



**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Estudio y descripción del inversor y motor generador posterior**

**MGR de Toyota Highlander 2010**

**Trabajo previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**Autores**

**Esteban Gustavo Pauta Martínez**

**Antonio Iván Miotto Montesinos**

**Director**

**Efrén Esteban Fernández Palomeque**

**Cuenca, Ecuador**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a Dios, a mis padres Lucia y Gustavo ya que sin ellos no hubiera sido posible conseguir este logro, a mi hermano Juan Pablo y a mi familia que les amo tanto Dani y Emilio por estar siempre a mi lado dándome su apoyo incondicional.

Esteban Gustavo Pauta Martínez

Dedico este trabajo a mis padres Martino y Martha por darme la oportunidad de seguir superándome, por su apoyo incondicional durante todo este proceso de aprendizaje; a mis hermanos Martin, Giuseppe y toda mi familia que han confiado siempre en mi trabajo y han sido un complemento para salir adelante durante este trayecto de formación.

Antonio Iván Miotto Montesinos

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por ser siempre la luz que ilumina mi camino, a mis padres, hermano, esposa y mi hijo; a todas las personas que colaboraron para que este trabajo se culmine, compañeros, profesores y sobre todo al Ing. Efrén Fernández quien fue parte importante en el desarrollo de este proyecto de grado.

Esteban Gustavo Pauta Martínez

En este trabajo de graduación deseo agradecer primeramente a Dios; a todas las personas que han hecho posible que este paso formativo sea posible como mis padres, hermanos y familia; a mis profesores de la universidad en especial al Ing. Efrén Fernández quien fue el que nos motivó para que este trabajo salga adelante.

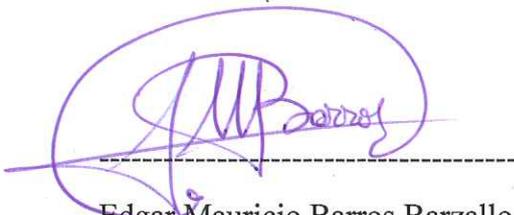
Antonio Iván Miotto Montesinos

**ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL INVERSOR Y MOTOR GENERADOR  
POSTERIOR MGR DE TOYOTA HIGHLANDER 2010**

**RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación, se ha recopilado la información necesaria para obtener un conocimiento real sobre el inversor y el motor generador posterior del Toyota Highlander 2010, dentro de la investigación se determinó que las prestaciones de un vehículo híbrido pueden competir plenamente con un vehículo convencional; específicamente en el Highlander, se ha visto componentes especiales como el inversor híbrido que se encarga de transformar y convertir la corriente para alimentar a los diferentes motores generadores, con el fin de proporcionar diferentes condiciones de manejo dependiendo de la necesidad; además características como el control de deslizamiento y tracción que lo convierte en un vehículo muy seguro. El aspecto más sobresaliente de este vehículo es el gran aporte ambiental y el ahorro significativo de combustible que representa para los consumidores.

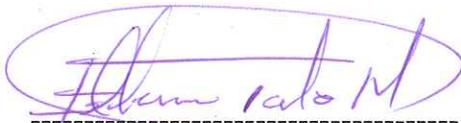
**PALABRAS CLAVE:** Vehículos Híbridos, Inversor, Motor Generador Posterior, Tecnología, Medio Ambiente, Electrónica.



Edgar Mauricio Barros Barzallo  
**DIRECTOR DE ESCUELA**



Edgar Mauricio Barros Barzallo  
**DIRECTOR DE TESIS**



Esteban Gustavo Pauta Martínez



Antonio Iván Miotto Montesinos

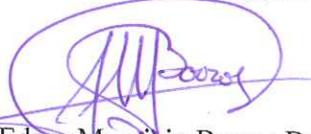
**AUTORES**

**STUDY AND DESCRIPTION OF INVERTER AND MGR REAR ENGINE  
GENERATOR OF TOYOTA HIGHLANDER 2010**

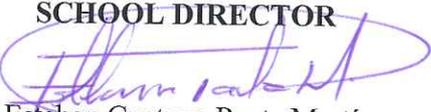
**ABSTRACT**

In this graduate work we have compiled the information needed to get a real understanding of the inverter and the Toyota Highlander 2010 rear engine generator. During the investigation it was determined that the benefits of a hybrid vehicle can fully compete with a conventional vehicle. Specifically, we could observe in the Highlander special components as the hybrid inverter which is responsible for transforming and converting the current to feed the different engine generators in order to provide various driving conditions depending on the need. Moreover, features such as control slip and traction makes it a very safe vehicle. The most outstanding aspect of this vehicle is the great environmental contribution and significant fuel savings for its users.

**KEYWORDS:** Hybrid Vehicles, Inverter, Rear Engine Generator, Technology, Environment, Electronics.

  
Edgar Mauricio Barros Barzallo

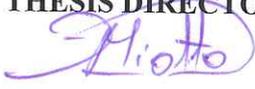
**SCHOOL DIRECTOR**

  
Esteban Gustavo Pauta Martínez

**AUTHOR**

  
Edgar Mauricio Barros Barzallo

**THESIS DIRECTOR**

  
Antonio Iván Miotto Montesinos

**AUTHOR**



  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1: HISTORIA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....</b>	<b>4</b>
1.1 Historia de los Vehículos Eléctricos e Híbridos.....	4
1.2 Tipos de Sistemas Híbridos.....	16
1.2.1 Sistema Hibrido en Serie.....	17
1.2.1.1 Ventajas del Sistema Hibrido en Serie.....	19
1.2.1.2 Desventajas del Sistema Hibrido en Serie.....	19
1.2.2 Sistema Hibrido en Paralelo.....	20
1.2.2.1 Ventajas del Sistema Hibrido en Paralelo.....	22
1.2.2.2 Desventajas del Sistema Hibrido en Paralelo.....	22
1.2.3 Sistema Hibrido Serie-Paralelo.....	23
1.2.3.1 Ventajas y Desventajas del Sistema Híbrido Serie-Paralelo.....	24
1.3 Niveles de Hibridación.....	25
1.3.1 Micro Hybrid.....	25
1.3.2 Mild Hybrid (Semi Hibrido).....	25
1.3.3 Full Hybrid (Totalmente Híbrido).....	26
1.3.4 Plug in Hybrid (PHEV, Plug in Hybrid Electric Vehicle).....	26
1.3.5 Electric Vehicle (EV).....	27
1.4 Componentes de los Autos Híbridos.....	27

1.4.1 Motor de Combustión Interna Highlander .....	27
1.4.2 Transeje Híbrido.....	29
1.4.2.1 Moto Generador 1 .....	29
1.4.2.2 Moto Generador 2. ....	29
1.4.2.3 Moto Generador Trasero .....	29
1.4.3 Inversor/Convertor.....	29
1.4.4 Batería Híbrida .....	30
1.4.4.1 Unidad de control Inteligente de la batería .....	31
1.4.4.2 Ensamble de la batería HV .....	32
1.4.4.3 Grupo modular de la Batería .....	34
1.5 Vehículos híbridos en el Ecuador .....	35
1.5.1 Conservación Ecológica de los vehículos híbridos.....	36
1.5.2 Características de los combustibles alternativos .....	37
<b>CAPÍTULO 2: SISTEMA INVERSOR HÍBRIDO. ....</b>	<b>39</b>
<b>2.1 Funcionamiento general del Inversor Toyota Highlander 2010 .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2 Diagrama y Partes del Sistema. ....</b>	<b>40</b>
<b>2.3 Sistema de Elevación de Tensión. ....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Convertidor de corriente. ....</b>	<b>41</b>
<b>2.4.1 Elevador de Conversión.....</b>	<b>43</b>
<b>2.5 Control del ensamble Inversor – Convertor.....</b>	<b>46</b>
<b>2.6 Sistema de Enfriamiento.....</b>	<b>48</b>
<b>2.7 Sistema de frenado Regenerativo .....</b>	<b>51</b>
<b>2.8 Mantenimiento .....</b>	<b>53</b>
<b>2.8.1 Inspección del Inversor .....</b>	<b>53</b>
<b>2.8.2 Inspección del convertidor .....</b>	<b>57</b>
<b>2.9 Problemas más recurrentes en el Inversor .....</b>	<b>63</b>
<b>CAPITULO 3: MOTOR GENERADOR POSTERIOR (MGR).....</b>	<b>67</b>

3.1 Funcionamiento del (MGR) .....	67
3.2 Partes mecánicas y Electrónicas.....	68
3.2.1 Estator .....	69
3.2.2 Bobina del Estator .....	71
3.2.3 Resolver .....	73
3.2.4 Rotor.....	77
3.3 Sistema de propulsión 4WD .....	79
3.4 Control de Tracción.....	80
3.5 Control de Deslizamiento.....	82
3.6 Control durante Colisión .....	84
3.6 Modo de Control EV .....	85
3.7 Sensor de temperatura del MGR.....	85
<b>CAPITULO 4: MODELO DIDACTICO DESCRIPTIVO .....</b>	<b>87</b>
4.1 Seccionamiento del Inversor .....	87
4.2 Construcción de la Estructura Metálica con Soportes del Inversor .....	89
4.3 Seccionamiento del Motor Generador Posterior (MGR) .....	93
4.4 Construcción de la Estructura Metálica con Soportes del MGR.....	95
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Figura 1. 1 Primer Vehículo diseñado por Robert Anderson.....	5
Figura 1. 2 Vehículo Jamais Contente, Camile Jenatsy .....	6
Figura 1. 3 Vehículo Lohner Porsche .....	7
Figura 1. 4 Vehículo Baker Motor Company .....	7
Figura 1. 5 Vehículo Detroit Electric .....	8
Figura 1. 6 General Motor Company, vehiculo XP 883 .....	9
Figura 1. 7 Buick Skylark Hybrid 1974.....	10
Figura 1. 8 Vehículo Audi Duo.....	11
Figura 1. 9 Toyota Prius 1997 Primera Generacion.....	12
Figura 1. 10 Honda Insight 1999 .....	13
Figura 1. 11 Toyota Prius Segunda Generacion.....	14
Figura 1. 12 Esquema de los Diferentes Tipos de Sistemas Híbridos .....	16
Figura 1. 13 Esquema Sistema Hibrido en Serie.....	17
Figura 1. 14 Sistema Paralelo vehículo hibrido .....	20
Figura 1. 15 Sistema Paralelo Split vehículo hibrido.....	21
Figura 1. 16 Sistema Serie-paralelo .....	23
Tabla 1.1 Motor de combustión .....	27
Figura 1. 17 Batería HV .....	29
Figura 1. 18 Diagrama de funcionamiento del sistema de control inteligente de la batería.....	30
Figura 1.19 Ensamble de la batería HV .....	32
Tabla 1.2 Partes de la batería HV.....	32
Figura 1.20 Módulos de la batería.....	33
Tabla 1.3 Módulos de la batería .....	33
Figura 1.21 Esquema comparativo de los tipos de combustibles.....	36

Figura 2.1 Imagen del Inversor del Highlander .....	38
Figura 2.2 Partes del sistema Inversor .....	38
Figura 2.3 Imagen de los condensadores en el inversor.....	40
Figura 2.4 Esquema del Convertidor de Refuerzo .....	41
Figura 2.5 Esquema del circuito del elevador de refuerzo.....	42
Figura 2.6 Primer paso .....	43
Figura 2.7 Segundo paso .....	43
Figura 2.8 Esquema de carga de la batería.....	44
Figura 2.9 Diagrama del ensamble del Inversor-convertidor .....	45
Figura 2.10 Sistema de enfriamiento del inversor .....	46
Figura 2.11 Conexión del radiador.....	47
Figura 2.12 Radiador del Inversor del Highlander.....	47
Tabla 2.1 Partes del Radiador .....	48
Figura 2.13 Bomba del Inversor.....	48
Tabla 2.2 Partes de la Bomba del refrigerante. ....	48
Figura 2.14 Gráfica comparativa entre frenado regenerativo y frenado hidráulico...	49
Figura 2.15 Gráfica de funcionamiento de carga de la batería .....	50
Figura 2.16 Esquema de la tapa del inversor .....	51
Figura 2.17 Esquema de los conectores del Inversor .....	52
Figura 2.18 Puntos de medición en el inversor .....	52
Tabla 2.3 Valores óptimos para el Inversor .....	53
Figura 2.19 Luces del HV y aviso de carga .....	55
Figura 2.20 Luz de Ready .....	56
Tabla 2.4 Voltajes para el Conversor .....	57
Figura 2.21 Tornillos y cables del convertidor .....	57
Figura 2.22 Tornillos Internos .....	58
Figura 2.23 Forma de instalar el multímetro.....	58

Figura 2.24 Conectores a Desconectar.....	59
Figura 2.25 Forma de conexión de los conectores.....	60
Figura 2.26 Conector.....	61
Tabla 2.5 Condiciones Convertidor.....	61
Figura 2.27 Foto del Inversor Highlander.....	62
Figura 2.28 Circuito del Inversor.....	63
Figura 3.1 Diagrama de disposición del MGR.....	65
Figura 3.2 Moto generador trasero (MGR).....	66
Figura 3.3 Partes del Moto Generador Trasero.....	66
Tabla 3.1 Partes del MGR.....	67
Figura 3.4 Imagen didáctica del bobinado del moto generador.....	68
Figura 3.5 Imagen del motor eléctrico.....	70
Tabla 3.2 Partes del motor eléctrico del MGR.....	70
Figura 3.6 Diagrama de fases U, V, W.....	71
Figura 3.7 Sistema del Resolver en un vehículo híbrido.....	72
Figura 3.8 Sistema Resolver.....	73
Tabla 3.3 Partes del Resolver.....	73
Figura 3.9 Diagrama de formas de Onda a la salida de las bobinas.....	75
Figura 3.10 Rotor del Moto Generador.....	76
Figura 3.11 Condiciones de tracción.....	77
Figura 3.12 Esquema del 4WD-i del Highlander.....	78
Figura 3.13 Ilustración del funcionamiento del 4WD-i.....	79
Figura 3.14 Diagrama del control de deslizamiento.....	81
Figura 3.15 Diagrama del funcionamiento del control en Colisión.....	82
Figura 3.16 Diagrama resistencia temperatura.....	84
Figura 4.1 Sección inferior del Inversor.....	86
Figura 4.2 Sección superior del Inversor.....	86

Figura 4.3 Cuerpo de refrigeración del Inversor .....	87
Figura 4.4 Esquema Estructura Inversor .....	88
Figura 4.5 Características Tubo estructural Negro Cuadrado de Hierro.....	88
Figura 4.6 Perfiles Laminados Platinas.....	89
Figura 4.7 Modelo Didactico del Inversor .....	90
Figura 4.8 Seccionamiento lateral del MGR.....	92
Figura 4.9 Seccionamiento frontal del MGR .....	92
Figura 4.10 Esquema Estructura MGR .....	94
Figura 4.11 Modelo Didactico del MGR .....	94

Esteban Gustavo Pauta Martínez

Antonio Iván Miotto Montesinos

Trabajo de grado

Efrén Esteban Fernández Palomeque

Noviembre 2014

**ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL INVERSOR Y MOTOR GENERADOR  
POSTERIOR MGR DE TOYOTA HIGHLANDER 2010**

**INTRODUCCION**

En el presente trabajo de grado de Ingeniería Mecánica Automotriz, se realizará un estudio descriptivo del funcionamiento y los elementos más importantes que componen el Inversor y el Motor Generador Posterior (MGR) del sistema híbrido de un Toyota Highlander 2010.

Los vehículos de propulsión eléctrica tienen sus inicios desde finales del siglo XIX, por lo que no es considerada una tecnología actual, sino que ha venido evolucionando con el paso de los años, complementándose con motores de combustión para llegar a convertirse en lo que actualmente se llama tecnología híbrida. (Teneo, 2014)

La necesidad de reducir las emisiones contaminantes hacia la atmosfera y la utilización de combustibles fósiles, han llevado al hombre a producir vehículos que

disminuyan esta problemática, por lo que hoy en día la tecnología eléctrica e híbrida es considerada la más avanzada.

Se denominan vehículos híbridos aquellos que poseen más de una fuente de propulsión. Los sistemas híbridos incorporan distintos tipos de generadores, convertidores y acumuladores de energía.

Al desarrollar una tecnología híbrida, es decir, juntar dos fuentes de energía se combinan las cualidades de cada sistema, pudiendo ser utilizadas en forma variable según la necesidad, obteniendo una ventaja que se refleje en los costos de su configuración y desarrollo. La máxima eficiencia de los vehículos híbridos se obtiene de un motor de combustión interna, al generarse más energía de la necesaria, las baterías son cargadas por un motor eléctrico que actúa como generador. Dependiendo de las condiciones pueden funcionar individualmente los motores eléctricos, recibiendo energía de la batería híbrida cargada. En algunos sistemas híbridos es posible recuperar la energía cinética de frenado, transformándola en energía eléctrica almacenable, produciendo que éstos vehículos alcancen mejor rendimiento que los vehículos convencionales, especialmente en ciudad. (Martínez, 2009)

La producción de los vehículos híbridos se ha venido desarrollando en aumento gracias a que éstos se presentan más limpios y silenciosos para su uso en lugares de tránsito vehicular. El diseño de los automóviles híbridos se basa en la incorporación de motores de combustión más eficientes, además de la construcción de carrocerías con materiales ligeros, pensando en el diseño aerodinámico, con el fin de reducir la resistencia del viento y compensar el peso de las baterías híbridas.

Los grandes productores automotrices pretenden comercializar mayores volúmenes de vehículos híbridos con el objetivo de reducir su costo frente a los automóviles

tradicionales y así maximizar sus ventas, sin descuidar conceptos de seguridad, autonomía y rendimiento.

Todo este cambio de producción que se está llevando a cabo por parte de los fabricantes automotrices, no es tarea fácil, debido a que los consumidores prefieren la utilización de vehículos tradicionales que se ofertan a un costo menor que los híbridos actuales. Si pensamos que en pocos años, la obtención y las reservas de petróleo van a ser escasas y costosas, no es de extrañarse que los vehículos híbridos se pongan de moda y la producción de los mismos sea globalizada, todo esto va a tener un impacto favorable en el medio ambiente, debido a que los vehículos actuales son los responsables del 18% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, por lo que resultaría necesaria la utilización de los mismos para la conservación del planeta. (Cargo, 2011)

## **CAPITULO 1: HISTORIA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

### **1.1 Historia de los Vehículos Eléctricos e Híbridos.**

El inicio de los vehículos de propulsión autónoma, no tiene una fecha determinada. Existen varios nombres que se establecen como los inventores del automóvil de pasajeros, sean estos eléctricos y/o híbridos.

A principios del siglo XX los motores eléctricos y de vapor eran los más utilizados en los medios de transporte. Los eléctricos eran silenciosos, económicos y otorgaban mejores prestaciones a los consumidores, en comparación a los ineficientes motores de combustión interna. (Martínez, 2009)

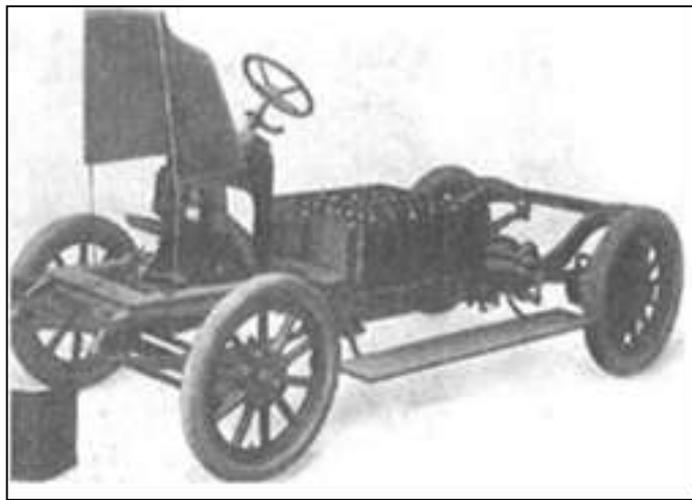
El mayor problema de la tecnología eléctrica se encontraba en las baterías, ya que su autonomía era reducida, requería largos tiempos de recarga y su peso era elevado; por lo que era necesario eliminar todos estos inconvenientes que hacían que ésta tecnología tenga un futuro poco prometedor; es cuando se empieza a pensar en la fabricación de los vehículos híbridos. (Martínez, 2009)

El primer vehículo eléctrico puro fue diseñado y desarrollado por el inventor escocés Robert Anderson, entre los años 1832 y 1839. Este era un auto propulsado por un motor eléctrico alimentado con baterías no recargables de ácido y plomo. Años más tarde se implantaron avances eléctricos, como las baterías recargables de ácido de plomo. (Aguero, 2011)

Charles Jeantaud, fabricó su primer automóvil eléctrico en 1881. Poseía un motor eléctrico simple que generaba su impulso por 21 baterías alcalinas. (Aguero, 2011)

En Londres, en 1888 se construyó un vehículo eléctrico en el cual, la energía era abastecida por una batería de 24 acumuladores, que le daba un tiempo de funcionamiento de 5 horas y una velocidad de 20km/h. (Aguero, 2011)

Figura 1. 1 Primer Vehículo diseñado por Robert Anderson



Fuente: Aguero, 2011

En 1897, la compañía americana “Electric Vehicle Company” comenzó a utilizar taxis eléctricos, en donde, llegaron a disponer de más de 100 ejemplares en circulación en New York, por lo que luego se amplió su utilización en ciudades importantes como Chicago, Washington DC y Boston. (Aguero, 2011)

En 1899, el belga Camile Jenatzy, estableció el record de velocidad en su vehículo eléctrico llamado “Jamais Contente”, alcanzando una velocidad de 105.88Km/h, siendo esto un acontecimiento importante para la época ya que se demostraba así que los vehículos eléctricos podían alcanzar grandes velocidades. (Aguero, 2011)

La ilustración de la “Figura 1.2” demuestra que el vehículo tenía un diseño en forma de cohete, el mismo que se encontraba accionado por dos motores eléctricos, con una potencia de 25KW, alimentados por baterías que entregaban 200 Voltios y 124 Amperios, propulsando directamente a las ruedas. El vehículo generaba una potencia total de 68 caballos de fuerza. (Aguero, 2011)

Figura 1. 2 Vehículo Jamais Contente, Camile Jenatsy



Fuente: Aguero, 2011

Ferdinand Porsche, ingeniero alemán, en conjunto con la compañía Jacob Lohner, son considerados los pioneros en la introducción de un vehículo híbrido en 1901. Su primer vehículo fue el Lohner-Porsche y estaba propulsado por un motor de combustión a gasolina y dos motores eléctricos montados sobre las ruedas delanteras. Los motores eléctricos estaban alimentados por baterías cargadas a través un generador de corriente movido por el motor de combustión. (Aguero, 2011)

Figura 1. 3 Vehiculo Lohner Porsche



Fuente: <http://www.yorokobu.es/wp-content/uploads/lohner-porsche-electromobile-2-1024x910.jpg>

En 1904 Baker Motor Vehicle Company fabricaba vehículos eléctricos producidos en cadena, siendo los pioneros en utilizar baterías recargables de níquel-hierro inventadas por Thomas Edison en 1901, los modelos incorporaban una batería de níquel-hierro de 12 celdas. (Aguero, 2011)

Figura 1. 4 Vehiculo Baker Motor Company



Fuente: Aguero, 2011

La patente de un vehículo híbrido gasolina eléctrico fue presentada en 1905 por el Norteamericano H. Piper, el mismo que combinaba el funcionamiento del motor

eléctrico con el de combustión interna, permitiéndole alcanzar velocidades de 40Km/h. (Martínez, 2009)

Detroit Electric produce los primeros vehículos eléctricos en cadena en 1907 hasta 1939, utilizando baterías recargables de níquel-hierro que podían ser utilizadas para un recorrido de 130km y una velocidad de 32km/h. Estos vehículos fueron utilizados para recorridos cortos y dentro de la ciudad ya que sus baterías no estaban recomendadas para trayectos prolongados; además por su facilidad de manejo y mínimo mantenimiento hicieron que sean bautizados como “vehículos para las mujeres”. (Aguero, 2011)

Figura 1. 5 Vehiculo Detroit Electric



Fuente: <http://www.detroitelectric.org/gallery.htm>

La invención del motor de arranque eléctrico por parte del Ingeniero Estadounidense Charles Kettering en 1912, provoco que se deje de lado la utilización del arranque por manivela y permitió a la gente la comodidad de encender el vehículo mediante este sistema eléctrico. (Aguero, 2011)

La compañía Cadillac Motors fue la primera en utilizar dicho motor de arranque eléctrico en 1913. Esta nueva tecnología, sumada a la producción de vehículos en

cadena, implementada por Ford Motor Company, ocasionó que los vehículos de combustión fueran más cotizados, siendo el mercado de los vehículos eléctricos cada vez menor, hasta quedar reducidos a una mínima producción. (Aguero, 2011)

Debido a que los efectos de la polución y la contaminación ambiental comenzaron a ser visibles, el gobierno Americano decreto en 1966 el uso de vehículos eléctricos para la reducción de la contaminación y el impacto ambiental que producían. Para ese entonces el Ingeniero Eléctrico, inventor y pionero en el desarrollo de vehículos eléctricos e híbridos, Víctor Wouk, manifestó que el futuro del automóvil se encontraba en los híbridos gasolina/eléctricos. (Acosta Jimenez, 2013)

En 1969 la fabricante de vehículos americana General Motor Company, produce el primer vehículo híbrido enchufable, modelo XP 883, el mismo que poseía un motor de dos cilindros con 570cc y un motor de corriente continua de 12 voltios, con seis baterías de ácido de plomo ubicadas entre las ruedas traseras. Este vehículo podía alcanzar velocidades de 16Km/h en modo eléctrico, y 100km/h al conectarse con el motor de combustión interna. (Martínez, 2009)

La conexión para carga de las baterías era de corriente alterna de 120 Voltios. (Martínez, 2009)

Figura 1. 6 General Motor Company, vehículo XP 883



Fuente: <http://www.wired.com/2008/09/priustoric---g/>

En los años 70 el precio del combustible se elevó cuantiosamente, además la excesiva contaminación ambiental se volvía cada vez un problema mayor, esto permitió que los fabricantes empezaran a realizar investigaciones para desarrollar un vehículo que combinara el motor de combustión con motores eléctricos. (Martínez, 2009)

La marca alemana Volkswagen presento en Estados Unidos el modelo Volkswagen Taxi en 1973. Este vehículo presentaba un funcionamiento similar a los sistemas híbridos actuales, alternando la marcha del vehículo con propulsión eléctrica o de combustión. En su época este vehículo logro ofrecer prestaciones que ningún híbrido había alcanzado anteriormente.

