



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO
DEL GRUPO MOTO-GENERADOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO AL
IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO CON CONTROL DE INVERSIÓN”**

**AUTORES: MORALES TOLEDO, JOHN STEVEN
PILATAXI CAUJA, OSCAR ABEL**

DIRECTOR: ING. WASHINGTON GERMÁN, ERAZO LAVERDE

LATACUNGA

2018



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y

MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo de titulación, ***“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL GRUPO MOTO-GENERADOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO AL IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO CON CONTROL DE INVERSIÓN”*** fue realizado por los señores ***Morales Toledo, John Steven y Pilataxi Cauja, Oscar Abel***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 3 de agosto de 2018



.....
Ing. Washington Germán Erazo Laverde
C.C.: 050143263-7



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**


CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Morales Toledo, John Steven y Pilataxi Cauja, Oscar Abel*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL GRUPO MOTO-GENERADOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO AL IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO CON CONTROL DE INVERSIÓN”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armada ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 9 de agosto de 2018


.....
Morales Toledo John Steven
C.C.: 172081483-7


.....
Pilataxi Cauja Oscar Abel
C.C.: 172435277-6



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y

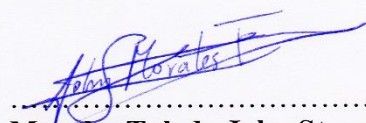
MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Morales Toledo, John Steven y Pilataxi Cauja, Oscar Abel, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL GRUPO MOTO-GENERADOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO AL IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO CON CONTROL DE INVERSIÓN” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 9 de agosto de 2018


.....
Morales Toledo John Steven
C.C.: 172081483-7


.....
Pilataxi Cauja Oscar Abel
C.C.: 172435277-6

DEDICATORIA

Como el primero de mis logros quiero dedicar este trabajo fruto de mi esfuerzo y dedicación durante mi tiempo como estudiante a mis amados padres Jaime Aníbal Pilataxi y Luz María Cauja; a ellos que son mi inspiración, mi motor y mi apoyo en la vida, por ayudarme a crecer día tras día como estudiante y hombre de bien, porque con sus consejos, valores y palabras de aliento pude salir adelante hasta llegar a mi meta.

OSCAR.

DEDICATORIA

*A mi madre, que sus consejos, su ayuda y su fuerza me ayudaron a no rendirme nunca en este
difícil camino que recién está empezando.*

*A L. M., aunque aún no estemos juntos y que el destino parece no querer cruzar nuestros
caminos, siempre serás mi motivación para seguirme esforzando y luchando por estar a tu lado.*

STEVEN

AGRADECIMIENTO

A mis padres por sus consejos, enseñanzas de valores, responsabilidad y su amor guiaron mi camino para ser una mejor persona y un profesional.

A mis hermanos que día a día con sus palabras de apoyo me ayudaron a seguir adelante en mi camino universitario.

A Alexandra S. que con sus locuras y amor logramos pasar buenos y malos momentos en nuestro camino como estudiantes.

OSCAR.

AGRADECIMIENTO

A mi mamá, cuya frase “Es tu vida”, me ayudó a entender que las decisiones que se toman, afectan exclusivamente a uno mismo. Y espero no haberte decepcionado mucho.

A mi hermano Kevin, espero haber sido un buen ejemplo para tu vida tanto personal, como profesional, pues tú has sido un ejemplo para la mía.

Al resto de mi familia, Miguel, Silvano, Pau Pau, que con su apoyo han ayudado a que pueda obtener este título.

*A mis amigos, Jimmy, Fercho y Pancho, que a lo largo de la carrera estuvieron en los buenos y **malos** momentos, mostrándome los diferentes matices de la vida.*

Al grupo de la muerte, Elvis y Daniel, que me cobijaron bajo sus alas para enseñarme que también los vagos podemos sorprender.

A mi compañero de tesis Oscar y a su novia, ellos hicieron más alegres los últimos semestres de la carrera.

Gracias a todos, ayudaron tenazmente que me pueda graduar.

