema de propulsión de un vehículo híbrido serie, CUENCA : Ups, 2004.
- [5] TOYOTA PERU, «COMPONENTES TOYOTA PRIUS,» TOYOTA , PERU , 2015.

- [6] TAMAGAWA SEIKI CO., LTDA, *Manual de usuario*, 2020.
- [7] V. H. J. FLORES, *ANÁLISIS DEL SISTEMA INVERSOR DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO, TOYOTA PRIUS*, Quito : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, 2016.
- [8] TOYOYA, *Manual de Taller Toyota Prius 3G*, Japon: Toyota , 2010.