Figura 1. 7 Buick Skylark Hybrid 1974



Fuente: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>

General Motor Company a finales de la década de los 70, realizó una inversión de más de 20 millones de dólares para el desarrollo e investigación de vehículos híbridos y eléctricos. (Martínez, 2009)

En 1980, la compañía americana fabricante de motores de cortadoras de césped, Briggs & Stratton, desarrolló un vehículo híbrido, el cual poseía un motor bicilíndrico de combustión interna que generaba 16Hp y un motor eléctrico de 10Hp, este modelo de dos puertas presentaba dos ruedas delanteras y cuatro posteriores.

Audi presentó la primera generación del vehículo experimental Audi Duo en 1989, basado en el Audi 100 Avant Quattro. El auto poseía un motor eléctrico de 12.6Hp que propulsaban a las ruedas posteriores sin necesidad de un eje de transmisión. Las ruedas delanteras eran impulsadas por un motor de combustión de 2300cc y 136Hp. La energía eléctrica era almacenada en una batería de níquel-cadmio. (Acosta Jimenez, 2013)

Luego de dos años surgió la nueva generación del Audi Duo, basada en el modelo anteriormente señalado. (Acosta Jimenez, 2013)

Figura 1. 8 Vehiculo Audi Duo



Fuente:[http://www.audime.com/etc/medialib/ngw/brand/design\\_studies0/q7\\_hybrid\\_concept/content\\_images.Par.0048.Image.jpg/audi\\_duo\\_16\\_september.jpg](http://www.audime.com/etc/medialib/ngw/brand/design_studies0/q7_hybrid_concept/content_images.Par.0048.Image.jpg/audi_duo_16_september.jpg)

El año de 1997 fue importante en el proceso de introducción de nuevos modelos híbridos en el mercado mundial.

Toyota Motor Corporation lanzó su primer modelo comercial híbrido llamado Prius en el mercado japonés, alcanzando ventas cercanas a las 18.000 unidades en su primer año. Incorporaba una tecnología llamada THS (Toyota Hybrid System), la misma que fue utilizada hasta el año 2003, con modificaciones que evolucionaron en el sistema THS II. (Acosta Jimenez, 2013)

Figura 1. 9 Toyota Prius 1997 Primera Generacion



Fuente: <http://evworld.com/news.cfm?rssid=30674>

Por su parte Audi fue el primer productor europeo en fabricar un vehículo híbrido en masa. El auto producía una potencia de 90Hp con un motor de 1.9litros tdi (turbo diésel intercooler) en conjunto con un motor eléctrico de 29Hp, los mismos que propulsaban las ruedas delanteras. La energía era almacenada en una batería de gel. Este modelo de vehículo no tuvo mayor éxito, por lo que fue discontinuado del mercado y los productores europeos se enfocaron en desarrollar e investigar más sobre de los vehículos a diésel. (Motorpasion, 2009)

Entre los años de 1997 y 1999 los grandes fabricantes de vehículos comerciales, como Toyota, GM, Ford y Honda, introdujeron en el mercado americano modelos eléctricos que no tuvieron mayor impacto en los consumidores por lo que luego de pocos años fueron desechados.

Honda lanza su primer híbrido producido en masa en 1999, llamado Insight, se trataba de un modelo de dos puertas, bajo en consumo de combustible, con rangos de

60Mpg en la ciudad y de 70Mpg en carretera; lo que le valió para obtener varios premios por su eficiencia. (Motorpasion, 2009)

Figura 1. 10 Honda Insight 1999



Fuente: <http://evworld.com/news.cfm?newsid=23922>

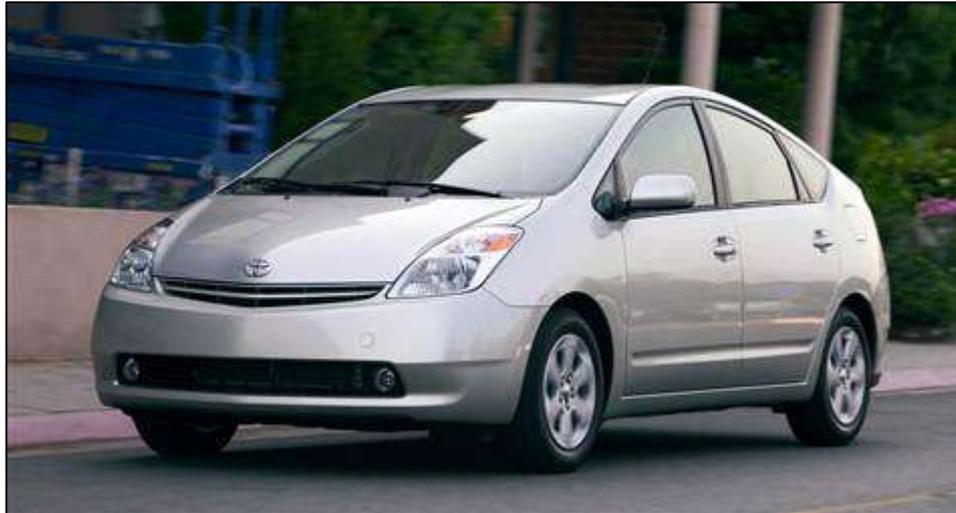
En el año 2000 se lanza el primer híbrido 4 puertas en comercializarse en Estados Unidos por parte de Toyota, llamado Prius, al igual que su antecesor del mercado japonés.

El Civic Hybrid, fue el segundo vehículo comercial lanzado por la marca Honda en Estados Unidos. Este vehículo poseía la característica de ser prácticamente idéntico al Civic convencional.

El Toyota Prius II (Segunda Generación), ganó el premio al vehículo del año en 2004, otorgado por el North American Auto Show. Presento gran demanda de compradores, llegando a una producción de 47.000 vehículos vendidos en el mercado americano. (Hybrid Cars, 2011)

Después del sistema THS II utilizado en los Prius de primera generación, aparece el sistema Hybrid Sinergy Drive (HSD) que reemplaza el funcionamiento de engranajes por una transmisión electromecánica.

Figura 1. 11 Toyota Prius Segunda Generacion



Fuente: <http://www.nbcnews.com/id/9686049/ns/business-autos/t/toyota-recalling-popular-prius-cars/#.U79ZVLFoipM>

En el mismo año, Ford Motor Company lanza el primer Híbrido producido en Estados Unidos, el Escape Hybrid, convirtiéndose además en el único todo terreno híbrido hasta entonces. (Motorpasion, 2009)

Desde el año 2004 en adelante, los grandes fabricantes automotrices enfocaron su producción en el desarrollo y comercialización de varios modelos de vehículos híbridos debido a la gran demanda existente por los consumidores.

El éxito obtenido por Toyota Motor Corporation con el lanzamiento del modelo Prius de primera generación, llevó a la marca japonesa a desarrollar una segunda y tercera

generación que fueron aún más exitosas; incluso el Ecuador para el lanzamiento del Prius 3G, fue uno de los primeros países que disfruto de esta tecnología.

En el 2012 se lanzó en Ecuador el Prius C Sport, llegando a ser líder en ventas en su categoría.

Alcanzar el éxito de vender más de 6 millones de vehículos híbridos en el mundo, no hubiera sido posible sin la concientización tanto de la gente alrededor del mundo, como de la marca. (Toyota del Ecuador, 2014)

Toyota no deja de pensar en el futuro, tanto es así que en el 2015 será lanzado al mercado japonés y de Estados Unidos el primer auto de hidrógeno, cero emisiones (FCV, Fuel Cell Vehicle), vehículo de pila de combustible, según sus siglas en ingles. (Toyota del Ecuador, 2014)

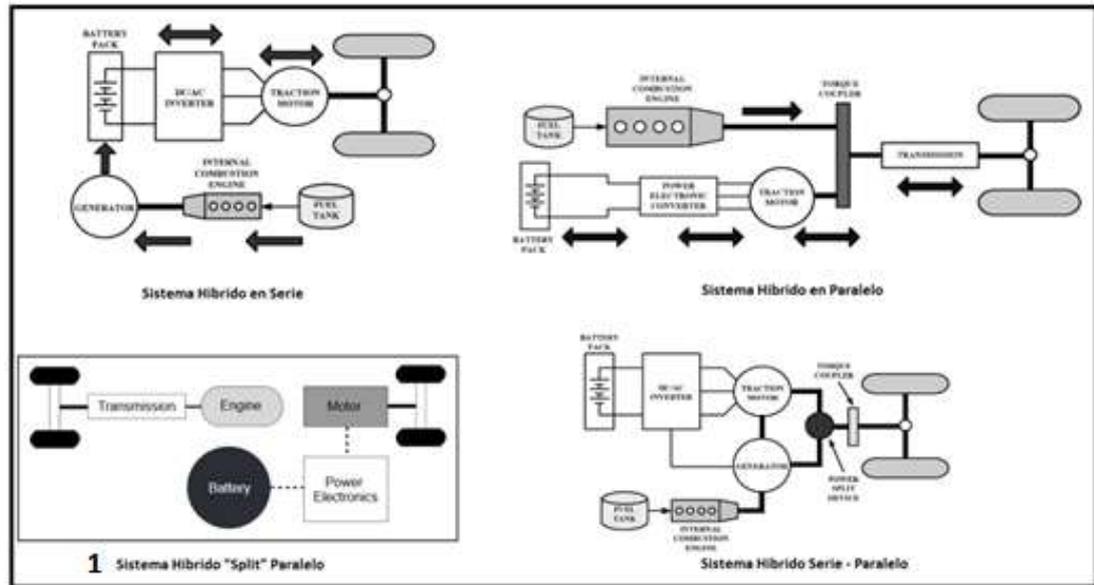
Este modelo será presentado como un sedán familiar de cinco puertas, que alcanzaría una autonomía de 500 kilómetros de recorrido con tanque lleno, mientras que el tiempo necesario para recargar sus dos depósitos de hidrogeno de alta presión apenas llega a los tres minutos. Es importante mencionar que se trata de un automóvil híbrido, debido que utilizará además del hidrogeno, una batería híbrida. (Toyota del Ecuador, 2014)

## **1.2 Tipos de Sistemas Híbridos**

No solo los motores de combustión interna pueden combinarse con otras tecnologías para crear vehículos híbridos, sino también los vehículos híbridos pueden resultar de la mezcla y unión de varias tecnologías.

Los vehículos con sistema híbrido dependen mucho de los elementos que lo componen, debido a su tecnología pueden variar y combinarse entre ellos para estructurarse como modelos que utilicen la propulsión en Serie, Paralelo o Mixta. (Friedman, 2003)

Figura 1. 12 Esquema de los Diferentes Tipos de Sistemas Híbridos



Fuente: Brahmachari, 2010

Fuente 1: Friedman, 2003

### 1.2.1 Sistema Híbrido en Serie

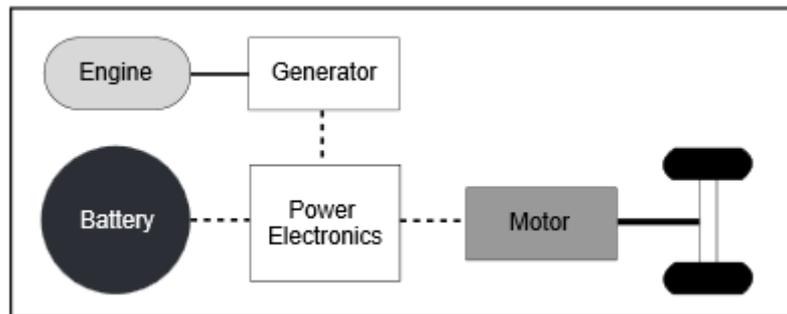
En los vehículos híbridos eléctricos de configuración en serie, el motor eléctrico es el único medio de tracción a las ruedas (Figura 1.13). Los motores generadores eléctricos obtienen la corriente ya sea de una batería o de un generador accionado por un motor de combustión interna que forma un conjunto motor/generador. (Friedman, 2003)

Una unidad de control determina cómo se distribuye la potencia entre la batería y el conjunto motor/generador. Las baterías en un híbrido en serie se recargan tanto por el

conjunto motor/generador, así como por el almacenamiento de parte de la energía que acumula normalmente durante el proceso de frenado, llamado sistema de freno regenerativo. (Friedman, 2003)

El sistema de transmisiones de los híbridos en serie posee una configuración sencilla, debido a que los motores generadores eléctricos son los encargados de impulsar las ruedas, sin la utilización de embrague ni transmisiones de velocidades, por su parte, el motor de combustión interna puede funcionar cerca de su óptimo rendimiento, debido a que no se encuentra conectado a las ruedas; por lo que se facilitaría el uso de otros tipos de motores, sean estos a diésel, turbinas de gas, motores de ciclo Atkinson o motores Stirling en lugar de los motores a gasolina. (Friedman, 2003)

Figura 1. 13 Esquema Sistema Híbrido en Serie



Fuente: Friedman, 2003

Los vehículos híbridos en serie utilizan generalmente baterías de acumulación más grandes que los híbridos en paralelo, además el generador necesario para producir la electricidad de los motores generadores aumenta también el costo de este modelo de vehículos. El desarrollo de los sistemas híbridos en serie apunta a vehículos de transporte urbano debido al dimensionamiento de sus componentes. (Friedman, 2003)

### **1.2.1.1 Ventajas del Sistema Híbrido en Serie**

La mayor ventaja ofrecida por este diseño se encuentra en su sencillez mecánica, debido a no posee mecanismos de acoplamiento entre el motor de combustión interna y los motores generadores a comparación con el sistema en paralelo, por lo ofrece mejores prestaciones en la conducción lenta y de paradas consecutivas. (Brahmachari, 2010)

El motor de combustión interna puede ser diseñado para ofrecer mejores prestaciones y pueda trabajar siempre en un mismo rango de revoluciones, conservando así la vida útil del mismo. (Brahmachari, 2010)

La recuperación de energía a través del sistema de freno regenerativo favorece al sistema híbrido en serie, debido a que el motor generador recibe directamente la energía acumulada por este sistema. (Brahmachari, 2010)

### **1.2.1.2 Desventajas del Sistema Híbrido en Serie**

La principal desventaja de los sistemas híbridos en serie, es el sobredimensionamiento de todos sus componentes, por lo que esto influye directamente en el peso del sistema y en consecuencia, en el consumo del vehículo. (Brahmachari, 2010)

Una desventaja de este tipo de sistema se da al momento de convertir la potencia mecánica del motor de combustión interna en electricidad, almacenarla en la batería; y, nuevamente en energía mecánica para los motores generadores, produciendo pérdidas en las transformaciones. (Brahmachari, 2010)

### **1.2.2 Sistema Híbrido en Paralelo**

En los vehículos híbridos en paralelo, tanto el motor de combustión interna como los motores generados eléctricos pueden impulsar las ruedas. Un ejemplo de híbridos en paralelo son el Honda Insight y el Honda Civic Hybrid. (Friedman, 2003)

Los sistemas en paralelo (Figura 1.14) son mecánicamente más complejos que los sistemas en serie por lo que se requiere de una transmisión para permitir que el motor de combustión interna pueda mover las ruedas, en este sistema el motor de combustión interna, los motores generadores eléctricos y la transmisión deben estar acoplados unos con otros. Adicionalmente la Unidad de control necesaria para hacer que todos estos componentes trabajen juntos es más compleja que en el sistema híbrido en serie. (Friedman, 2003)

El Sistema híbrido en paralelo utiliza un motor de combustión interna más pequeño que el de un vehículo convencional, a pesar de que es normalmente más grande y algo más costoso que el motor de combustión interna de un sistema híbrido en serie. Al igual que en los híbridos en serie, las baterías de los híbridos en paralelo pueden ser recargadas a través del frenado regenerativo, en este sistema el paquete de baterías es más pequeño por lo que gran parte de la recarga se realiza mediante esa vía. (Friedman, 2003)

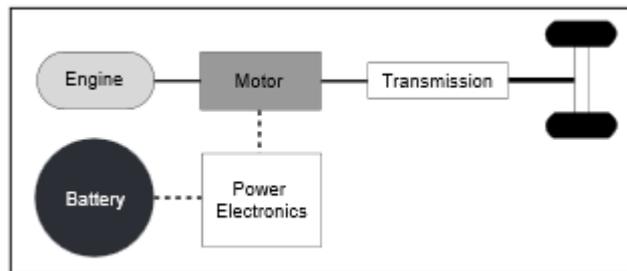
Además, los motores eléctricos se pueden convertir en generadores durante la conducción para recargar las baterías, tal y como hacen los alternadores en los automóviles convencionales.

Los motores más pequeños y los paquetes de baterías utilizados en el sistema paralelo ayudan a mantener los costos bajos con respecto a los híbridos en serie, pero

la necesidad de transmisiones y tener todo el conjunto acoplado significa que su ventaja de costos disminuirá a medida que los costos de la batería y del motor avancen con el tiempo.

Debido a que el motor está conectado directamente a la ruedas de los híbridos en paralelo, estos híbridos no hacen sufrir la experiencia de baja eficiencia de los híbridos en serie en carretera. En ciudad, esta misma disposición reducirá, no eliminará, algunos de los beneficios de la eficiencia del híbrido en paralelo. Como resultado, los híbridos en paralelo proporcionan mayores ventajas tanto en ciudad como en carretera. (Friedman, 2003)

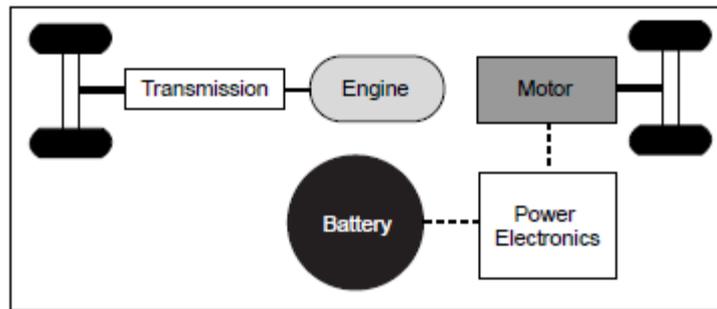
Figura 1. 14 Sistema Paralelo vehículo híbrido



Fuente: Friedman, 2003

Un tipo especial de híbrido en paralelo utiliza un tren de transmisión llamado "Split" en el que el motor de combustión interna impulsa un conjunto de ruedas, mientras que los motores generadores eléctricos accionan otras (Figura 1.15), esto hace que el sistema pueda proporcionar tracción en las 4 ruedas. El proceso de recarga de las baterías por el motor de combustión interna es vuelve complicado, ya que las ruedas delanteras se encuentran en modo de frenado regenerativo mientras el motor de combustión interna está propulsando las ruedas posteriores. (Friedman, 2003)

Figura 1. 15 Sistema Paralelo Split vehículo híbrido



Fuente: Friedman, 2003

### 1.2.2.1 Ventajas del Sistema Híbrido en Paralelo

La principal ventaja dentro de los vehículos híbridos con sistema híbrido en Paralelo es que tanto de combustión interna como el motor eléctrico pueden impulsar las ruedas.