STEVEN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Planteamiento del problema.	4
1.3. Descripción resumida del proyecto.	5
1.4. Árbol de problemas.	6
1.5. Justificación e importancia.	7
1.6. Objetivos.	7

1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos específicos.....	8
1.7. Metas.....	8
1.8. Hipótesis.....	9
1.9. Variables de la investigación.....	9
1.9.1. Variable dependiente:.....	9
1.9.2. Variable independiente:.....	9
1.10. Metodología de desarrollo del proyecto.....	10
1.10.1. Método inductivo	10
1.10.2. Método deductivo.....	11
1.10.3. Método experimental.....	11
1.10.4. Método de medición.....	11
1.10.5. Método analítico.....	12
1.10.6. Método de síntesis.....	12
1.10.7. Método de matematización	12

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Vehículos híbridos.....	17
2.2. Evolución de los vehículos híbridos.....	18
2.3. Tipos de vehículos híbridos.....	19
2.3.1. Vehículos híbridos en paralelo.....	20
2.3.2. Vehículos híbridos en serie.....	21

2.3.3. Vehículos híbridos serie-paralelo.....	22
2.4. Componentes del vehículo híbrido.....	23
2.4.1. Motor de combustión interna Toyota Highlander	23
2.4.2. Moto generador 1.	24
2.4.3. Moto generador 2.	24
2.4.4. Moto generador trasero.	24
2.4.5. Funcionamiento de los moto generadores de imanes permanentes.....	25
2.4.6. Inversor/Convertidor.....	33
2.4.7. Componentes del transeje 1.....	35
2.4.8. Componentes del transeje 2.....	36
2.5. Funcionamiento.....	37
2.6. Componentes principales del control de conversión.....	38
2.6.1. Variador de frecuencia	38
2.7. Controlador de variador de frecuencia	40
2.7.1. Condensadores del circuito inversor	40
2.7.2. Conjunto de resistencias.....	40
2.7.3. Elevador de tensión (booster).....	41
2.7.4. Módulo inversor	41
2.7.5. Módulo IPM.....	42
2.7.6. Transistores IGBT	42
2.7.7. Aplicaciones del inversor de corriente	43

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

3.1. Eléctrico	44
3.1.1. Selección de la fuente de alimentación del variador de frecuencia.....	44
3.1.2. Selección de la fuente de alimentación del motor generador.....	44
3.1.3. Variador de frecuencia	44
3.1.4. Cables de alimentación.....	46
3.2. Desarmado y armado del moto generador 1.....	47
3.2.1. Características Moto generador 1.....	47
3.2.2. Moto generador 2	51
3.2.3. Desarmado del moto generador 2.....	52
3.2.4. Armado del moto generador 2.....	54
3.3. Módulo de control	60

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Equipo de medición.....	64
4.1.1. Voltímetro Fluke 88V	64
4.1.2. Pinza amperimétrica.....	64
4.1.3. Osciloscopio.....	65
4.1.4. Curvas características de funcionamiento.....	67
4.2. Parámetros de programación del variador de frecuencia para funcionamiento de MG1, MG2 y motores generadores armados.....	86

CAPÍTULO V**MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1. Recursos	88
5.1.1. Recursos humanos.....	88
5.1.2. Recursos materiales.....	88
5.1.3. Recursos tecnológicos	89
5.2. Presupuesto.....	89
5.3. Cronograma	90
6.1. Conclusiones	91
6.2. Recomendaciones.....	93

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
---	-----------

ANEXOS	98
---------------------	-----------

ANEXO 1 PROTOCOLO DE PRUEBAS

ANEXO 2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE LOS TRENES

ANEXO 3 MANUAL DE USUARIO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa conceptual de las metodologías de desarrollo del proyecto	16
Figura 2. Arquitectura híbrida paralela.	21
Figura 3. Arquitectura híbrida en serie.	22
Figura 4. Arquitectura híbrida serie-paralelo.	23
Figura 5. Moto generador Toyota Highlander	25
Figura 6. Bobinado del moto generador.....	26
Figura 7. Partes de un moto generador.....	27
Figura 8. Diagrama de fases U, V, W.	28
Figura 9. Sistema resolver de un vehículo híbrido.....	29
Figura 10. Sistema resolver.	30
Figura 11. Diagrama de formas de onda a la salida de las bobinas.	31
Figura 12. Rotor del moto generador	32
Figura 13. Inversor de Toyota Highlander 2010.....	34
Figura 14. Vista en explosión de transeje 1 del moto- generador Toyota Highlander 2010.....	35
Figura 15. Vista en explosión de transeje 2 del moto- generador Toyota Highlander 2010.....	36
Figura 16. Esquema de funcionamiento del vehículo híbrido.....	37
Figura 17. Dispositivo variador de frecuencia.	39
Figura 18. Bloque electrónico de potencia.....	43
Figura 19. Enchufe tipo I	44
Figura 20. Diagrama de bloques del CFW300 para el tamaño B 220 V	45
Figura 21. Multímetro Automotriz Fluke.....	64