También podemos mencionar que una de las principales ventajas es que debido a que el motor de combustión interna es más pequeño en los sistemas en paralelo las emanaciones de CO<sub>2</sub> son menores en estos sistemas híbridos, otorgando también un ahorro en cuanto a combustible. (Brahmachari, 2010)

### 1.2.2.2 Desventajas del Sistema Híbrido en Paralelo

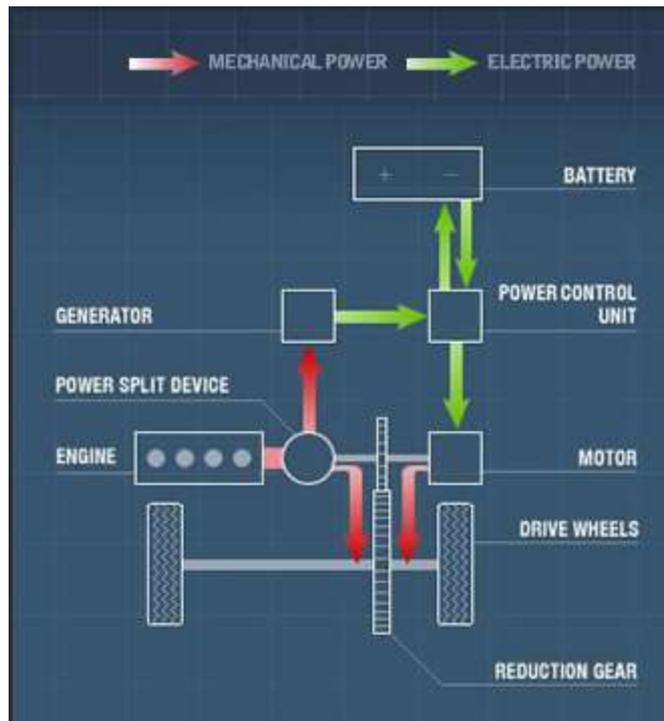
Podemos destacar que en cuanto a las transmisiones paralelas son mecánicamente más complicadas que las transmisiones en serie. Por un lado, se requiere una transmisión para permitir que el motor pueda impulsar las ruedas. Entonces debe haber un medio de acople al motor, y del motor a la transmisión. Finalmente, el controlador necesita hacer que todos estos componentes trabajen juntos por lo que es más complejo que en el tren de transmisión serie. (Brahmachari, 2010)

### **1.2.3 Sistema Híbrido Serie-Paralelo**

Con el Sistema híbrido serie- Paralelo, es posible mover las ruedas utilizando tanto el motor eléctrico como el motor de combustión interna, así como para generar electricidad mientras funciona con los motores eléctricos. El sistema acciona el vehículo solo con la alimentación de los motores eléctricos o mediante el uso de tanto el motor de combustión y los motores eléctricos juntos, dependiendo de las condiciones de conducción. Dado que el generador está integrado en el sistema, la batería se puede cargar mientras el coche está en marcha. (Friedman, 2003)

Los componentes básicos del sistema son los motores eléctricos, el motor de combustión, el generador, el dispositivo de repartidor de potencia, y la unidad de control de potencia (inversor / convertidor). El reparto de la potencia dispositivo transfiere parte de la energía producida por el motor de combustión para mover las ruedas, y el resto al generador para suministrar energía eléctrica a los motores eléctricos o para recargar la batería. (Friedman, 2003)

Figura 1. 16 Sistema Serie-paralelo



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2014

Este sistema en sí aprovecha de los motores eléctricos de bajo consumo cuando el coche funciona en el rango de baja velocidad, y pide a los motores combustión cuando el coche funciona en el rango de velocidad más alta. En otras palabras, el sistema puede controlar ambas fuentes tanto el motor de combustión como el motor eléctrico proporcionando la operación óptima para cualquier condición de manejo. (Friedman, 2003)

### 1.2.3.1 Ventajas y Desventajas del Sistema Híbrido Serie-Paralelo

Esta nueva tecnología de sistema Serie-Paralelo nos permite tener la relación perfecta para el óptimo rendimiento del vehículo en cuanto a relación de trabajo entre el motor eléctrico como para el motor de combustión, permitiendo así que la experiencia de manejo de un vehículo híbrido cambie drásticamente en cuanto a sistemas anteriores como el serie o el paralelo este tipo de tecnología de punta ha

sido desarrollada para mejorar y obtener como resultado, beneficios nunca antes posibles con un sistema de propulsión convencional. (Brahmachari, 2010)

### **1.3 Niveles de Hibridación**

#### **1.3.1 Micro Hybrid**

Aunque no es estrictamente un híbrido, debido a que la electricidad de la batería no se utiliza para propulsar el coche, lo que se conoce más comúnmente como 'Start-Stop' lo cual conlleva a una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible.

Cuando el coche se detiene, el motor de gasolina / diésel se apaga (en los semáforos, por ejemplo) y se reinicia sólo cuando el conductor activa el acelerador. El motor es instantáneamente reiniciado por el alternador, que es accionado por la batería del coche, que, a su vez, recibe una pequeña carga rápida de energía recuperado durante el frenado. (Brahmachari, 2010)

#### **1.3.2 Mild Hybrid (Semi Híbrido)**

Hay dos tipos de mild hybrid, paralelo y en serie. Un mild hybrid paralelo utiliza el mismo sistema de 'Stop-Start' como un híbrido micro además de que utiliza el motor eléctrico para complementar el motor durante la aceleración. No puede por lo general alimentar el auto el motor eléctrico por sí solo. Está alimentado por una batería que se carga, ya sea mediante la captura de la energía normalmente perdida a través de frenado o por el motor un poco más de rendimiento a velocidad de crucero. Un mild hybrid en serie propulsa el auto por un motor eléctrico que se carga por un motor de gasolina o durante la desaceleración. (Brahmachari, 2010)

### **1.3.3 Full Hybrid (Totalmente Híbrido)**

El más sofisticado de todos los sistemas híbridos y la que se utiliza en nuestros vehículos híbridos completos, pueden ser alimentados sólo con el motor eléctrico, el motor de combustión o por ambos. Normalmente, al iniciar y conducir a bajas velocidades, el vehículo está en silencio alimentado por el motor eléctrico por lo que no se producen emisiones de CO<sub>2</sub> y el combustible no es utilizado.

El motor de combustión lleva a la perfección sobre a velocidades más altas y, cuando sea necesario el motor eléctrico proporciona potencia adicional. Un sistema totalmente híbrido selecciona de manera inteligente la fuente de alimentación más adecuada y capta mucha más energía a través del frenado regenerativo para cargar la batería, que hace funcionar el uno o más motores eléctricos potentes en el auto. (Brahmachari, 2010)

### **1.3.4 Plug in Hybrid (PHEV, Plug in Hybrid Electric Vehicle)**

Este tipo de vehículos eléctricos híbridos (PHEV), es un vehículo que utiliza baterías recargables, u otro dispositivo de almacenamiento de energía, que se puede restaurar a la carga completa mediante la conexión de un enchufe a una fuente de energía eléctrica externa que por lo general es un enchufe de pared normal eléctrica. Un PHEV comparte las características tanto de un vehículo eléctrico híbrido convencional, que tiene un motor eléctrico y un motor de combustión interna; y de un vehículo totalmente eléctrico, dotado de un enchufe para conectarse a la red eléctrica. La mayoría de los PHEV en la carretera hoy en día son los vehículos de pasajeros, pero también hay versiones PHEV de vehículos industriales y furgonetas, camiones utilitarios, autobuses, trenes, motos, scooters y vehículos militares. (Brahmachari, 2010)

### **1.3.5 Electric Vehicle (EV)**

Un vehículo eléctrico (EV), es conocido también como un vehículo de tracción eléctrica, el mismo utiliza motores eléctricos o motores de tracción para la propulsión. Existen tres tipos principales de vehículos eléctricos, los que se alimentan directamente de una estación externa de energía, los que funcionan con electricidad almacenada originalmente de una fuente de alimentación externa, y los que funcionan con un generador eléctrico de a bordo, como un interno motor de combustión (vehículos híbridos eléctricos) o una pila de combustible de hidrógeno.

### **1.4 Componentes de los Autos Híbridos**

Tomaremos como ejemplo el Toyota Highlander 2010 para establecer este punto, en general un vehículo híbrido está compuesto de las siguientes partes que se diferencian del vehículo normal:

- A. Motor de combustión Interna
- B. Transeje Híbrido
  - a. Moto generadores MG1, MG2, (para el caso de los 4WD MGR)
  - b. Inversor/ conversor
- C. Batería de alta tensión

#### **1.4.1 Motor de Combustión Interna Highlander**

El Highlander, posee un motor de combustión interna, el mismo que se describe a continuación:

Tabla 1.1 Motor de combustión

Tipo, materiales	V6, <i>Block</i> de aluminio y cabezas DOCH 24 válvulas con VVT-i
Tren de Válvulas	DOCH, 4-válvulas/cilindro
Desplazamiento	3.5 litros
Diámetro x carrera	3.70 x 3.27
Relación de Compresión	12.5:1
HPS (SAE neto)	231 hp (172 Kw) @ 5.800 rpm
Torque	215 lb-ft @ 4800 rpm
Sistema de Combustible	Inyección multipunto (MPI)
Combustible Recomendado	Mínimo (87 de Octanaje)
Certificación de emisiones	SULEV (California) Tier 2 – Bin 3 (otros estados)

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

## **1.4.2 Transeje Híbrido**

El transeje híbrido del Highlander 2010 consta de:

### **1.4.2.1 Moto Generador 1**

Como función el MG1 tiene que actúa como generador, ayuda a encender el motor de combustión, y ayuda a controlar la relación de la transmisión. Tiene un voltaje máximo de 650 V, y es de tipo de magneto permanente. (Toyota Motor Corporation, 2010)

### **1.4.2.2 Moto Generador 2.**

Su función es manejar el tren delantero, y actuar como generador cuando este frena, es de tipo magneto permanente, tiene un voltaje máximo de 650 V, entrega como máximo una potencia de 167hp y un torque máximo de 247 lb-ft. (Toyota Motor Corporation, 2010)

### **1.4.2.3 Moto Generador Trasero.**

Este tiene como función el control de tren posterior, actúa como generador cuando frena es de tipo magneto permanente tiene una potencia máxima de 68 hp y un torque máximo de 96 lb-ft. (Toyota Motor Corporation, 2010)

## **1.4.3 Inversor/Convertidor**

La función del inversor es de la conversión de la corriente continua en alterna, y el procedimiento opuesto, es decir la conversión de corriente alterna en continua, para alimentar a los moto generadores MG1, MG2, en la transmisión delantera, y para el diferencial trasero, MG3. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Una función muy importante del inversor también es invertir la situación de operación de los MG, permitiendo que se conviertan por momentos en generadores para elevar la carga de la batería.

#### 1.4.4 Batería Híbrida

Durante el funcionamiento del vehículo, hay momentos en que los moto generadores son accionados con carga almacenada en la batería denominada HV (batería de alto voltaje), la misma que está compuesta por pequeños paquetes de batería de aproximadamente 15 V cada uno, conectados en serie. (CISE Electrónica, 2011)

Figura 1. 17 Batería HV



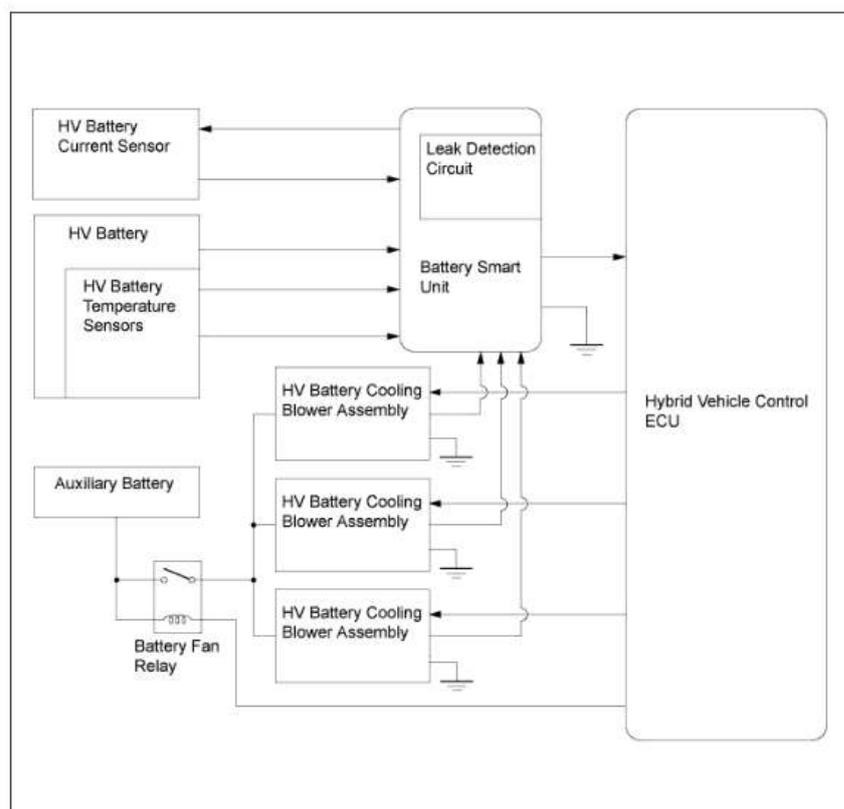
Fuente: CISE Electrónica, 2011

Todo este paquete es el que suministra la tensión al inversor, y también recibe carga del inversor cuando se accionan los moto generadores, o bajo condiciones del frenado regenerativo. (CISE Electrónica, 2011)

#### 1.4.4.1 Unidad de control Inteligente de la batería

La unidad de batería inteligente convierte las señales relacionadas con la batería de alto voltaje (tensión, corriente y temperatura) en señales digitales, y las transmite a la ECU (Electronic Control Unit) de control de híbrido a través de la comunicación en serie. Se necesitan estas señales para determinar los valores de carga o de descarga que se calculan por la ECU de control del vehículo híbrido. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 1. 18 Diagrama de funcionamiento del sistema de control inteligente de la batería



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Un circuito de detección de fugas se proporciona en la unidad inteligente de la batería con el fin de detectar cualquier fuga eléctrica de la batería HV o circuito de

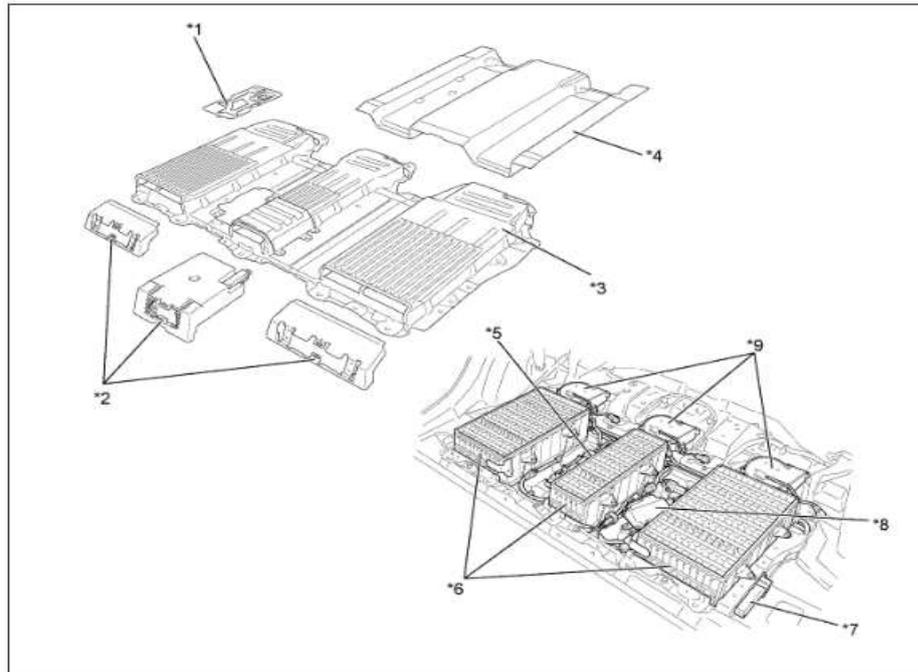
alto voltaje. Además, la unidad inteligente de batería detecta la tensión de la retroalimentación de las asambleas del soplador de refrigeración de la batería, que es necesaria por la centralita de control del vehículo híbrido para llevar a cabo el control de ventiladores. La unidad inteligente de baterías convierte estas señales en señales digitales y las transmite a la ECU de control de vehículos híbridos a través de la comunicación en serie. (Toyota Motor Corporation, 2010)

#### **1.4.4.2 Ensamble de la batería HV**

El conjunto de la batería HV consta de una tapa superior, la cual se ha añadido en la cubierta superior para evitar la entrada de agua. También encontramos la bandeja de la batería HV, 3 grupos de módulos de alto voltaje de la batería, batería de la unidad inteligente, el montaje del bloque de empalmes batería híbrida, 3 ensambles de la batería de enfriamiento HV, ventilador y agarre el enchufe de servicio.

El funcionamiento del ventilador de refrigeración del conjunto de la batería HV se controla para garantizar el correcto cumplimiento por la ECU de control del vehículo híbrido. Se requiere que el control del ventilador de enfriamiento debido a que el conjunto de la batería HV genera calor mientras está siendo cargada y descargada. Se proporciona un ventilador de refrigeración para cada uno de los 3 grupos de la asamblea de la batería HV. El sistema de refrigeración utiliza el aire de la cabina. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 1.19 Ensamble de la batería HV



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 1.2 Partes de la batería HV

<b>1</b>	Cubierta del agujero de servicio
<b>2</b>	Ducto
<b>3</b>	Cubierta Superior
<b>4</b>	Bandeja de la batería HV
<b>5</b>	Ensamble del bloque de unión de la batería híbrida (SMRs) Sensor de Corriente Resistencia de precarga
<b>6</b>	Modulo del grupo de batería HV
<b>7</b>	Enchufe del control de servicio
<b>8</b>	Unidad de batería Inteligente

<b>9</b>	Ensamble del ventilador para refrigeración de la batería
----------	--

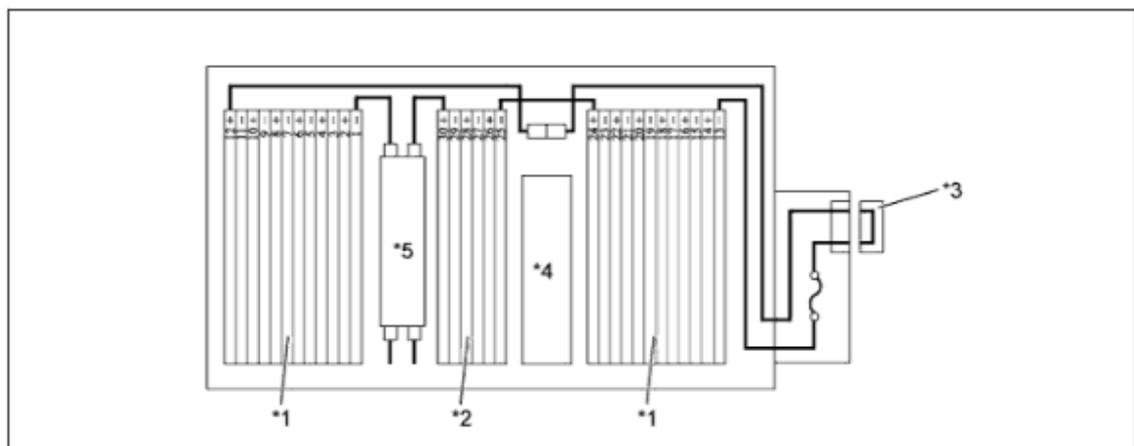
Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 1.4.4.3 Grupo modular de la Batería

Los grupos de módulos de la batería HV se dividen en 3 grupos diferentes dentro de la caja de la batería. Se utiliza metal para el material de las carcasas del módulo para lograr un rendimiento mejorado de refrigeración y una construcción compacta.

La batería HV se compone de 30 módulos que están conectados en serie por un módulo de barra de bus. Además, la conexión entre las células se realiza en 2 lugares con el fin de reducir la resistencia interna y mejorar la eficiencia. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 1.20 Módulos de la batería



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 1.3 Módulos de la batería

<b>1</b>	Grupo modular de la batería HV (12 módulos)
<b>2</b>	Grupo modular de la

	batería HV (6 módulos)
<b>3</b>	Enchufe del control de servicio
<b>4</b>	Unidad inteligente de la batería
<b>5</b>	Ensamble del bloque de conexión de la batería híbrida

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 1.5 Vehículos híbridos en el Ecuador

El uso de vehículos híbridos en el Ecuador está en ascenso, de manera en que cada día podemos darnos cuenta que la demanda de esta clase de vehículos por los compradores va aumentando, dando como resultado el potente auge de la tecnología híbrida en el Ecuador, un plus a esta teoría nos entrega el mismo estado ecuatoriano, ya que actualmente los vehículos híbridos poseen privilegios arancelarios ante su competencia, los vehículos tradicionales. (Silva, 2010)

Se estima que hasta el 2020 el parque automotriz híbrido en el Ecuador supere el 20%, permitiendo así una menor explotación de recursos fósiles, lo mismo que favorecerá al cambio de matriz energética, fomentado por el actual régimen de gobierno, existen estudios que en el Ecuador esta clase de vehículos han permitido que se ahorre en combustible hasta de 100 galones por mes, este estudio lo realizó el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), debido a que la marca "TOYOTA" entregó un Highlander híbrido a esta entidad gubernamental, al culminar el año, pudieron darse cuenta que el ahorro fue de más de 25.000 dólares, lo cual representa un importante rubro. (Silva, 2010)

Actualmente el Ecuador demanda el 50% de la producción de petróleo, para la industria de los combustibles, por lo que la importación de naftas para el procesamiento de la gasolina, y productos derivados del petróleo para la industria automotriz genera un importante gasto para el estado. (Silva, 2010)

### **1.5.1 Conservación Ecológica de los vehículos híbridos**

Debido al desarrollo global de la industria y la tecnología en el siglo 20, el aumento de la producción de vehículos y el crecimiento de la población como resultado del consumo masivo de combustibles fósiles. Hoy nos enfrentamos a tres retos en materia ambiental y de energía, que están encontrando una fuente de energía alternativa en lugar de petróleo, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la prevención de la contaminación del aire. (Toyota Motor Corporation, 2014)

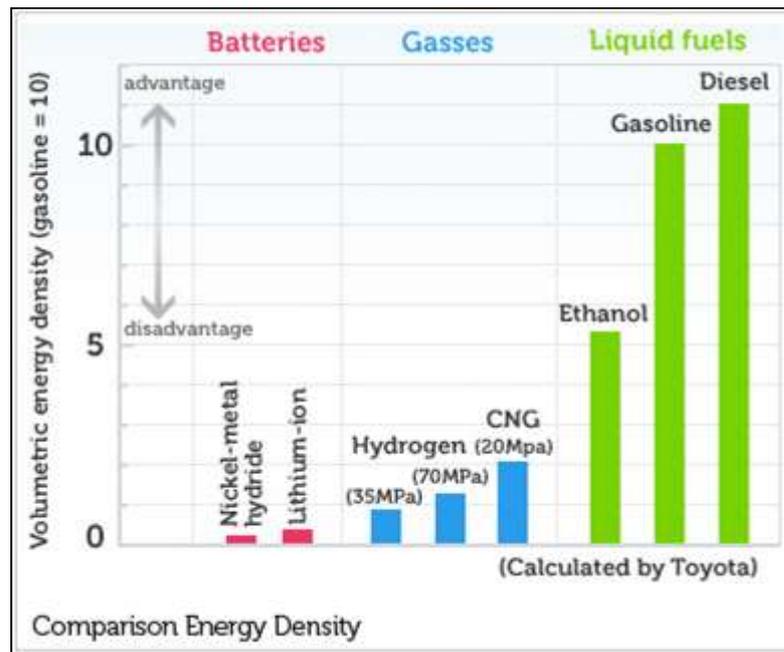
Aunque la demanda de alternativas al petróleo, como los combustibles de gas, la electricidad y el hidrógeno puede crecer, cada fuente de energía alternativa tiene sus desventajas. El petróleo es actualmente la principal fuente de combustible para la automoción, pero la investigación y desarrollo de energías alternativas en el futuro puede traer el cambio. Varios trenes de potencia, tales como los encontrados en los vehículos híbridos, vehículos eléctricos y vehículos de pila de combustible, será necesario con el fin de utilizar los tipos de diversificación de los combustibles. (Toyota Motor Corporation, 2014)

En Toyota, se han fijado a seguir desarrollando varios vehículos, junto con el énfasis de los vehículos convencionales y los vehículos híbridos de la tecnología como núcleo fundamental mientras persigue un mayor avance. Sobre la base de estas tecnologías básicas, Toyota desarrollará vehículos de última generación que utilizan combustibles alternativos como el gas combustible, la electricidad y el hidrógeno. (Toyota Motor Corporation, 2014)

### 1.5.2 Características de los combustibles alternativos

Electricidad, el hidrógeno, el biodiesel y el gas natural son buenas alternativas para los combustibles fósiles, sino que cada fuente tiene sus propias desventajas. La figura muestra compara la densidad de energía de cada combustible alternativo.

Figura 1.21 Esquema comparativo de los tipos de combustibles



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Incluso con la última tecnología de baterías de iones de litio, sólo 1/50 de la energía requerida por la gasolina se utiliza. Aunque la alimentación de un motor con electricidad es mucho más eficiente que un motor de combustión interna, combustibles líquidos como gasolina son todavía ventajosos debido a su alto volumen en densidad de energía. La siguiente figura muestra la diferencia en la densidad de energía entre la electricidad y la gasolina, pero no indica la correlación de rango de crucero. (Toyota Motor Corporation, 2014)

El costo de las baterías también plantea un gran desafío. En un esfuerzo para alcanzar el Plan de Innovación Tecnológica 2030 emitida por el Ministerio de Economía,

Comercio e Industria de Japón, los desarrolladores de este tipo de tecnologías apenas han llegado a la situación de estar en un nivel competitivo con los vehículos de gasolina. (Toyota Motor Corporation, 2014)

## **CAPÍTULO 2: SISTEMA INVERSOR HÍBRIDO.**

### **2.1 Funcionamiento general del Inversor Toyota Highlander 2010**

“Este componente es parte fundamental del vehículo Híbrido, incorpora 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” (Fernández, 2009)

La función del inversor consta de la conversión de la corriente continua en alterna, y el procedimiento opuesto, es decir la conversión de corriente alterna en continua, para alimentar a los moto generadores MG1, MG2, en la transmisión delantera, y para el diferencial trasero, el MG3. (Fernández, 2009)

Para conseguir el movimiento en el MG se utiliza una corriente de tres fases la cual es lograda gracias a un circuito amplificador el mismo que eleva la tensión de 220V a 650V de corriente directa a corriente alterna; dentro del inversor se tiene una etapa de potencia, sin embargo el control se encuentra a cargo de la unidad de control del sistema HV. Una función muy importante del inversor también es invertir la situación de operación de los MG, permitiendo que se conviertan por momentos en generadores para elevar la carga de la batería. (Fernández, 2009)

No debemos dejar de lado que el inversor permite cargar la batería de 12v, utilizando la carga de la batería alta, en donde entra en funcionamiento el circuito que convierte la corriente directa en alterna y viceversa, es decir el circuito conversor.

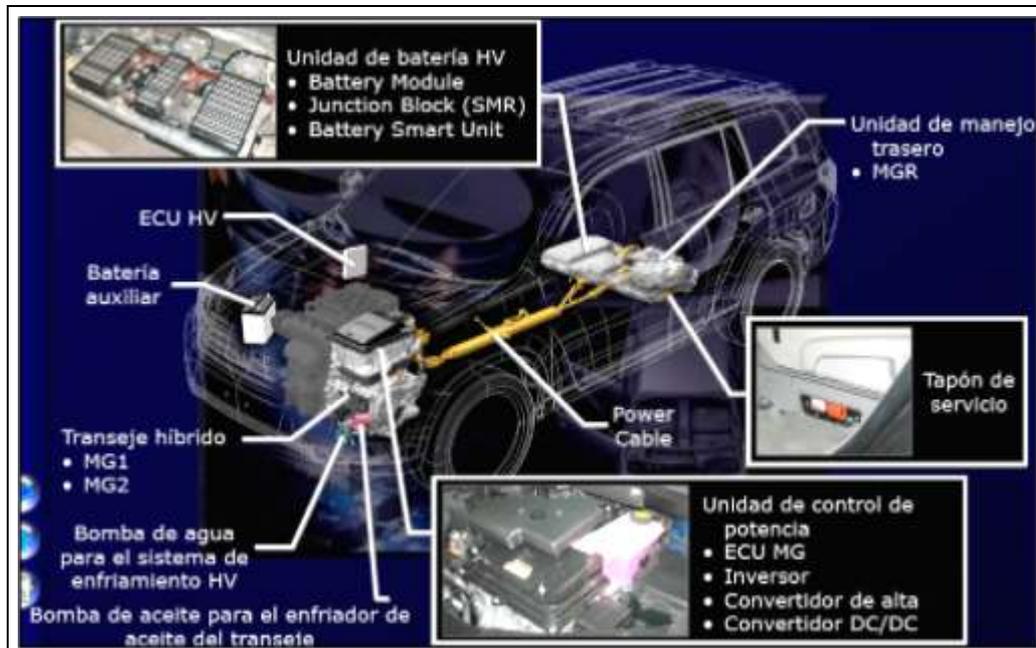
Figura 2.1 Imagen del Inversor del Highlander



Fuente: Cise Electrónica, 2009

## 2.2 Diagrama y Partes del Sistema.

Figura 2.2 Partes del sistema Inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2012

### **2.3 Sistema de Elevación de Tensión.**

“El elevador de tensión es la clave del mecanismo inversor, está compuesto por un reactor y un módulo denominado IPM que en su interior contiene un par de transistores IGBT, los cuales son accionados de forma muy precisa para cumplir funciones muy específicas.” (Suntaxi, 2008)

Dentro de las funciones del sistema de elevación de tensión, está que con la ayuda del reactor crea una fuente switch, la misma que lleva la tensión, y es guiada por el controlador de los moto-generadores. Consecuentemente, habilita el paso de la tensión de los moto generadores a la batería cuando estos trabajan como generadores.

“El módulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este módulo a la salida de 500V cuenta con un circuito RC (resistencia condensador), genera estabilidad y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías” (Suntaxi, 2008)

El módulo IPM tiene como función generar la conmutación a la masa del reactor, utilizando transistores IGBT los mismos que bajo sus siglas en inglés significan Insulated Gate Transistor Bipolar. (Toyota Motor Corporation, 2010)

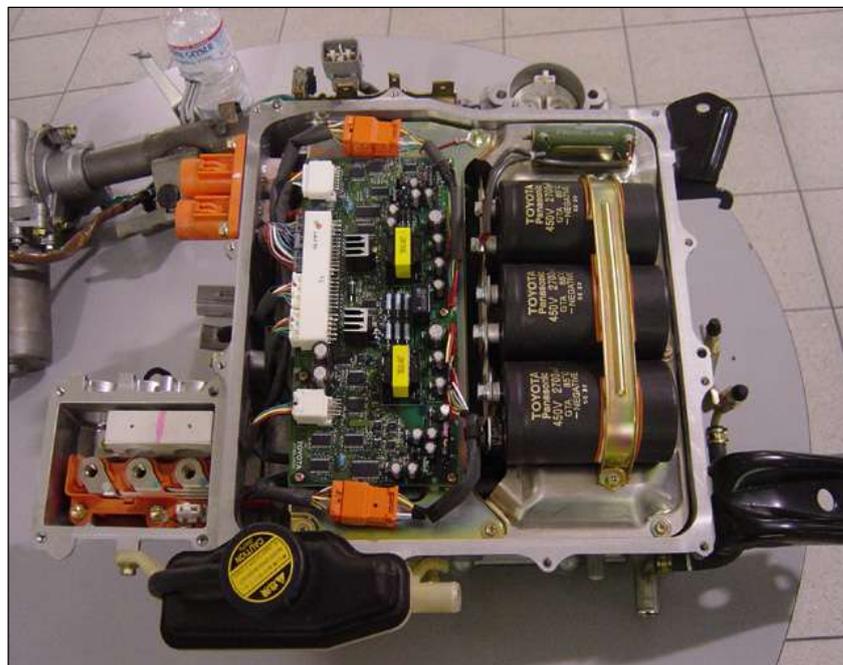
### **2.4 Convertidor de corriente.**

El convertidor de corriente del Toyota Highlander, se encuentra dentro del inversor, sin embargo una parte muy importante en la conversión de la corriente, es el módulo IPM, como lo hemos mencionado antes, este módulo posee ciertas características electrónicas, las cuales permiten conmutar a alta frecuencia y con una carga elevada los transistores que se encuentran dentro del módulo; destacando sus características principales tenemos:

- Completar la salida de Poder
- Actuar como una protección lógica para el circuito

Debemos notar que en las etapas de manipulación de motores MG, en la elevación de tensión, y en la recarga de la batería de alta tensión, existe un paquete de condensadores que son muy estables, los cuales manejan un rango importante de potencia y disipación. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.3 Imagen de los condensadores en el inversor



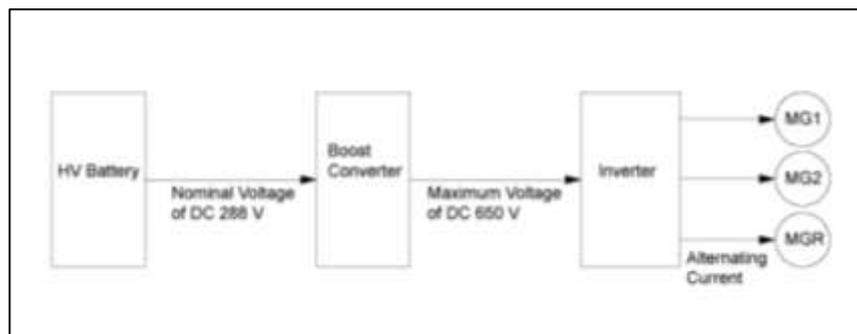
Fuente: CISE Electrónica, 2009

Dentro del circuito inversor, también se encuentran un conjunto de resistencias, las cuales son indispensables ya que si estas no existieran, podría permanecer mucho tiempo cargado el circuito luego de que el vehículo se encuentre apagado, lo que se traduce en un riesgo inminente.

### 2.4.1 Elevador de Conversión

El elevador de conversión o convertidor de refuerzo aumenta la tensión de la batería de alta tensión de CC 288 V (nominal) hasta una tensión máxima de 650 V de CC, de acuerdo con las señales proporcionadas por la ECU a través de la ECU del moto generador (MG ECU).

Figura 2.4 Esquema del Convertidor de Refuerzo



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

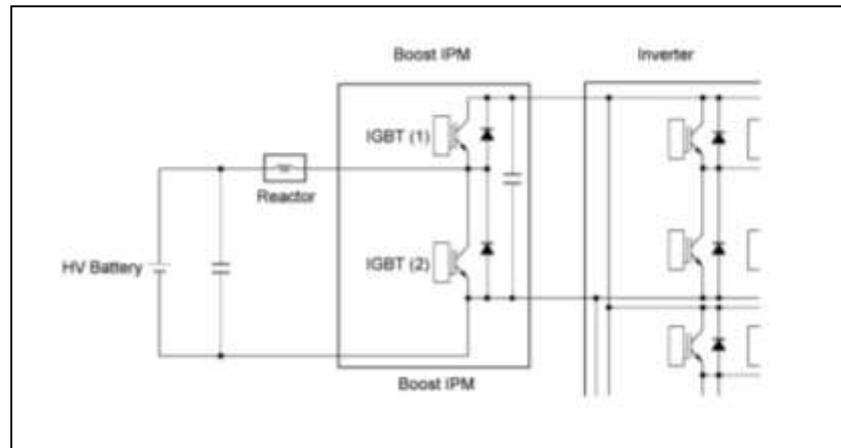
El inversor convierte la corriente alterna generada por MG1, MG2 o MGR en corriente directa. El convertidor de refuerzo hace que el voltaje descienda de 650 V (máximo) CD a 288 V (nominal) CD para la batería de alta tensión de acuerdo con las señales proporcionadas por la ECU a través de la ECU del motor del generador. (Toyota Motor Corporation, 2010)

El convertidor de refuerzo consiste en un módulo (MIP) con una función de puerta aislada con transistores bipolares (IGBT) que realizan el control de conmutación, y un reactor. (Toyota Motor Corporation, 2010)

El reactor es un componente electrónico que tiene las características que se resisten a los cambios en el flujo de corriente. Si un circuito que contiene un reactor que cambia su estado de encendido y luego apagado, el reactor intentará mantener el

flujo de corriente después de haber sido apagado. En el momento de la reducción de tensión, estas características también ayudan a suavizar la salida del IGBT (1) de caída de tensión. El reactor se puede cargar rápidamente girando en el IGBT (2) de impulso. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.5 Esquema del circuito del elevador de refuerzo.

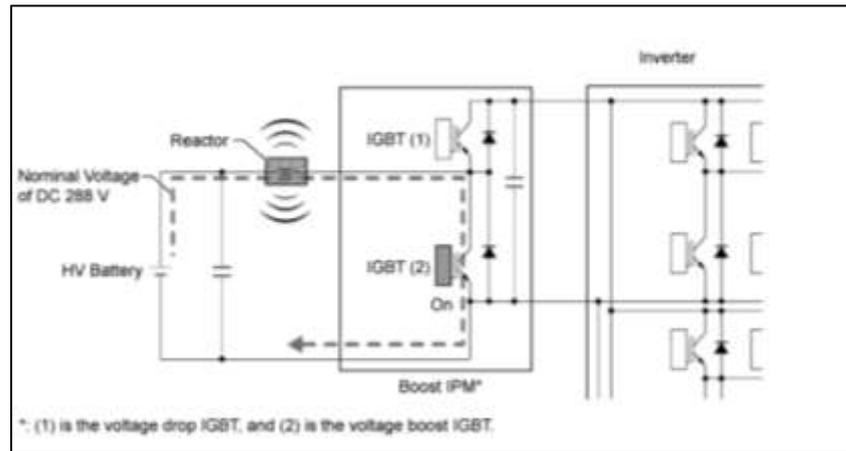


Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

El proceso de conversión del voltaje de la batería de 288V a 650V de corriente directa, se resumen en los siguientes pasos:

1. El IGBT (2) se enciende, causando que la energía eléctrica de la batería de alta tensión para cargar el reactor. Como resultado, el reactor almacena energía.

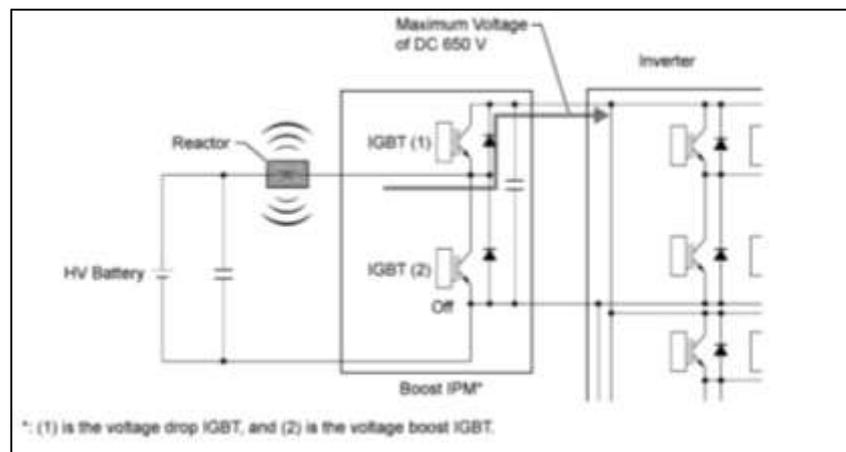
Figura 2.6 Primer paso



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

2. El IGBT (2) se apaga, haciendo que el reactor produzca una fuerza electromotriz (la corriente sigue fluyendo desde el reactor). Esta fuerza electromotriz hace que el voltaje aumente hasta un máximo de CC 650 V. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.7 Segundo paso

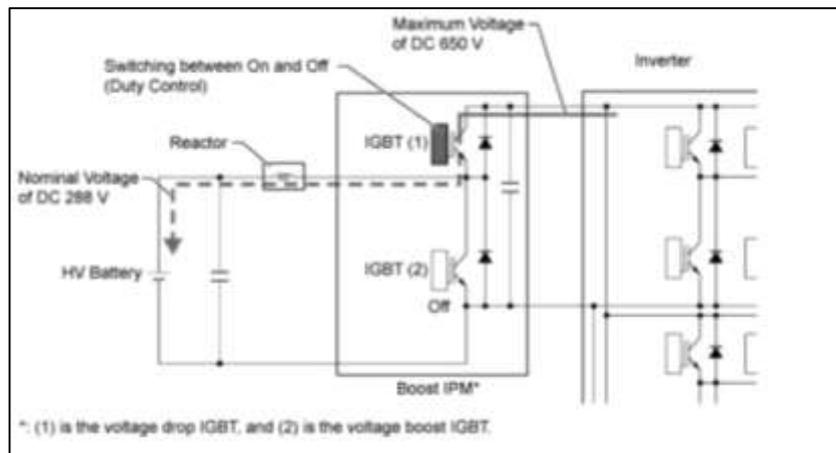


Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

La corriente alterna que generada por MG1, MG2 o MGR con el fin de cargar la batería de alta tensión se convierte en corriente directa por el inversor con un voltaje

máximo de aproximadamente 650 V. Entonces, el convertidor de refuerzo se utiliza para dejar caer la tensión de CD a aproximadamente 288 V. Esto se logra mediante IGBT (1) cuando este se enciende y se apaga mediante el control de ciclo de trabajo, de forma intermitente la interrupción de la energía proporcionada al reactor por el inversor. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.8 Esquema de carga de la batería

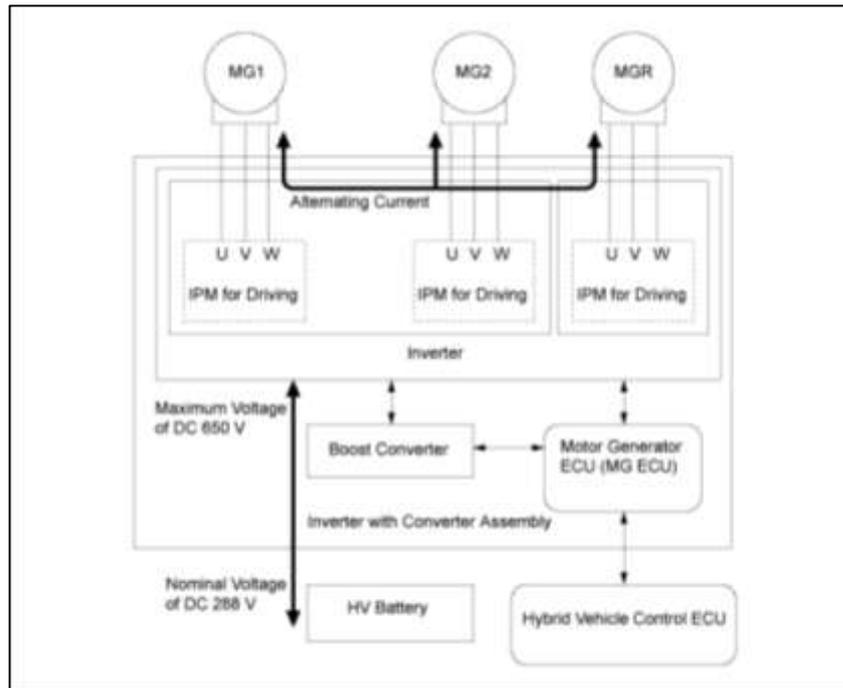


Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

## 2.5 Control del ensamble Inversor – Conversor

Hemos mencionado que el inversor convierte la corriente continua de la batería en corriente alterna o viceversa; que se utiliza para el funcionamiento de MG1, MG2 y MGR, de acuerdo con las señales proporcionadas por la ECU a través del (MG ECU). Además, el inversor toma la energía generada por MG1 y la suministra a MG2 o MGR. Sin embargo, la corriente generada por la MG1 se convierte en CD dentro del inversor antes de ser convertido de nuevo en CA por el inversor para el uso del MG2 o MGR. Esto es necesario debido a que la frecuencia de la salida de CA por MG1 no es apropiado para el control de MG2. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.9 Diagrama del ensamble del Inversor-convertidor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

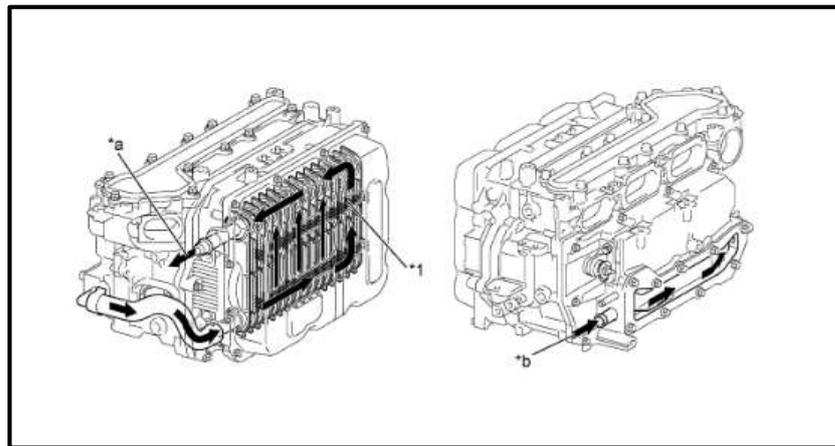
El ECU MG transmite señales a los transistores de potencia que se encuentran dentro del convertidor para la conmutación de las fases de la bobina del estator U, V y W de los MG1, MG2 y MGR, la misma que se basa en la información de posición del rotor enviado por el MG1, MG2 y el resolver del MGR. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Cuando el vehículo se encuentra en neutro, o el ECU de ha recibido una señal de tensión de falla, sobre-calentamiento o una sobre intensidad de corriente desde el inversor, el ECU d transmite una señal de control de apagado para el inversor, con el fin de apagar los transistores de potencia para MG1 para una desconexión eléctrica de los MG2 y MGR. (Toyota Motor Corporation, 2010)

## 2.6 Sistema de Enfriamiento.

El inversor, consta de un sistema de enfriamiento, que utiliza una bomba de agua, los MG se encuentran separados del sistema de enfriamiento del motor, se activa cuando en el vehículo se conmuta que el estado de alimentación se active. (Toyota Motor Corporation, 2010)

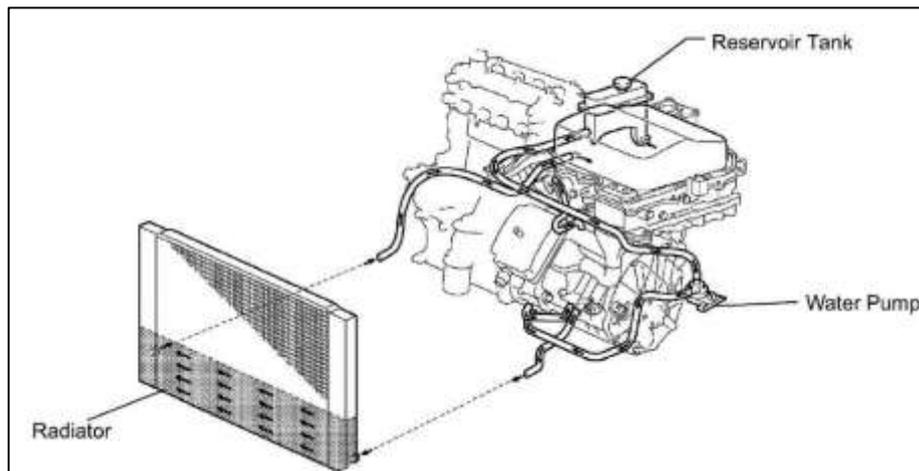
Figura 2.10 Sistema de enfriamiento del inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

En el sistema de enfriamiento del inversor cuenta con un radiador que está integrado con el radiador del motor de gasolina, debemos notar que el radiador ha sufrido modificaciones para optimizar el espacio que ocupa. (Toyota Motor Corporation, 2010)

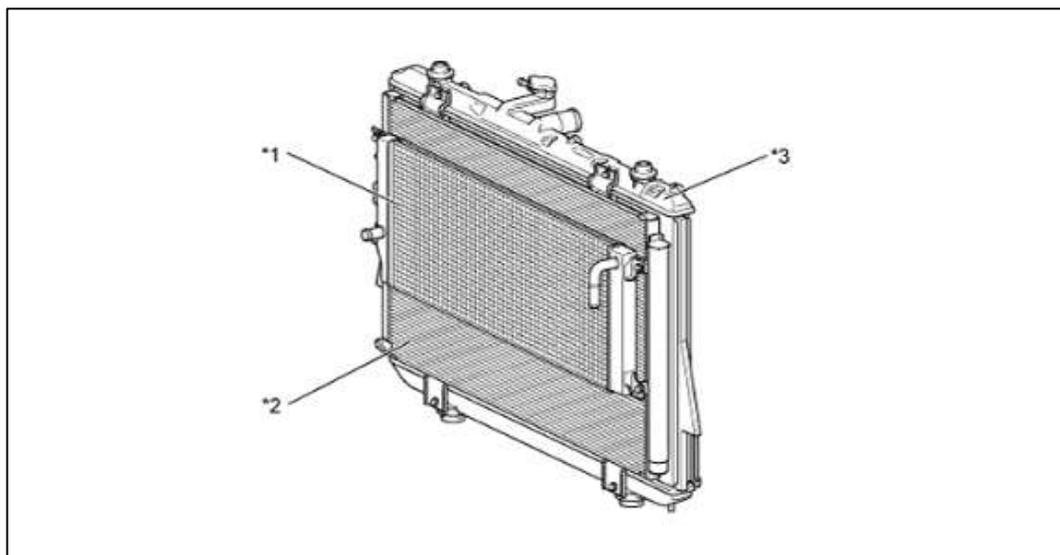
Figura 2.11 Conexión del radiador.