Figura 22. Pinza amperimétrica marca UYUS.....	65
Figura 23. Osciloscopio OTC 38040F	66
Figura 24. Tendencia de frecuencia vs RPM de MG2.....	68
Figura 25. Tendencia de frecuencia vs voltaje de MG2.....	69
Figura 26. Tendencia de frecuencia vs RPM de MG1.....	70
Figura 27. Tendencia de frecuencia vs corriente de MG2.....	71
Figura 28. Tendencia de frecuencia vs corriente de MG1.....	73
Figura 29. Tendencia de frecuencia vs RPM de funcionamiento.....	74
Figura 30. Tendencia de frecuencia vs voltaje de funcionamiento fase-fase.....	75
Figura 31. Tendencia de frecuencia vs RPM de regeneración.....	77
Figura 32. Tendencia de frecuencia vs corriente de regeneración.....	78
Figura 33. Cronograma de realización del proyecto	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variable dependiente: Motor generador</i>	9
Tabla 2 <i>Variable independiente: Módulo de control de inversión</i>	10
Tabla 3 <i>Metodología, instrumentación y laboratorios donde se lleva a cabo el proyecto</i>	13
Tabla 4 <i>Motor de combustión</i>	23
Tabla 5 <i>Partes del motor eléctrico de la Figura 7</i>	27
Tabla 6 <i>Falla de moto-generadores</i>	33
Tabla 7 <i>Características del variador de frecuencia CFW300</i>	46
Tabla 8 <i>Características de los cables de alimentación del módulo inversor</i>	46
Tabla 12 <i>Características del moto generador 1</i>	47
Tabla 13 <i>Procedimiento para el desarmado del moto generador 1</i>	47
Tabla 14 <i>Procedimiento de armado del moto generador 1</i>	49
Tabla 9 <i>Características del moto generador 2</i>	51
Tabla 10 <i>Procedimiento para el desarmado del moto generador 2</i>	52
Tabla 11 <i>Procedimiento para el armado del moto generador 2</i>	55
Tabla 15 <i>Engranajes del tren motriz de los moto generadores MG1 y MG2</i>	57
Tabla 16 <i>Elementos necesarios para la elaboración del módulo de control</i>	60
Tabla 17 <i>Configuración de los parámetros del variador de frecuencia para MG1 y MG2</i>	61
Tabla 18 <i>Equipos ocupados para la medición de parámetros de funcionamiento</i>	66
Tabla 19 <i>Datos de frecuencia vs RPM en MG2</i>	67
Tabla 20 <i>Datos de frecuencia vs voltaje en MG2</i>	68

Tabla 21 <i>Datos de frecuencia vs voltaje en MG1.</i>	69
Tabla 22 <i>Datos de frecuencia vs corriente en MG2.</i>	71
Tabla 23 <i>Datos de frecuencia vs corriente en MG1.</i>	72
Tabla 24 <i>Datos de frecuencia vs RPM de funcionamiento.</i>	73
Tabla 25 <i>Datos de frecuencia vs voltaje de funcionamiento fase-fase.</i>	75
Tabla 26 <i>Datos de frecuencia vs RPM de regeneración.</i>	76
Tabla 27 <i>Datos de frecuencia vs corriente de regeneración.</i>	77
Tabla 28 <i>Curvas características con osciloscopio OTC 3480 para MG2.</i>	79
Tabla 29 <i>Curvas características con osciloscopio OTC 3480 para MG1.</i>	83
Tabla 30 <i>Programación de los parámetros de funcionamiento para MG2.</i>	86
Tabla 31 <i>Programación de los parámetros de funcionamiento para MG1.</i>	87
Tabla 32 <i>Programación de los parámetros de funcionamiento para MG1y MG2 armados.</i>	87
Tabla 33 <i>Recursos humanos utilizados en el proyecto.</i>	88
Tabla 34 <i>Recursos materiales utilizados en el proyecto.</i>	88
Tabla 35 <i>Recursos tecnológicos utilizados en el proyecto.</i>	89
Tabla 36 <i>Presupuesto utilizado en el proyecto.</i>	89