Fuente: <http://www.justanswer.com/toyota/4tflt-code-poa93-inverter-colling-system-performance.html>

El radiador del convertidor y el radiador del motor son piezas separadas. El radiador inversor está montado delante del condensador de A / C. El ventilador de refrigeración también es compartida por el radiador del motor y A / C del condensador. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.12 Radiador del Inversor del Highlander



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

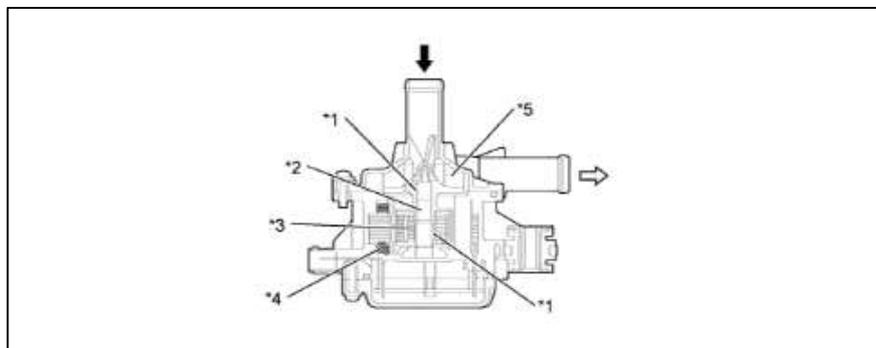
Tabla 2.1 Partes del Radiador

1	Radiador del Inversor
2	Condensador A/C
3	Radiador del motor

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

En el enfriamiento se utiliza una bomba eléctrica compacta de alta presión de salida. Se utiliza un motor de corriente continua de alto rendimiento sin escobillas para el motor de la bomba. Además, los cojinetes que soportan el eje del motor en ambos extremos se emplean, por lo que suprime el ruido y la vibración. El conjunto de la bomba de agua del inversor se controla para 3 etapas por las ECU de control de vehículos híbridos, de acuerdo con la temperatura del refrigerante del inversor con el fin de enfriarlo. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.13 Bomba del Inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 2.2 Partes de la Bomba del refrigerante.

1	Cojinete
2	Eje del Motor

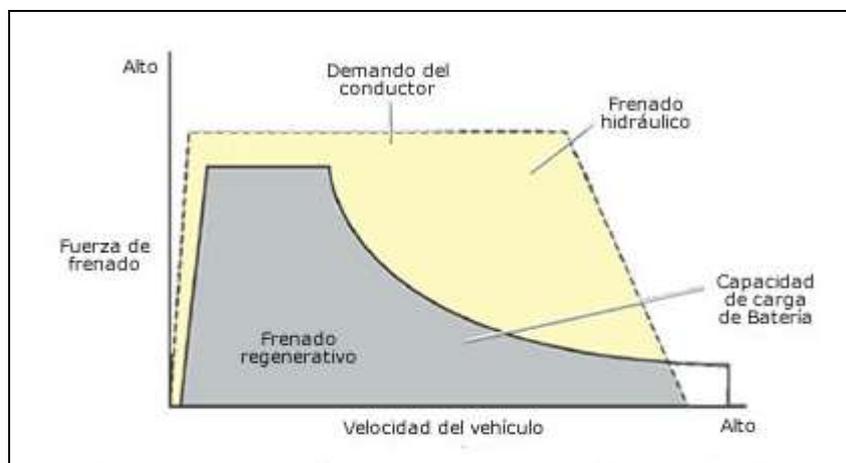
3	Imán
4	Bobinado
5	Impeller
	Ingreso del refrigerante
	Salida del refrigerante

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

## 2.7 Sistema de frenado Regenerativo

El frenado regenerativo, tiene como objetivo disminuir la velocidad de la trayectoria del vehículo, cuyas herramientas son el motor térmico, y el pedal de freno, en donde el motor eléctrico cumple la función de generar energía eléctrica, convirtiendo la energía cinética del vehículo, utilizándola para cargar las baterías. (Suntaxi, 2008)

Figura 2.14 Gráfica comparativa entre frenado regenerativo y frenado hidráulico



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>

El sistema se encuentra en un mayor rendimiento cuando se circula por la ciudad, debido a las aceleraciones y desaceleraciones recurrentes.

Figura 2.15 Gráfica de funcionamiento de carga de la batería



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-hibridos/grafica-funcionamiento.jpg>

Debemos notar que en el momento cuando accionamos el pedal del freno, el controlador ECB (Electronic Control Braking) tiene que coordinar la acción del freno regenerativo y el hidráulico, el mismo que tiene como prioridad la selección del freno regenerativo, lo que permite que se recobre energía aun cuando el vehículo circula a velocidades bajas, aumentando la eficiencia de la regeneración de energía.

Debe notarse que en la transmisión las pérdidas por rozamiento son mínimas debido a que el movimiento de las ruedas, se transmiten a través del diferencial, y los engranajes intermedios están conectados al motor eléctrico, por lo que el motor eléctrico actúa como generador, la eficiencia del sistema regenerativo es de 65%. (Suntaxi, 2008)

## 2.8 Mantenimiento

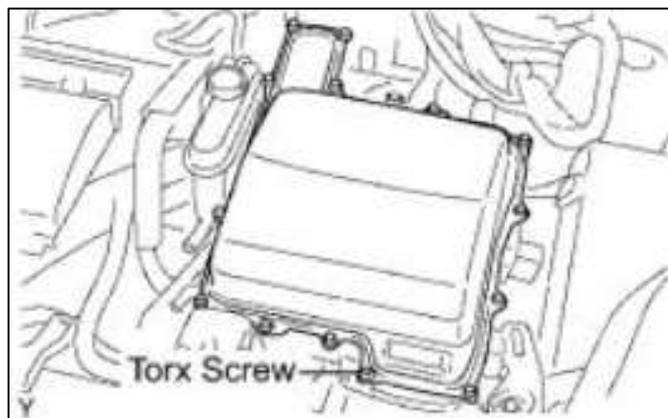
### 2.8.1 Inspección del Inversor

Debemos mencionar que para realizar el mantenimiento e inspección del inversor del Toyota Highlander Híbrido 2010 se debe como regla utilizar guantes aislantes. Y es necesario que se compruebe los códigos de error de diagnóstico (DTC, Diagnostic trouble code) antes de realizar las inspecciones en el convertidor y el inversor, y realizar la solución de problemas apropiada. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Para Realizar la inspección del Inversor debemos seguir los siguientes pasos:

- 1) Apague el interruptor de alimentación
- 2) Retire el tapón de servicio
- 3) Retire la tapa del inversor
  - a) Con la ayuda de una racha, retire el tornillo
  - b) Retire los 12 tornillos y luego la tapa del inversor.

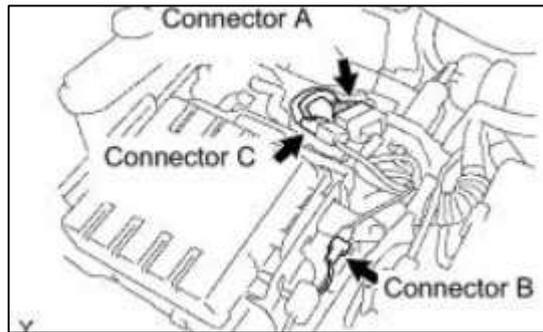
Figura 2.16 Esquema de la tapa del inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- 4) Desconecte los conectores A y B se muestra en la ilustración

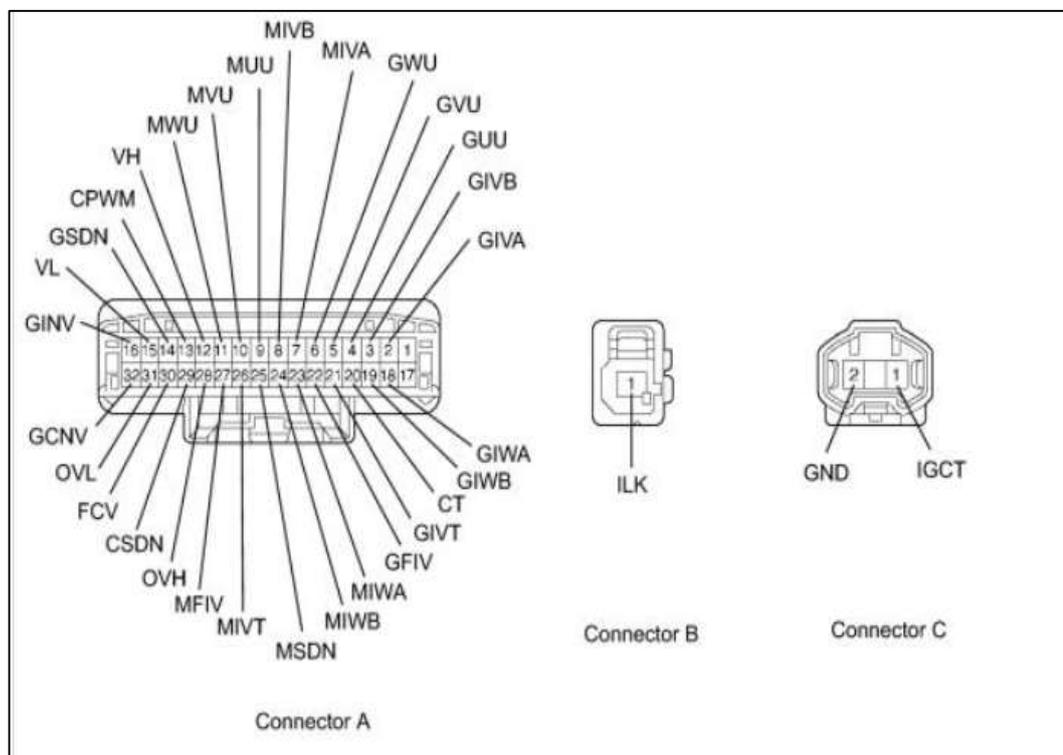
Figura 2.16 Esquema de los conectores del Inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- 5) Gire el interruptor de encendido en ON (IG).
- 6) Utilice un multímetro para medir el voltaje. Además, la resistencia. Deberá entregar los siguientes valores expresados en la tabla:

Figura 2.18 Puntos de medición en el inversor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 2.3 Valores óptimos para el Inversor

PROBADOR DE CONEXIÓN	CONDICIÓN DE MEDICIÓN	CONDICIÓN ESPECÍFICA
A-2 (GIVA) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-3 (GIVB) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-4 (GUU) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-5 (GVU) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-6 (GWU) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-7 (MIVA) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-8 (MIVB) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-9 (MUU) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-10 (MVU) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-11 (MWU) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 14 a 16 V
A-12 (VH) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 0.5 V
A-13 (CPWM) - A- 32 (GCNV)	-	Aproximadamente 0 V
A-14 (GSDN) - A-	-	Aproximadamente

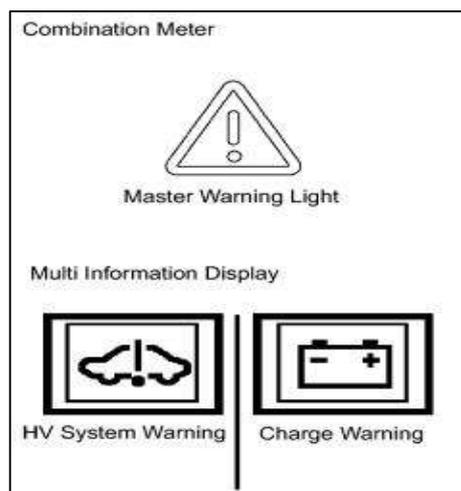
32 (GCNV)		2 a 4.5 V
A-15 (VL) - A-32 (GCNV)	-	Aproximadamente 0.5 V
A-16 (GINV) - C-2 (GND)	-	Aproximadamente 0 V
A-18 (GIWA) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-19 (GIWB) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-20 (CT) - A-16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-21 (GIVT) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 2 a 4.5 V
A-22 (GFIV) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 5 a 8 V
A-23 (MIWA) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-24 (MIWB) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-25 (MSDN) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 0 V
A-26 (MIVT) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 2 a 4.5 V
A-27 (MFIV) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 5 a 8 V
A-28 (OVH) - A- 16 (GINV)	-	Aproximadamente 5 a 8 V
A-29 (CSDN) - A- 32 (GCNV)	-	Aproximadamente 0 V
A-30 (FCV) - A-32 (GCNV)	-	Aproximadamente 13.5 a 16.5 V
A-31 (OVL) - A-32	-	Aproximadamente

(GCNV)		13.5 a 16.5 V
A-32 (GCNV) - C-2 (GND)	-	Aproximadamente 0 V
B-1 (ILK) – Cuerpo a Tierra	Después de la instalación de la sonda a la terminal, instalar temporalmente la tapa del inversor. No tiene que ser apretados con los pernos en este punto.	Entre 1 Ohm
C-1 (IGCT) - C-2 (GND)	-	Aproximadamente 8 a 16 V
C-2 (GND) – Cuerpo a Tierra	-	Entre 1 Ohm

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 2.8.2 Inspección del convertidor

Figura 2.17 Luces del HV y aviso de carga



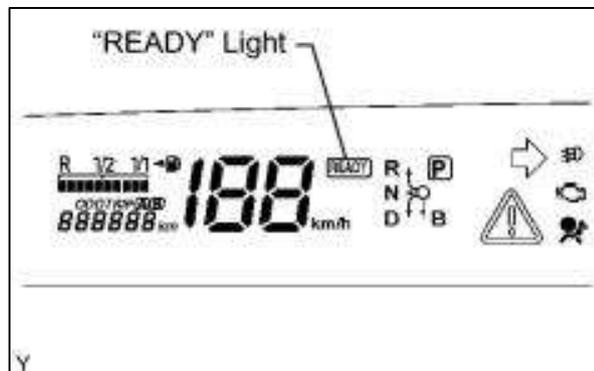
Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Si la luz de advertencia del sistema de HV, y la luz del aviso de carga se encienden al mismo tiempo, comprobar los DTC y realizar la solución de problemas adecuada. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Los pasos a seguir para realizar la inspección del convertidor son los siguientes:

1. Compruebe el funcionamiento
  - a. Utilice un voltímetro para medir el voltaje de la terminal de la batería auxiliar cuando la luz "LISTO" esté intermitente entre el OFF y ON.

Figura 2.20 Luz de Ready



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Los Voltajes que deberán entregarnos para comprobar el correcto funcionamiento del conversor están dados por la siguiente tabla:

Tabla 2.4 Voltajes para el Conversor

Luz "READY"	Condiciones Específicas
ON	14 V
OFF	12 V

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- Cuando la luz de "READY" está en ON, el convertidor emite la tensión. Cuando está en OFF, la batería auxiliar es el que emite la tensión.

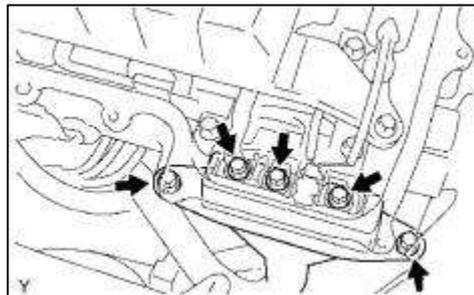
b. Inspeccione la corriente de salida.

Para inspeccionar esta parte debemos tener en cuenta el uso de guantes aislantes para no sufrir lesiones graves.

El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Quite los 5 tornillos y desconecte los cables de alimentación MG1 del inversor.

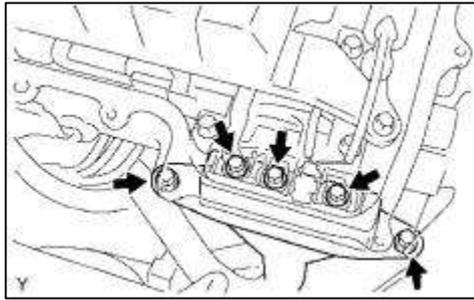
Figura 2.18 Tornillos y cables del convertidor



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- ii. Quite los 5 tornillos y desconecte el cable de alimentación MG2.

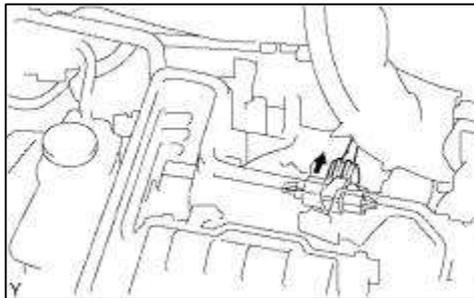
Figura 2.19 Tornillos Internos



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- iii. Instalar un voltímetro y el AC / DC 400 Una sonda a las ubicaciones que se muestran en la figura 20.

Figura 2.23 Forma de instalar el multímetro



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- iv. Conecte el cable de alimentación de MG1 a la terminal del cable de alimentación MG1 con 5 pernos. Con las siguientes especificaciones: Torque: 8.0 N·m (82 kgf·cm, 71 in·lbf). (Toyota Motor Corporation, 2010)

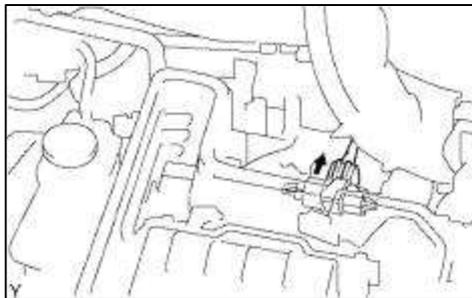
- v. Conecte el cable de alimentación MG2 al terminal del cable de alimentación MG2 con 3 pernos. Con las siguientes especificaciones: Torque: 8.0 N·m (82 kgf·cm, 71 in·lbf). (Toyota Motor Corporation, 2010)
  
- vi. Con la luz “READY” encendida, encender los aparatos eléctricos que funcionan a 12V, uno por uno, y luego medir la corriente de salida. Deberá cumplir con un amperaje aproximado de 80A.

Si la corriente de salida es 0A o superior a 80A, comprobar la señal de entrada / salida.

- c. Compruebe la señal de entrada / salida.

- i. Desconecte los conectores que se muestran en la figura 2.24

Figura 2.24 Conectores a Desconectar



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

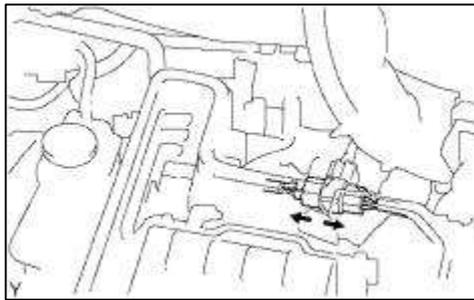
- ii. Utilice un voltímetro para medir la tensión entre la ronda de cuerpo y de la terminal del conector del mazo de cables del lado del vehículo.

Condición estándar:

Igual a la tensión terminal de la batería auxiliar

- iii. Desconecte los conectores que se muestran en la figura 22.

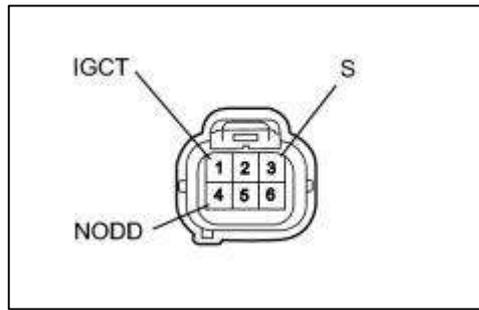
Figura 2.25 Forma de conexión de los conectores



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

- iv. Gire el interruptor de encendido en ON (IG). Usando un multímetro, mida la tensión y resistencia entre los terminales del conector del lado del mazo de vehículo.  
(Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.26 Conector



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Condiciones estándar:

Tabla 2.5 Condiciones Convertidor

Prueba de Conexión	Condición Específica
1 (IGCT) – Cuerpo a Tierra	8 to 16 V
3 (S) – Cuerpo a Tierra	Igual al voltaje de la batería auxiliar
4 (NODD) – cuerpo a Tierra	120 a 140 k $\Omega$ Cuando el botón de encendido está en OFF

Fuente:

Toyota

Motor Corporation, 2010

Si no se cumplen las normas, sustituya el inversor con el montaje del convertidor.

## 2.9 Problemas más recurrentes en el Inversor

Durante el desarrollo de nuestra tesis de grado, hemos podido investigar que uno de los problemas más frecuentes con lo que tiene que ver con el mal funcionamiento del

inversor del Highlander Híbrido 2010 es el mencionado problema con código POA78-286, o lo que a continuación detallaremos una experiencia en la solución de este problema. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 2.207 Foto del Inversor Highlander



Fuente: Equipo Automotriz Javaz, 2012

“Luego de colocar el scanner, utilizamos el software de Toyota (Techstream + Interfase), y al ingresar en la ECU de híbrido encontramos el código POA78 -286. El vehículo tenía la advertencia de falla en el sistema híbrido en el panel, además de funcionar en forma deficiente y mantener encendido el motor de combustión en forma permanente. El sistema se encontraba en condición de conducción limitada, una estrategia de emergencia donde las prestaciones del vehículo resultan deficientes y el consumo de combustible aumentan notablemente. Adicionalmente por propagación del código por la red, los sistema de ECT (Motor gasolina), control de tracción y ABS presentaban los testigos correspondientes encendidos en el panel de instrumentos. Con otros códigos, que daban cuenta del problema en el sistema híbrido.” (Augeri, 2011)

Podemos acotar como experiencia del autor que el procedimiento que él siguió para la inspección del vehículo, se basó básicamente en el método de inspección adecuado

del Inversor y de Convertidor de corriente, el mismo que esta detallado anteriormente en el presente documento.

Figura 2.218 Circuito del Inversor



Fuente: Equipo Automotriz Javaz, 2012

Lo más sobresaliente en el trabajo realizado, era que en el flujo de datos de la batería VB (voltaje boosted, voltaje recargado) era distinto de la tensión que suministraba el VL (voltaje low, voltaje bajo) consecuentemente esto demostraba que había una caída de tensión entre el voltaje monitoreado por la ECU y la batería, por lo que utilizando un multímetro decidieron medir por ellos mismos y corroboraron que no existía ninguna caída de tensión, otro parámetro muy sospechoso que entregaba el ECU era que la temperatura del inversor era menor a la temperatura ambiente, lo que resulta completamente imposible. (Augeri, 2011)

Analizando estos datos obtenidos, podemos concluir que aunque los datos obtenidos son suministrados por los sensores tanto de voltaje como de temperatura no son reales no podemos asegurar que sea problema de los sensores como tampoco del

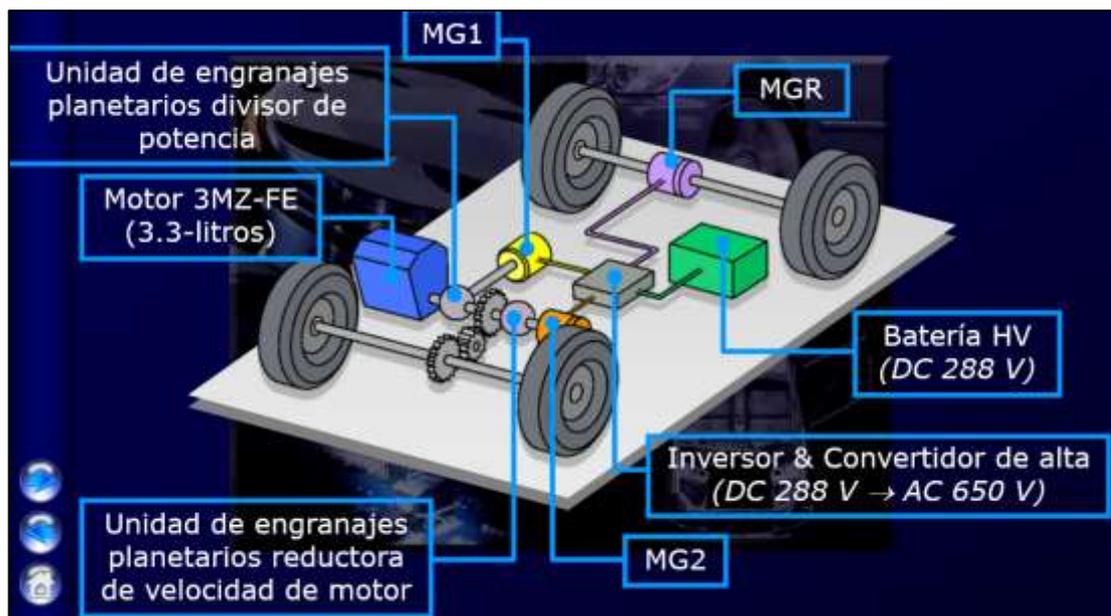
sistema ECU. Analizando que Toyota nos sugiere que realicemos el cambio completo del Inversor ya que la misma marca no nos suministra de partes que componen el mismo, por lo que podemos asegurar que mientras no se tenga los suministros necesarios para la correcta reparación del inversor, cualquier problema que tenga este necesariamente se deberá realizar la sustitución del mismo. (Augeri, 2011)

### CAPITULO 3: MOTOR GENERADOR POSTERIOR (MGR)

#### 3.1 Funcionamiento del (MGR).

En este vehículo el MGR funciona con un voltaje máximo de 650 voltios de corriente alterna, maneja una salida de 50 Kw con un margen de 4610-5120 revoluciones por minuto, un torque máximo de 130 N·m a 610 revoluciones por minuto. (Toyota del Ecuador, 2012)

Figura 3.1 Diagrama de disposición del MGR

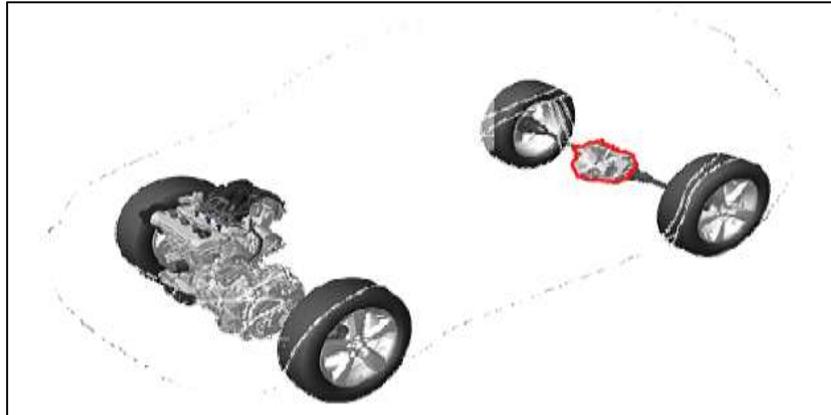


Fuente: Toyota del Ecuador, 2012

El generador transforma el trabajo del motor térmico en electricidad, adicionalmente como lo hemos mencionado el moto generador, tiene como función recargar la batería además de proporcionar energía de respaldo cuando el vehículo sufre una aceleración fuerte. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Debemos recalcar que el moto generador trasero, funciona con corriente alterna, además de ser síncrono; como máximo gira al doble del régimen del motor térmico, este motor siempre está en operación, sin embargo no se despliega en el monitoreo del híbrido. El sistema es de enfriamiento por aire.

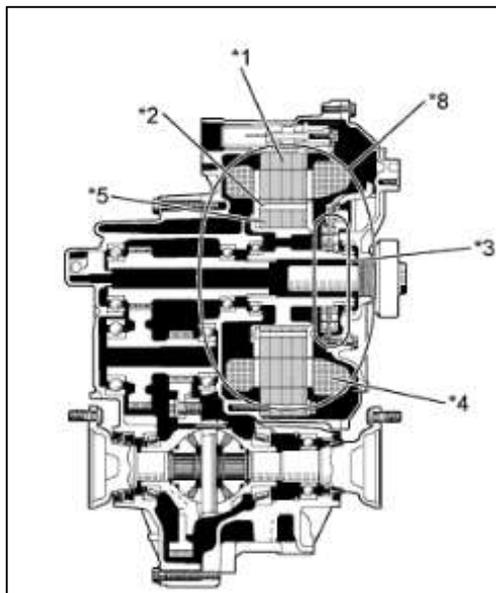
Figura 3.2 Moto generador trasero (MGR)



Fuente: Toyota Motor Sales, 2010

### 3.2 Partes mecánicas y Electrónicas.

Figura 3.3 Partes del Moto Generador Trasero



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 3.1 Partes del MGR

<b>1</b>	Estator
<b>2</b>	Imán Permanente
<b>3</b>	Resolver
<b>4</b>	Bobina del Estator
<b>5</b>	Rotor

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 3.2.1 Estator

En las máquinas eléctricas el estator es la parte fija de las mismas, por lo que en este caso no será distinto.

El campo magnético rotatorio es generado en el estator, el mismo que mayormente se introduce en el entrehierro, lo que se convierte en la necesidad de que existan varios devanados para que por ellos fluya corriente de la misma manera en las chapas del estator. (Toyota Motor Corporation, 2010)

En el estator de nuestro moto generador podemos encontrar 24 zapatas polares y ranuras formadas por un conjunto de chapas perforadas y soldadas en un paquete. En las que se aloja un bobinado de alambres de cobre. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Dicho bobinado se trata de los tres devanados necesarios para la conexión del sistema de corriente trifásica. Didácticamente los devanados se diferencian por el

color verde y rojo y el tercero (véase figura 3.4) Debemos mencionar que el inicio del devanado como el final son accesibles desde el exterior del motor a través de casquillos de 2mm. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.4 Imagen didáctica del bobinado del moto generador



Fuente: Universidad Politécnica Salesiana, 2013

Podemos observar que el devanado “verde”, se desplaza hacia abajo a través de 4 ranuras y que emerge exactamente por el lado opuesto.

Existe aletas de enfriamiento las que colaboran con una correcta disipación de calor las mismas que están montadas en una caja donde también se aloja los devanados y las láminas, no debemos olvidar que el estator posee en el centro de un rodamiento de bolas sobre el cual gira el motor. (Universidad Politecnica Salesiana, 2013)

### **3.2.2 Bobina del Estator**

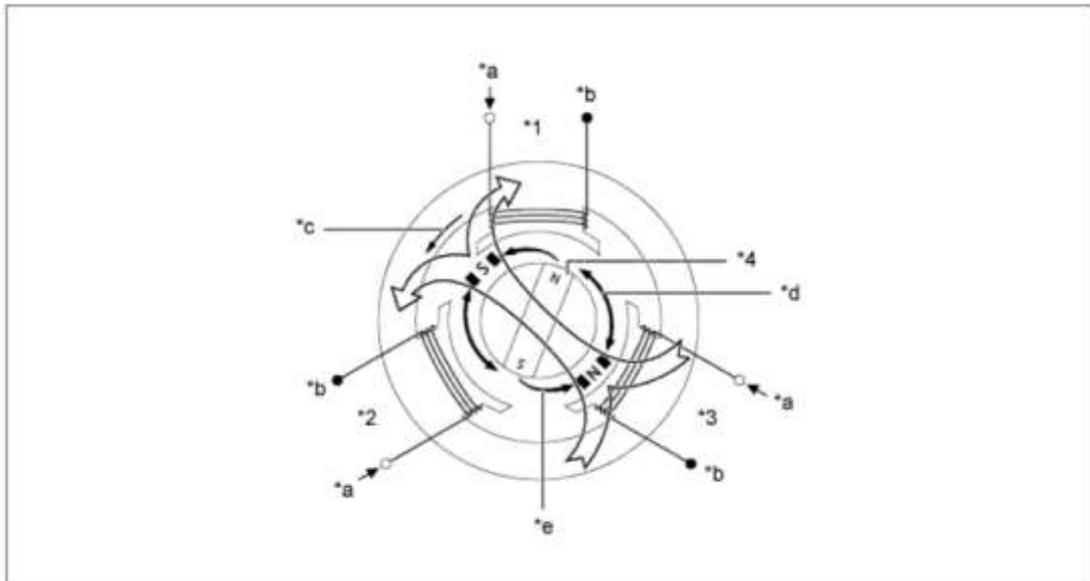
Cuando una corriente alterna de tres fases, pasa por el bobinado de la bobina del estator, un campo magnético rotatorio es creado en el motor eléctrico, mediante el control de dicho campo magnético en concordancia con la posición y velocidad del rotor, los magnetos permanentes permiten que el rotor sea atraído por el campo magnético mencionado, lo que desencadena en la generación de torque.

El torque generado para todos los propósitos prácticos es proporcional a la cantidad de corriente, y la velocidad rotacional es controlada por la frecuencia de la corriente alterna.

Además, debemos mencionar que un alto nivel de torque, y todo el rango de altas velocidades, pueden ser generadas eficientemente por un correcto control de la relación del campo magnético con el ángulo de los magnetos del rotor. (Universidad Politecnica Salesiana, 2013)

Cuando el motor es usado para generar electricidad, la rotación del rotor crea un campo magnético rotatorio, el mismo que crea corriente en las fases de la bobina del estator.

Figura 3.5 Imagen del motor eléctrico



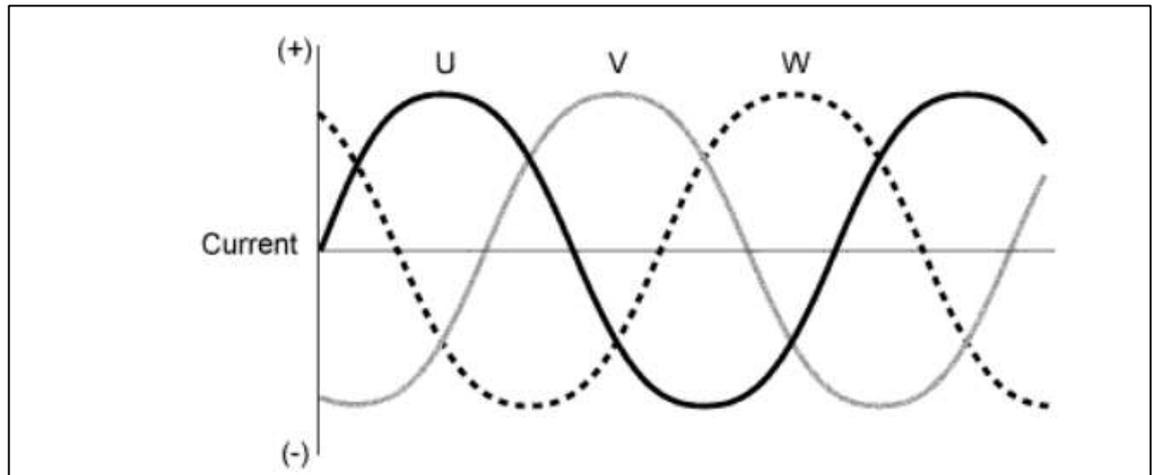
Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 3.2 Partes del motor eléctrico del MGR

<b>1</b>	Bobina del estator (fase U)
<b>2</b>	Bobina del estator (fase V)
<b>3</b>	Bobina del estator (fase W)
<b>4</b>	Rotor (magneto permanente)
<b>a</b>	Desde el ensamble del Inversor al convertidor
<b>b</b>	Conectado internamente en el motor
<b>c</b>	Campo magnético rotatorio
<b>d</b>	Repulsión
<b>e</b>	Atracción

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Figura 3.6 Diagrama de fases U, V, W



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

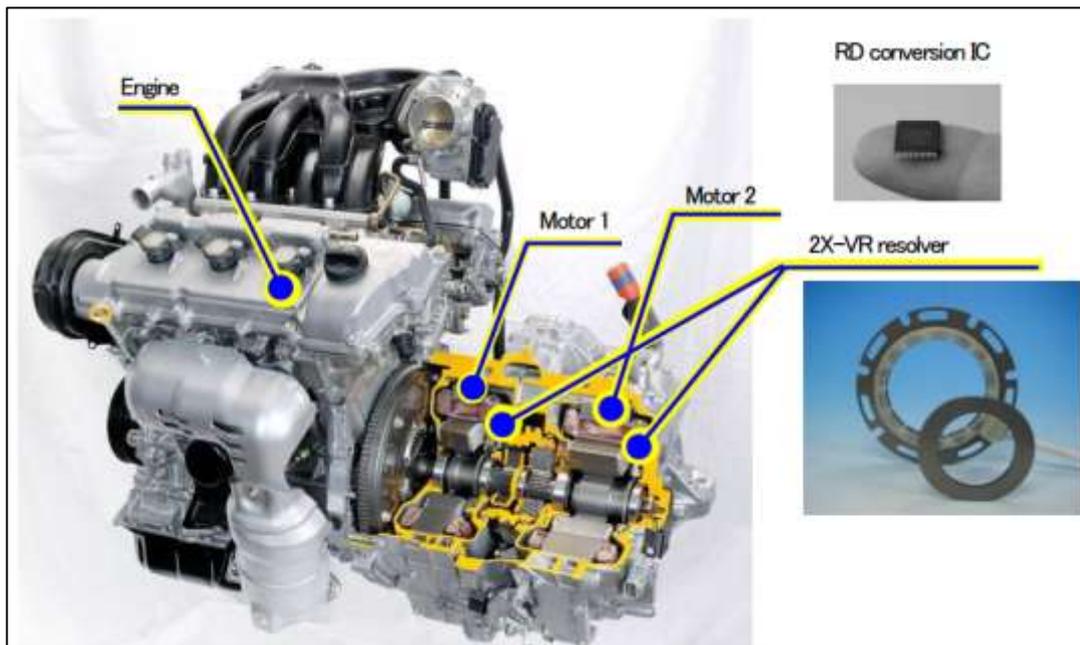
### 3.2.3 Resolver

El resolver es un sensor angular de inducción electromagnética. El rotor se compone de acero al silicio laminado, y no tiene bobina. La característica es la forma del rotor. La distancia de permeabilidad entre el rotor y el estator cambia sinusoidalmente de acuerdo con el ángulo. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Cuando se aplica una corriente de alterna este genera un campo magnético. Cada bobina de salida genera la tensión inducida con la amplitud proporcional a  $\sin \theta$  y  $\cos \theta$  respectivamente.

La señal de salida no tiene efecto a partir de la variación de temperatura y las compensaciones, lo que hace que la resolución de un sensor estable. Las salidas de los sensores de velocidad o resolver de VR son digitalizadas por el convertidor de RD en un tablero de ecus mediante el seguimiento de la tecnología de bucle los sensores VR sobrellevan perfectamente en el duro ambiente del motor donde hace calor y circula aceite de la transmisión para refrigeración. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.7 Sistema del Resolver en un vehículo híbrido



Fuente: Makiuchi, 2012

Es un sensor extremadamente confiable, compacto y preciso, que detecta la posición magnética polar, El saber la posición precisa de los polos magnéticos del rotor es indispensable para asegurar un control eficiente del moto generador.

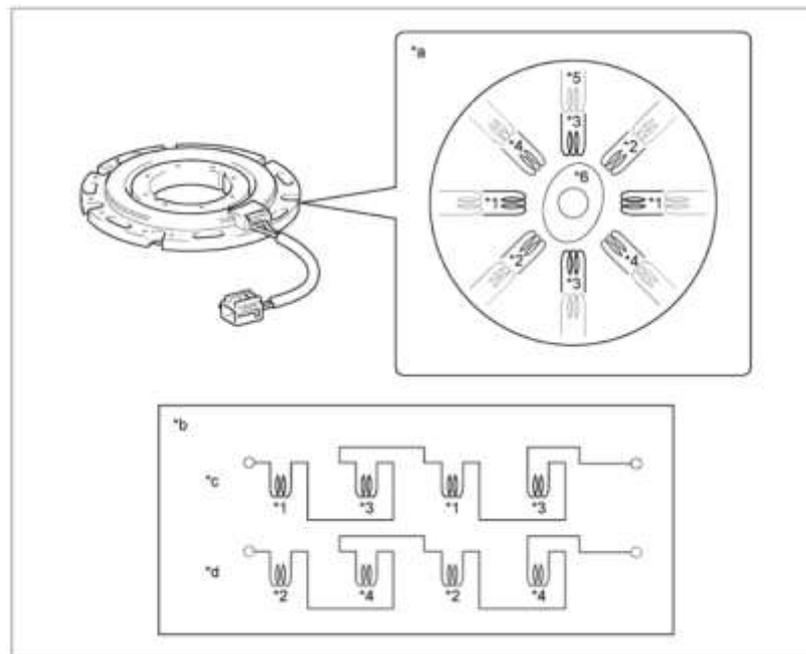
El estator del resolver, contiene 3 tipos de bobinas, una bobina de excitación (A), una bobina de detección (S), una bobina de detección (C). El rotor del resolver es oval, la distancia de separación entre el estator y el rotor varía con el giro del rotor.

El flujo de la corriente alterna en la bobina de excitación crea como resultado un campo magnético con una frecuencia constante. Usando este campo magnético de frecuencia constante, los valores de salida de la bobina (S) y la bobina (C) dependerán de la posición del rotor, sin embargo el moto generador detecta la posición absoluta, basándose en la diferencia de valores de salida entre la bobina (S) y la bobina (C). (Toyota Motor Corporation, 2010)

Donde el moto generador calcula la velocidad rotacional basado en la cantidad de cambio en la posición en un período de tiempo dado.

Los pares de la bobina (S) tanto el positivo como el negativo están escalonados a “noventa” grados, de la misma manera que los pares de la bobina (C), sin embargo entre los pares de la bobina (C) y la bobina (S) existe una separación de “Cuarenta y cinco” grados. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.8 Sistema Resolver



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Tabla 3.3 Partes del Resolver

<b>1</b>	Bobina de Detección (S+)
<b>2</b>	Bobina de Detección (C+)
<b>3</b>	Bobina de Detección (S-)
<b>4</b>	Bobina de Detección (C-)
<b>5</b>	Bobina de Excitación (S+)
<b>6</b>	Rotor

<b>A</b>	Imagen de la construcción interna de un Resolver
<b>B</b>	Orientación Eléctrica de las bobinas de un Resolver
<b>C</b>	Circuito de detección de la bobina (S)
<b>D</b>	Circuito de detección de la bobina (C)

Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

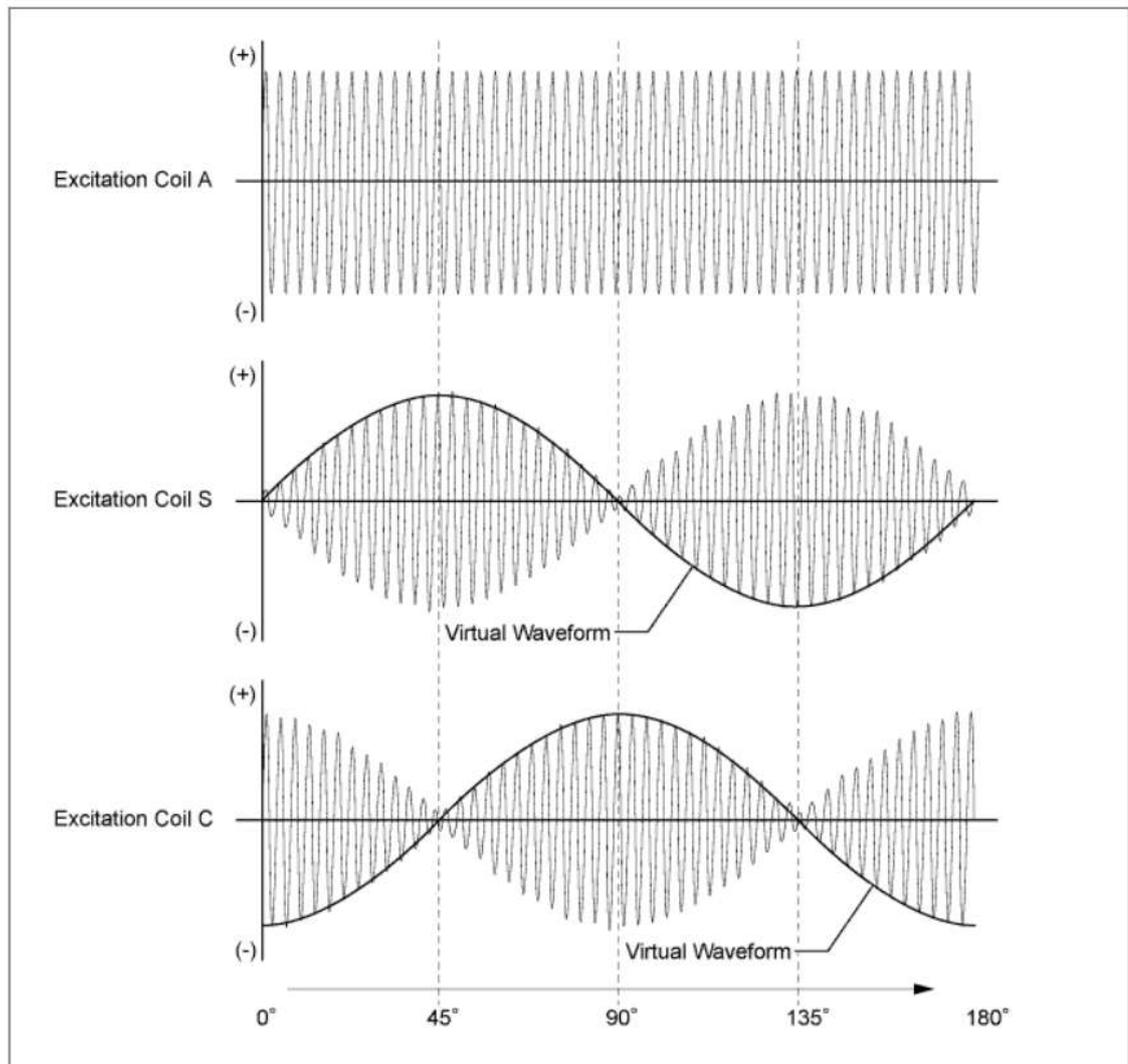
Debido a la bobina de excitación el resolver es alimentado por una corriente alterna a una frecuencia constante, un campo magnético con una frecuencia constante sale de las bobinas (S) y (C), independientemente de la velocidad de giro del rotor. El campo magnético producido por la bobina de excitación es llevado a las bobinas (S) y (C) por el rotor. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Debemos notar que el rotor es Ovalado, por lo que cuando este gira la distancia que existe entre el estator del resolver y el rotor del mismo varía, lo que ocasiona que, los valores de pico de la salida de formas de onda por las bobinas (S) y (C) varíen de acuerdo con la posición del rotor. (Toyota Motor Corporation, 2010)

El ECU del moto generador monitorea esos valores pico constantemente, y los conecta hacia una forma de onda virtual, calcula la posición absoluta del rotor mediante el uso de la diferencias entre los valores entregados por las bobina (S) y (C) de su diferencia entre fases, donde el ECU del moto generador calcula la velocidad rotacional basado en la cantidad de cambio en la posición del rotor en un lapso de tiempo determinado. (Toyota Motor Corporation, 2010)

A continuación observaremos un diagrama que ilustra las formas de onda de las salidas de las bobinas, cuando el rotor realiza un giro de “ciento ochenta grados”

Figura 3.9 Diagrama de formas de onda a la salida de las bobinas



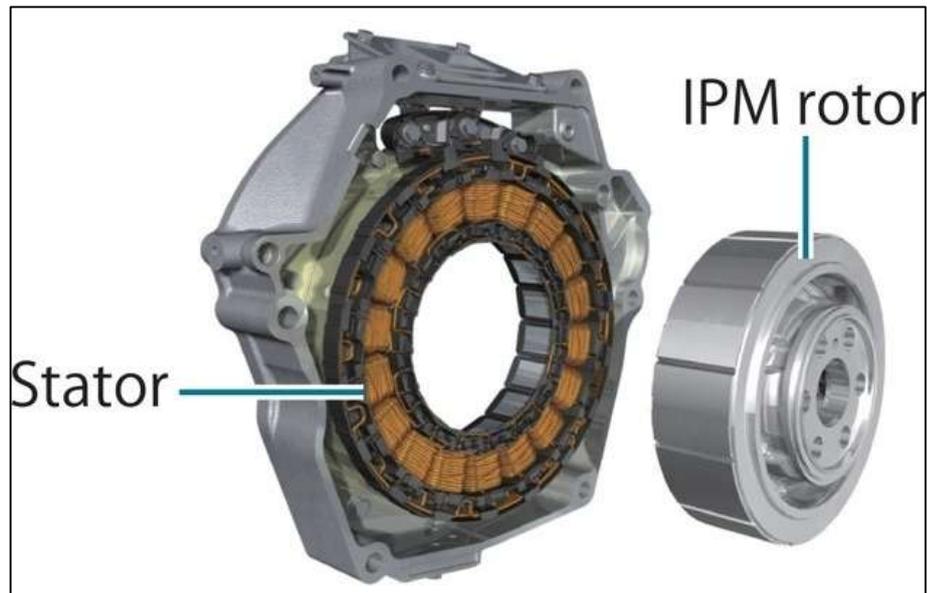
Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 3.2.4 Rotor

Es la parte giratoria del moto generador, la misma está localizada dentro del estator. El estator, está construido a base de placas apiladas y está montado sobre el eje principal del motor, posee ranuras donde van insertados los conductores, que forman la bobina de inducido, los mismos que constituyen un circuito cerrado, ya que se encuentran cerrados sobre sí mismos. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Al ser sometidos a un campo magnético provoca que en ellos se genere corrientes eléctricas, dando paso a que se generen fuerzas que obligan al rotor a moverse siguiendo al campo magnético. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.10 Rotor del Moto Generador



Fuente: <http://www.autoblog.com/2010/06/18/deep-dive-getting-intimate-with-the-2010-honda-cr-zs-powertrai/>

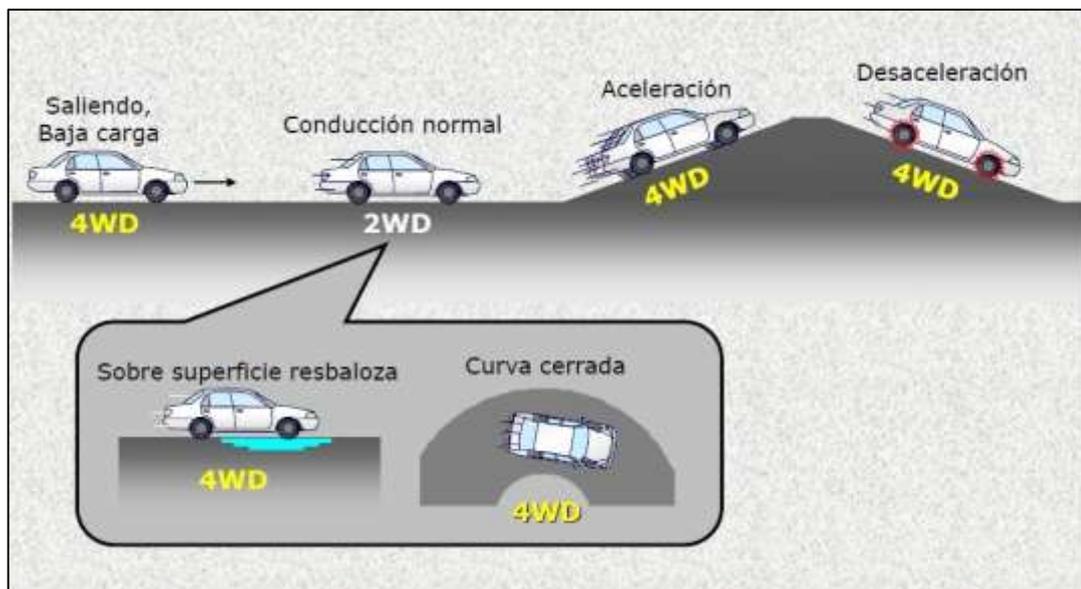
El rotor del moto generador está constituido por tres devanados los cuales son construidos a base de alambre de cobre, se encuentran conectados en un punto en común, los extremos se encuentran conectados a anillos de cobre denominados anillos rozantes, ya que giran al igual que el eje del motor.

Para regular la velocidad de giro del moto generador, existen unas escobillas que están conectadas a unas resistencias las cuales están conectadas a los devanados, y así estas resistencias regulan el campo magnético, según las necesidades de generación entregadas por la ECU del vehículo híbrido. (Toyota Motor Corporation, 2010)

### 3.3 Sistema de propulsión 4WD

El sistema de propulsión 4WD en el Highlander, permite que el vehículo seleccione el modo de tracción en el vehículo es decir si el vehículo anda en 2WD o en 4WD, dependiendo de en qué situación de manejo se encuentre el vehículo, permitiendo que tanto el eje delantero como el trasero obtengan el torque necesario para poder sobrellevar el rumbo requerido por el conductor de la mejor manera posible, otorgando estabilidad y confiabilidad al circular por todo tipo de caminos. (Toyota del Ecuador, 2012)

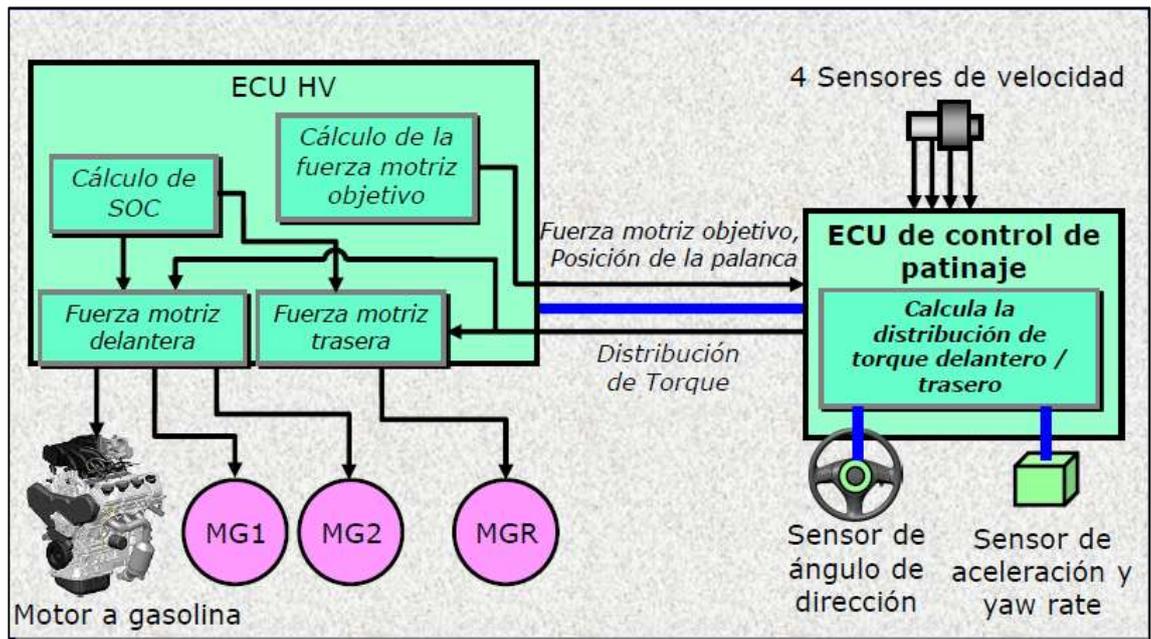
Figura 3.11 Condiciones de tracción



Fuente: Toyota del Ecuador, 2012

En el sistema de 4WD-i que posee el Highlander, el componente principal es el control de tracción del vehículo, el mismo que se encarga de censar, y distribuir fuerza motriz tanto trasera como delantera a cada moto generador, según se presente los requerimientos.

Figura 3.12 Esquema del 4WD-i del Highlander



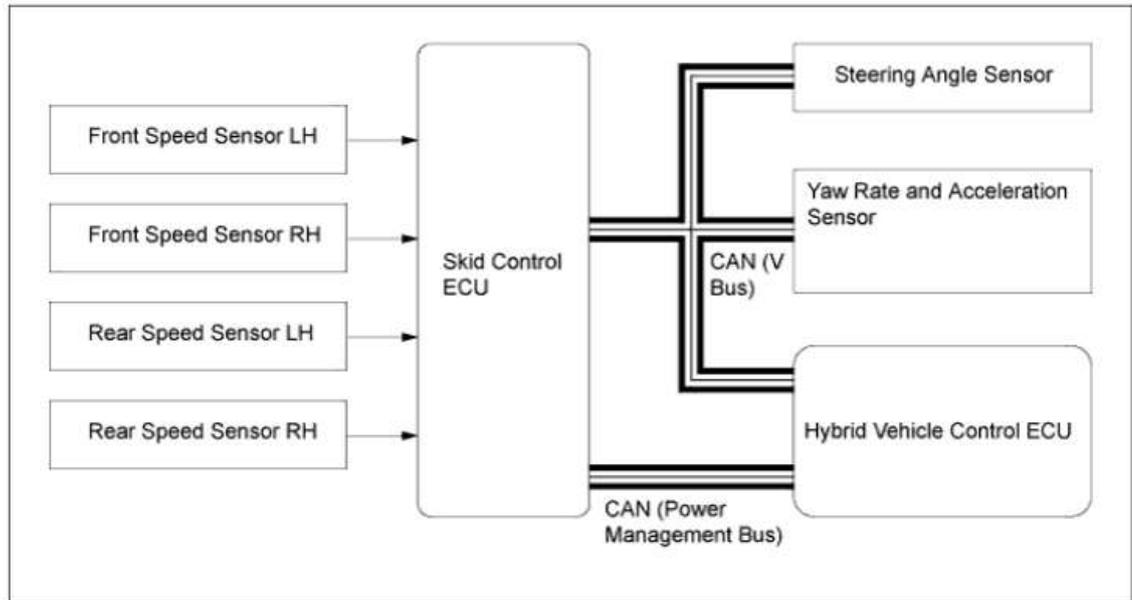
Fuente: Toyota del Ecuador, 2012

Este sistema consta de varios sensores los cuales hacen la recopilación de datos para que sea la ECU del vehículo híbrido, la que decida sobre los parámetros anteriormente estipulados. No debemos olvidar que el sistema de frenado regenerativo actúa sobre las 4 ruedas. (Toyota del Ecuador, 2012)

### 3.4 Control de Tracción.

El sistema de control de tracción del Toyota Highlander 4WD-i calcula una óptima relación de distribución de par de torsión trasera basándose en las señales de varios sensores que ECU otorga.

Figura 3.13 Ilustración del funcionamiento del 4WD-i



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

Control del sistema 4WD-i funciona en concordancia con lo que el conductor necesite en cada tramo de la carretera, otorgando un comportamiento óptimo tanto en la puesta en marcha como cuando el vehículo se encuentra apagado, brindando estabilidad y un correcto uso de la energía. (Toyota Motor Corporation, 2010)

En el arranque del vehículo la ECU de control de patinazo calcula el par total de torsión que se distribuye a las ruedas delanteras y traseras en base a señales como el par motor requerido, petición de aceleración o desplazamiento de la señal enviada desde la posición híbrida ECU de control del vehículo. Está basado en el par total calculado, el equilibrio de peso de las ruedas delanteras y traseras y la mejor distribución de par de acuerdo con las condiciones del camino, las señales son enviadas a la ECU del vehículo híbrido. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Cuando el vehículo se encuentra en marcha basado en las señales que son enviadas por el control ECU, tales como necesidad de aceleración, torque, cambio de marcha, sensores de velocidad o sensor de ángulo de dirección, el control de tracción ECU,

envía una señal indicando la óptima distribución de torque para las ruedas traseras como para las delanteras. (Toyota Motor Corporation, 2010)

En el frenado el control de tracción ECU evalúa las señales de entrada tales como el par motor de aceleración o señal de posición del cambio, y luego determina la cantidad de desaceleración del vehículo basado en lecturas de los sensores de velocidad se envían desde el ECU del vehículo. Consecuentemente con esta evaluación, la ECU de control de tracción envía una señal de petición de frenado regenerativo a la ECU del vehículo híbrido. (Toyota Motor Corporation, 2010)

### **3.5 Control de Deslizamiento**

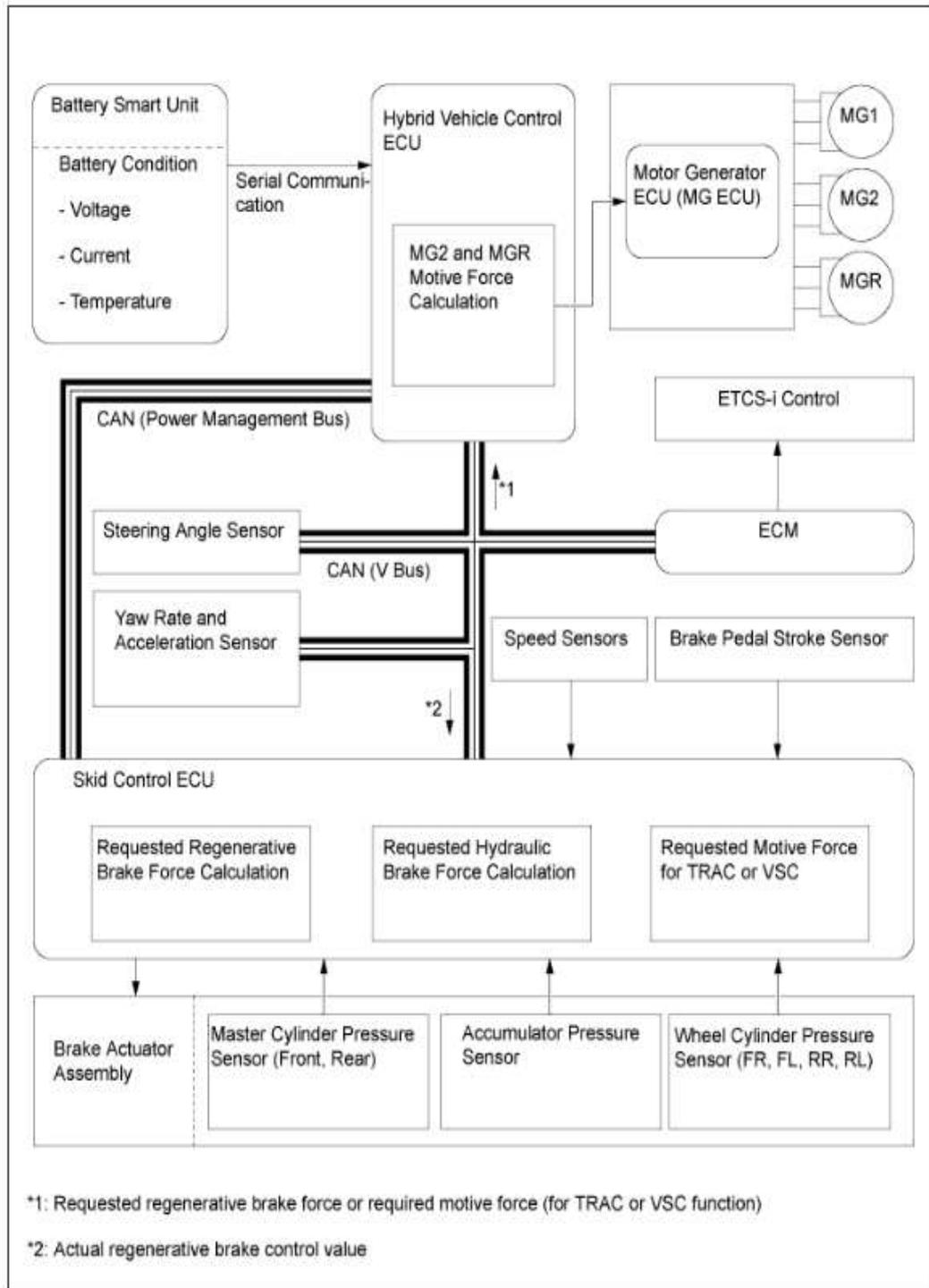
La ECU de control de deslizamiento calcula la fuerza de frenado total necesario basado en la presión del cilindro maestro del actuador del freno y en el pedal de freno la señal del sensor de carrera generada cuando el conductor pisa el pedal de freno. Después de calcular la fuerza total de frenado necesaria, la ECU de control de deslizamiento envía una petición a la ECU de control del vehículo híbrido. La que responde con la cantidad de fuerza de frenado regenerativo que es posible. (Toyota del Ecuador, 2012)

La ECU de control de deslizamiento controla las válvulas solenoides, el actuador de freno y genera presión en el cilindro de la rueda. La presión que se genera es la resultante del valor real de control de freno regenerativo cuando se ha restado de la fuerza de frenado total requerida.

La ECU de control de deslizamiento envía una solicitud a la ECU de control de vehículo híbrido para limitar la fuerza motriz, mientras que el VSC está funcionando para controlar que las ruedas no patinen. La ECU de control de vehículo híbrido

controla el motor, MG1, MG2 y MGR de acuerdo con las presentes condiciones de conducción con el fin de suprimir la fuerza motriz. (Toyota del Ecuador, 2012)

Figura 3.14 Diagrama del control de deslizamiento



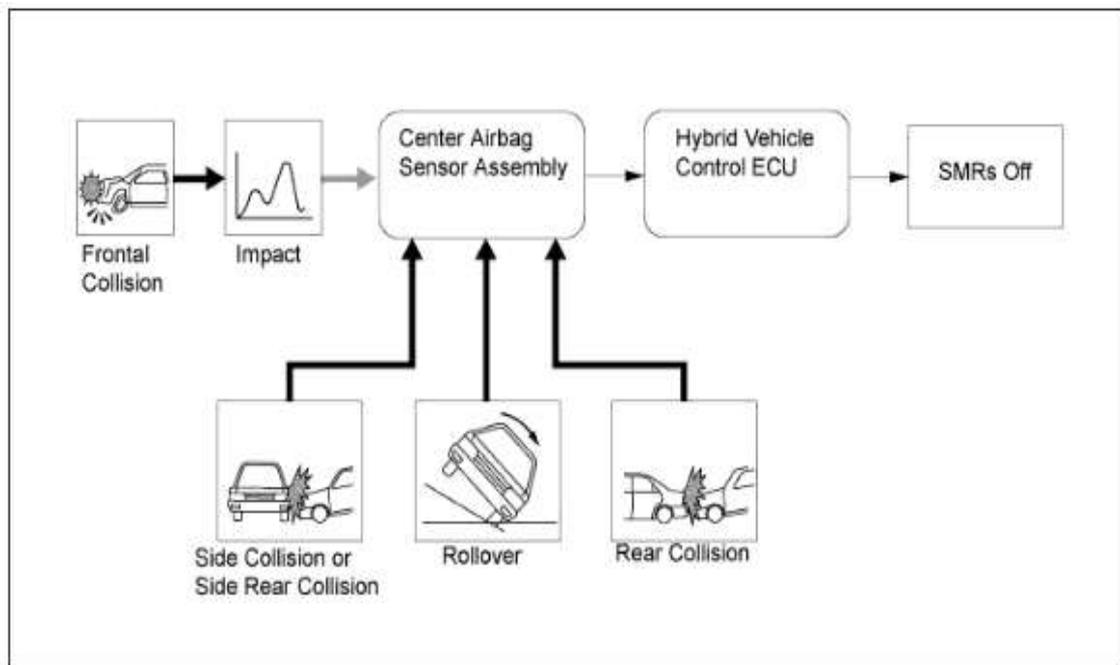
Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### 3.6 Control durante Colisión

Si el vehículo se encuentra con una de las situaciones que se describen a continuación, el híbrido ECU de control del vehículo se apaga la fuente de alimentación girando los relés principales del sistema (SMRs, System Main Relays), por seguridad.

El ECU de control del vehículo recibe una señal de activación del airbag, del conjunto del sensor central del airbag en caso de colisión, colisión lateral, colisión trasera del lado frontal o vuelco. En el caso de una colisión trasera, el conjunto del sensor centro de la bolsa de aire también envía una señal. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.15 Diagrama del funcionamiento del control en Colisión



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

### **3.6 Modo de Control EV**

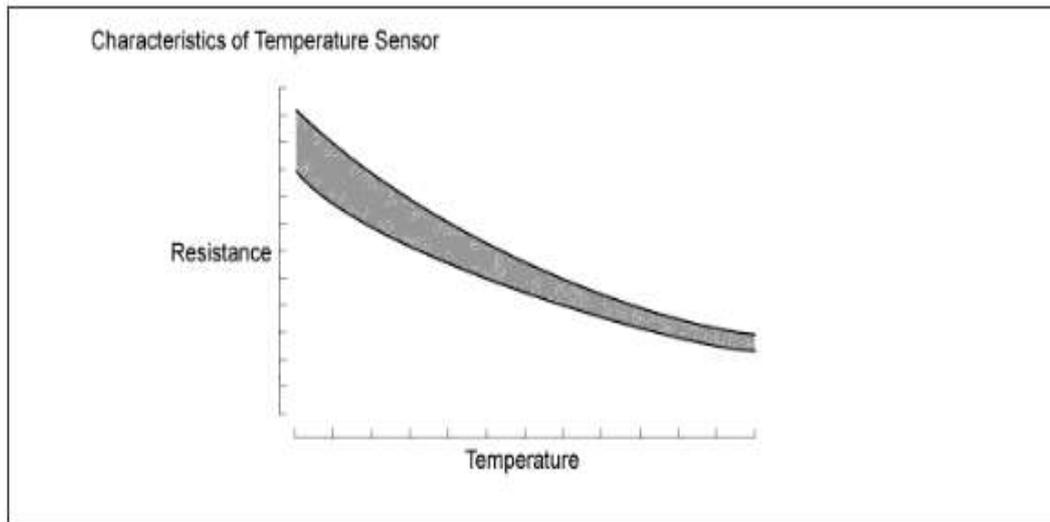
Control de modo EV (Electric Vehicle) permite que el vehículo sea conducido sólo usando MG2 y MGR para reducir el ruido del vehículo, como por ejemplo al entrar o salir de un garaje después de la medianoche, así como la reducción de la producción de gases de escape en un garaje. (Toyota Motor Corporation, 2010)

El campo de prácticas disponibles durante el modo EV varía de acuerdo con las condiciones de conducción y el nivel de carga de la batería HV. Sin embargo, es por lo general entre varios cientos de metros, cerca de 1 km. (Toyota Motor Corporation, 2010)

### **3.7 Sensor de temperatura del MGR**

Los sensores de temperatura se utilizan para detectar la temperatura del estator del moto generador. La resistencia del termistor sensor de temperatura cambia de acuerdo con el cambio de temperatura del moto generador. La resistencia del termistor es alta cuando la temperatura del motor es baja. A la inversa, cuando la temperatura del motor es alta, la resistencia del termistor será baja. (Toyota Motor Corporation, 2010)

Figura 3.16 Diagrama resistencia temperatura



Fuente: Toyota Motor Corporation, 2010

## **CAPITULO 4: MODELO DIDACTICO DESCRIPTIVO**

### **4.1 Seccionamiento del Inversor**

- Para el seccionamiento del Inversor se realizó una limpieza profunda del elemento, el mismo que se encontraba todavía con líquido refrigerante del vehículo del cual fue reemplazado.
- Luego de la limpieza se utilizaron herramientas manuales convencionales para retirar la tapa superior, inferior y mangueras adjuntas al elemento.
- Una vez sacadas las tapas, se encontró que el Inversor podía ser dividido en dos piezas, separando el cuerpo de refrigeración del mismo.
- No fue necesario la realización de cortes en la carcasa para el seccionamiento del Inversor, debido a que éste viene armado en dos partes principales con pernos y empaquetaduras que dividen el cuerpo de refrigeración.
- Separado el sistema de refrigeración, nuevamente se limpiaron los elementos para proceder a construir las bases para los soportes en la estructura.

Figura 4.1 Sección inferior del Inversor



Fuente: Autores

Figura 4.2 Sección superior del Inversor



Fuente: Autores

Figura 4.3 Cuerpo de refrigeración del Inversor

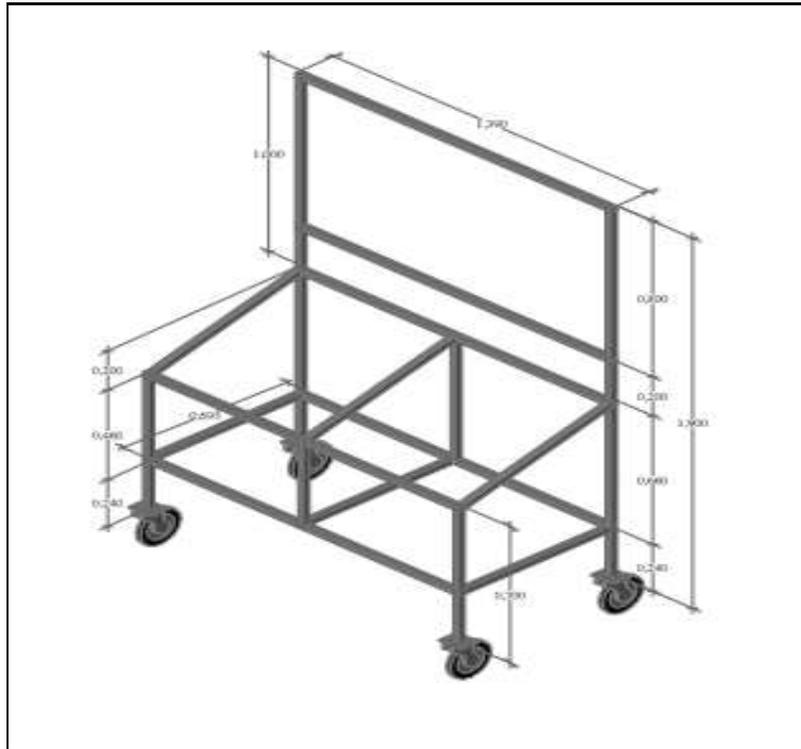


Fuente: Autores

#### 4.2 Construcción de la Estructura Metálica con Soportes del Inversor

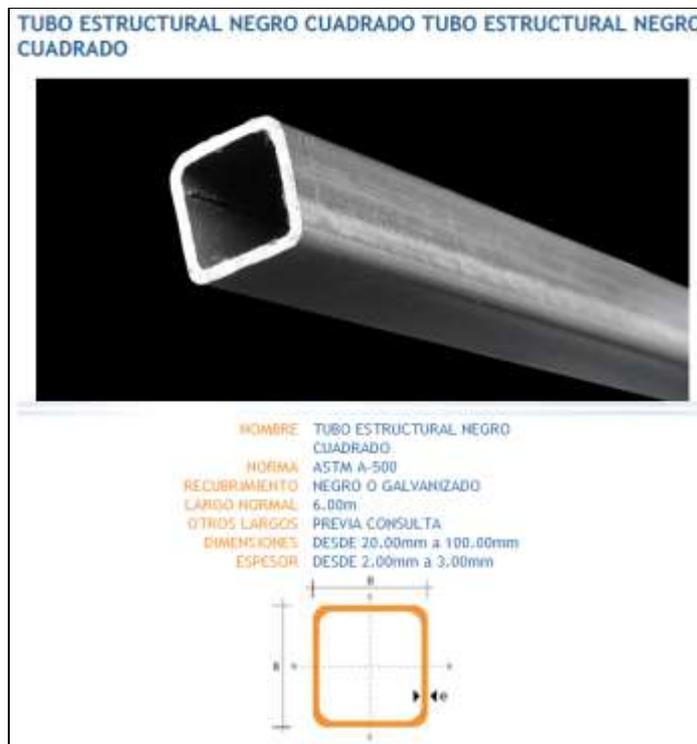
- Se construyó una estructura con perfil cuadrado de hierro con Norma ASTM A-500 de forma rectangular para que pueda ser visualizado el Inversor en sus dos caras, donde se realizó la división, esta tiene 139cm de ancho, 190cm de alto total incluido el tablero y 69.5cm de profundidad, además se consideró una inclinación en la cara superior de 16.05 grados para que se mire el Inversor de mejor manera, también se colocó una estructura vertical de 100cm de alto y 139cm de ancho para poder colocar toda la información del componente y sea fácilmente apreciado. Esta estructura también considera puntos móviles para que el inversor pueda girar y tenga una mejor exposición.

Figura 4.4 Esquema Estructura Inversor



Fuente: Autores

Figura 4.5 Características Tubo estructural Negro Cuadrado de Hierro.



Fuente: Dipac, 2006

- Las bases que fijan al Inversor con la estructura fueron realizadas con platinas de acero con denominación ASTM A 36 SAE 1008, con dimensiones de 25mm de ancho por 3mm de espesor, se escogió este tipo de acero debido a que es de fácil obtención y cumple las características requeridas.

Figura 4.6 Perfiles Laminados Platinas

**PERFILES LAMINADOS PLATINAS**

**Especificaciones Generales**

**Calidad:** ASTM A 36 SAE 1008  
**Otros colados:** Previa Consulta  
**Longitud:** 6,00 m  
**Otros largos:** Previa Consulta  
**Acabado:** Natural  
**Otro acabado:** Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	g	e	kg/m	kg/m	cm <sup>2</sup>
PLT 12x3	12	3	0,28	1,70	0,36
PLT 12x4	12	4	0,38	2,45	0,48
PLT 12x6	12	6	0,57	3,40	0,72
PLT 18x3	18	3	0,45	2,68	0,57
PLT 18x4	18	4	0,60	3,58	0,76
PLT 18x6	18	6	0,89	5,37	1,15
PLT 25x3	25	3	0,59	3,53	0,75
PLT 25x4	25	4	0,79	4,71	1,00
PLT 25x6	25	6	1,18	7,07	1,50
PLT 25x12	30	3	0,71	4,24	0,90
PLT 30x4	30	4	0,94	5,65	1,20
PLT 30x6	30	6	1,41	8,47	1,80
PLT 30x9	30	9	2,12	12,71	2,70
PLT 30x12	30	12	2,83	16,95	3,60
PLT 38x3	38	3	0,88	5,37	1,15
PLT 38x4	38	4	1,19	7,16	1,50
PLT 38x6	38	6	1,79	11,40	2,28
PLT 38x9	38	9	2,69	16,11	3,42
PLT 38x12	38	12	3,58	21,48	4,56
PLT 50x3	50	3	1,18	7,08	1,50
PLT 50x4	50	4	1,58	9,42	2,00
PLT 50x6	50	6	2,29	14,16	3,00
PLT 50x9	50	9	3,53	21,20	4,50



Fuente: Dipac, 2006

- Los ejes que soportan al Inversor fueron construidos con tubo de acero inoxidable de ½ pulgada, el mismo que sirve para realizar el movimiento circular en 360 grados para su apreciación.
- Para el realiza la fijación y montaje del Inversor sobre la estructura metálica, se utilizaron siete pernos de Acero inoxidable de 8mm, grado 5.
- La soldadura que se utilizó para la construcción de la estructura es de tipo eléctrica con especificación del electrodo AGA 6011.

- Las ruedas que soportan la estructura y permiten el desplazamiento de la misma, son de 10cm diámetro y van fijadas con 4 pernos en cada pata de apoyo.
- La estructura y los soportes fueron pintados mediante un proceso electrostático de pintura en polvo, permitiendo mayor durabilidad y ofreciendo un mejor acabado.

Figura 4.7 Modelo Didáctico del Inversor



Fuente: Autores

### **4.3 Seccionamiento del Motor Generador Posterior (MGR)**

- En este proceso de seccionamiento del Motor Generador Posterior (MGR) se procedió con la limpieza del elemento a través de vapor de agua, ya que como se encontraba montado en el vehículo era necesaria una limpieza externa.
  
- Para el desarmado del MGR se utilizaron herramientas convencionales, a éste se lo despiezo completamente para analizar cuál era el método más factible para la realización del seccionamiento. Se desmontaron los pernos que fijan al motor eléctrico, para posteriormente desarmar las tapas de la carcasa, quedando al descubierto el rotor, estator, sistema diferencial y los sensores de velocidad.
  
- Se procedió a realizar el trazado en “V” para el seccionamiento del MGR, considerando que este trazo era el más adecuado para la visualización y estudio de los elementos internos. Este proceso se realiza mediante una banda circular de corte.
  
- Después de realizado el seccionamiento se procedió al montaje de los componentes internos sobre la carcasa base seccionada.

Figura 4.8 Seccionamiento lateral del MGR



Fuente: Autores

Figura 4.9 Seccionamiento frontal del MGR



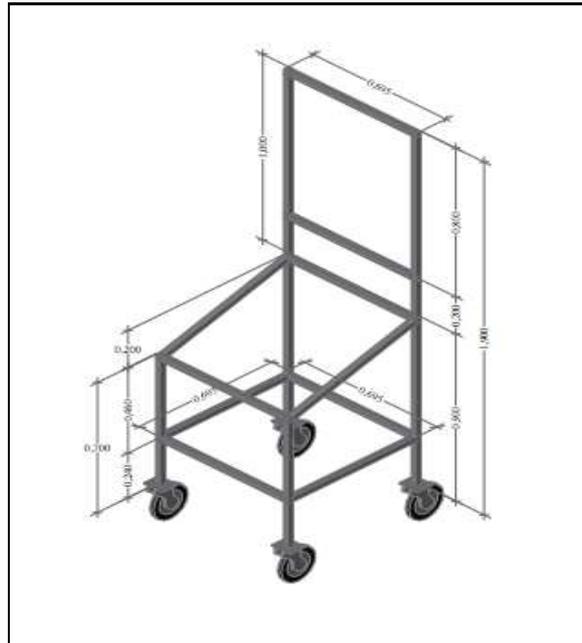
Fuente: Autores

#### 4.4 Construcción de la Estructura Metálica con Soportes del MGR

- Se construyó una estructura con perfil cuadrado de hierro con Norma ASTM A-500 de forma cuadrada para que pueda ser apreciado el MGR. Esta tiene 69.5cm de ancho, 190cm de alto total y 69.5cm de profundidad, se consideró una inclinación en la cara superior de 16.05 grados para que pueda ser visualizado con facilidad, también se colocó una estructura vertical de 69.5cm de ancho y 100cm de alto para poder mostrar la información del componente.

- Las bases que fijan al MGR con la estructura fueron realizadas con platinas de acero inoxidable en forma rectangular para soportar el peso.
- Para el ajuste y montaje del MGR sobre la estructura metálica se utilizaron siete pernos de Acero inoxidable de 8mm grado 5.
- La soldadura que se utilizó para la construcción de la estructura del MGR es la misma con la que se construyó el Inversor.
- Las ruedas que soportan la estructura tienen las mismas características que las colocadas en el modelo descriptivo del Inversor.
- La estructura y los soportes fueron pintados mediante un proceso electrostático de pintura en polvo, al igual que el Inversor.

Figura 4.10 Esquema Estructura MGR



Fuente: Autores

Figura 4.11 Modelo Didáctico del MGR



Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

- Después de llegar a profundizar en la historia de los vehículos, nos hemos dado cuenta que existe un gran avance en la tecnología a lo largo de los años hasta llegar a la presente tecnología híbrida.
- Varios fabricantes automotrices realizaron varios estudios sobre los tipos de sistemas híbridos y en nuestro criterio el que mejor resultado proporciona y resulta más eficiente y amigable es el Serie-Paralelo o HSD de Toyota.
- Ya son varios los años conviviendo con la tecnología híbrida en el Ecuador y nos hemos dado cuenta que todos estos autos han respondido eficientemente a las condiciones geográficas de nuestro país, generando los mejores resultados a nivel del mar.
- Después de realizar el estudio de estos componentes tan importantes en el sistema híbrido hemos logrado entender de una mejor manera el funcionamiento y la combinación existente entre varias tecnologías como la eléctrica, electrónica y mecánica, que se fusionan para dar resultado a estos elementos de última generación llevándonos a experimentar vehículos mucho más amigables, eficientes, útiles y económicos.
- Existen algunos contras en cuanto a la tecnología híbrida, ya que al ser una tecnología relativamente nueva no existe un gran número de especialistas en nuestra ciudad para resolver problemas que se originen en vehículos de este tipo y el costo de las reparaciones.

- Hemos llegado a comprender los principales componentes de un sistema híbrido, siendo el Inversor el más importante de ellos, debido a que éste gestiona toda la información proporcionado por la ECU HV.
- Los resultados obtenidos a través del estudio de los elementos que conforman el Inversor y el Motor Generador Posterior son los esperados ya que se pudo entender la función que cumplen cada uno de los componentes que los conforman, tanto en la parte mecánica como electrónica.
- El estudio de los componentes electrónicos del Inversor, determinan que la tecnología utilizada en los sistemas híbridos producidos por Toyota, cumplen con los más altos estándares de calidad y que han venido siendo los pioneros en la producción de nuevas tecnologías y alternativas ecológicas.
- Mediante el estudio de los elementos que componen el Motor Generador Posterior, se pudo establecer que este componente cumple funciones muy importantes dentro de los sistemas híbridos como tracción a las cuatro ruedas, generando movimiento y almacenando energía a través de sus elementos.
- Hemos comprendido que el Motor Generador Posterior MGR es un elemento de características sencillas y pocos elementos que lo conforman, realizando una tarea específica dentro del sistema híbrido estando equipado únicamente en los vehículos con tracción integral.
- Se concluyó este trabajo como un proyecto innovador dentro de nuestro medio, ya que presenta un estudio completo y detallado, además de un modelo didáctico real, con los componentes que forman un sistema híbrido.

## RECOMENDACIONES

- Como principal recomendación que podemos realizar al lector del presente trabajo de investigación es mencionar que el uso de un vehículo con tecnología híbrida favorece en gran manera al ecosistema, si pensamos que en pocos años la contaminación ambiental y el ruido jugarán un factor preponderante en la vida de los habitantes, deberíamos considerar que la adquisición de estos automóviles ayudarían en una buena parte al cuidado del planeta y su gente.
- Antes de adquirir un vehículo de esta categoría, debemos estar seguros y conscientes de las prestaciones del mismo, ya que el desempeño de los vehículos híbridos no se encuentra por debajo de los vehículos normales, sin embargo el mantenimiento correctivo de los mismos pueden resultar de un costo elevado, si no se sabe realizar un correcto manejo de esta tecnología.
- Como una recomendación muy explícita, queremos dejar por sentado el gran auge de esta clase de vehículos, los mismos que en un futuro serán los que dominen el mercado automovilístico, por lo que animamos a que más personas se especialicen en este tipo de tecnología, así podrán mejorar las falencias actuales. Como toda nueva ciencia los vehículos híbridos tienen ciertas deficiencias, las mismas que con la investigación podrán dejarse en la historia.
- Es importante mencionar que se trata de tecnología de última generación, por lo que se recomienda que el manejo de sus componentes sea el adecuado, cumpliendo con los requerimientos del fabricante, ya que un mal manejo de los mismos pueden provocar daños que afecten a todo el sistema.

- Recomendamos adquirir sin temor alguno un vehículo híbrido ya que las prestaciones de estos vehículos son mejores que los autos convencionales, tanto en eficiencia como en confort.
- Podemos indicar que en el Ecuador estos vehículos híbridos han reaccionado de manera favorable para nuestras condiciones geográficas y climáticas por lo que recomendamos probar dicha tecnología.

## BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA Jimenez, J. E. (2013). *Estudio del sistema hibrido, diseño, construccion e implementacion de un modelo de conexion de fuerzas propulsoras de transmision por medio de engranajes planetarios*. Quito.
- AGUERO, I. H. (2011). *Historia del automóvil*.
- ANDERSON, C. (2012). Electric and hybrid cars: A history. *Electric Vehicles Initiative*.
- AUGERI, F. (2011). *Problema en Inversor de Toyota Highlander Hibrido*. Mexico: CISE.
- BRAHMACHARI, R. (2010). *Hybrid Cars*.
- CISE Electrónica. (2011). *Electrónica baterías autos Híbridos*. Buenos aires: CISE. Retrieved from CLSE.
- Equipo Automotriz Javaz. (2012). *Problema en Inversor de Toyota Highlander Hibrido*. México.
- FERNÁNDEZ, E. (2009). *Diseño e Implementación de un Controlador Para la Recarga de una Batería de un Vehículo Híbrido Aplicando Técnicas de Control Continuo*. Guayaquil.
- FRIEDMAN, D. (2003). *A New Road. The Technology and Potential of Hybrid Vehicles*. Rupreka: Concerned.
- GERMAN, J. M. (2011). *Hybrid Powered Vehicles*. Warrendale: SAE International.
- <http://evworld.com/news.cfm?rssid=30674>. (2009, Abril 18). *EVworld*. Retrieved Junio 20, 2014
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>. (2014, Julio 8). Retrieved Julio 21, 2014
- [http://www.audime.com/etc/medialib/ngw/brand/design\\_studies0/q7\\_hybrid\\_concept/content\\_images.Par.0048.Image.jpg/audi\\_duo\\_16\\_september.jpg](http://www.audime.com/etc/medialib/ngw/brand/design_studies0/q7_hybrid_concept/content_images.Par.0048.Image.jpg/audi_duo_16_september.jpg), Junio 2014. (2010, mayo 24). *Audime*. Retrieved Junio 14, 2014
- <http://www.autoblog.com/2010/06/18/deep-dive-getting-intimate-with-the-2010-honda-cr-zs-powertrai/>. (2004, Marzo 26). *Blogspot*. Retrieved Julio 3, 2014

- <http://www.detroitelectric.org/gallery.htm>. (2013, Agosto 14). *Detroitelectric*. Retrieved Junio 17, 2014
- <http://www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles/>. (2011, Junio 14). *HybridCars*.
- <http://www.justanswer.com/toyota/4tflt-code-poa93-inverter-colling-system-performance.html>. (2011, Julio 10). Retrieved Julio 4, 2014
- <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>. (2009, Agosto 19). *Motorpasion*. Retrieved Junio 19, 2014, from Motorpasion.
- <http://www.nbcnews.com/id/9686049/ns/business-autos/t/toyota-recalling-popular-prius-cars/#.U79ZVLFoipM>. (2013, Enero 14). *NBC News*. Retrieved Junio 20, 2014
- <http://www.wired.com/2008/09/priustoric----g/>. (2011, Julio 18). *Wired*. Retrieved Junio 17, 2014
- <http://www.yorokobu.es/wp-content/uploads/lohner-porsche-electromobile-2-1024x910.jpg>. (2012, Abril 10). *Yorokobu*. Retrieved Junio 14, 2014
- MAKIUCHI, K. (2012). *Development of VR Resolver system for hybrid electric vehicles*. Japón: 1020 Kega Iida.
- MARTÍNEZ, J. (2009). *Autos híbridos*.
- SILVA, S. (2010). *Autos híbridos en el Ecuador*.
- SUNTAXI, V. G. (2008). *Diseño y construcción de un prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido*.
- Toyota del Ecuador. (2011). *Sistema Híbrido Controles*.
- Toyota del Ecuador. (2012). *Presentación Highlander híbrido*.
- Toyota del Ecuador. (2014). Toyota News. *Enero-Marzo*.
- Toyota del Ecuador. (2014). Toyota, la marca mas valiosa. *TOYOTA News*, 17,18,19.
- Toyota Motor Corporation. (2010). *Highlander Hybrid Product Information Manual*. San Francisco-California: Toyota.
- Toyota Motor Corporation. (2010). *Hybrid Control System Details Manual*. Japón: Toyota.
- Toyota Motor Corporation. (2010). *Manual de reparación Highlander*. Japón: Toyota.
- Toyota Motor Corporation. (2014, Enero 14). *Technology File*. Japón: Toyota.
- Toyota Motor Sales. (2010). *Technical Data Lexus Rx450h*.

Universidad Politecnica Salesiana. (2013). *Manual de operaciones, Accionamiento híbrido en el automovil*. Cuenca: UPS.