RESUMEN

La siguiente investigación analiza los parámetros de desempeño del grupo motor generador de un vehículo híbrido al implementar un prototipo con control de inversión. Para esto, se implementó un módulo didáctico el cual controla los motores generadores del vehículo Toyota Highlander 2010. Se recopiló información de corriente, voltaje, resistencia y potencia en manuales, libros y tesis que son los parámetros necesarios para la programación del módulo de control. Con la ayuda de elementos eléctricos, electrónicos y un variador de frecuencia que simula el funcionamiento de un inversor de corriente, se puso en marcha y mediante un potenciómetro, que simula el acelerador, se varió la velocidad de los motores generadores. Tomando en cuenta los parámetros eléctricos para la instalación y adecuada ubicación del motor generador en un banco se procedió a realizar pruebas con diferentes instrumentos de medición: pinza amperimétrica, multímetro automotriz, tacómetro y osciloscopio a diferentes valores de frecuencia, los cuales sirvieron para obtener datos de corriente, voltaje, revoluciones por minuto y oscilogramas. Después de tabular los datos obtenidos mediante el programa Excel, se analizó la tendencia de la curva de corriente y voltaje para los motores generadores MG1 y MG2 los cuales se encontraban separados; así también, el análisis de los motores generadores unidos y su función de regeneración de corriente.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULOS - MOTOR GENERADOR**
- **VEHÍCULOS - VARIADOR DE FRECUENCIA**
- **VEHÍCULO HÍBRIDO**

ABSTRACT

The following research analyzes the performance parameters of the generator group of a hybrid vehicle by implementing a prototype with investment control. For this, a teaching module was implemented which controls the generators of the Toyota Highlander 2010 vehicle. Information on current, voltage, resistance and power was collected in manuals, books and theses, which are the necessary parameters for the programming of the control module. With the help of electrical and electronic elements and a frequency inverter that simulates the operation of a current inverter, it was started and by means of a potentiometer, which simulates the accelerator, the speed of the generative motors was varied. Taking into account the electrical parameters for the installation and proper location of the generator engine in a bank, tests were carried out with different measuring instruments: clamp meter, automotive multimeter, tachometer and oscilloscope at different frequency values, which were used to obtain data of current, voltage, revolutions per minute and oscillograms. After tabulating the data obtained through the Excel program, the trend of the current and voltage curve for the generators MG1 and MG2, which were separated, was analyzed; also, the analysis of the united generators and their function of regeneration of current.

KEYWORDS:

- **VEHICLE - GENERATOR MOTOR**
- **VEHICLE - VARIABLE FREQUENCY DRIVE (AFD)**
- **HYBRID VEHICLE**

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes investigativos.

Según (Suntaxi & Haro, 2010) son “híbridos” los automóviles que utilizan un motor eléctrico, y un motor de combustión interna para realizar su trabajo. A diferencia de los automóviles solo eléctricos, los vehículos híbridos no requieren conectar a una toma de corriente para recargar las baterías, el generador y el sistema de freno regenerativo se encargan de mantener la carga de las mismas. Al utilizar el motor térmico para recargar las baterías, se necesitan menor número de estas por lo que el peso total del vehículo es menor ya que el motor térmico suele ser pequeño. Pág. 33

Para (Salcedo & Coello, 2012) la base importante de un vehículo híbrido está dada por un motor de combustión interna que trabaja de forma alternada con un motor eléctrico, este motor puede ser también generador en algunas condiciones, y todo el sistema utiliza una batería de alto voltaje para almacenar carga eléctrica. Esta tecnología es bastante avanzada y permite utilizar la cinética del frenado para convertir al motor en generador y restablecer la carga de la batería de alta tensión. Lógicamente todo lo descrito anteriormente se logra por la electrónica incorporada en cada unidad de control del sistema. Pág. 30

En el artículo de investigación (Llumiyinga & Poma, 2016), las unidades de control que actúan en un vehículo híbrido, comunica con todos los módulos importantes del sistema híbrido, y controla de forma directa la electrónica del inversor, también recibe sensores como el APP (Sensor de Posición del Acelerador), y señales correspondientes al seleccionador de marchas por parte de la unidad de la transmisión. Pág. 9

Según (Tenorio & Vallejo, 2010) un controlador programable es un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo, operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 - 5 VDC, 4 - 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos. Pág. 18

Según (Torres et al., 2010) el desempeño energético de un vehículo híbrido generalmente involucra, al consumo de combustible por parte del motor de combustión interna y al rendimiento de las baterías que alimentan al motor eléctrico. El consumo de combustible es afectado principalmente por las condiciones atmosféricas, las paradas, las aceleraciones y la velocidad promedio del vehículo. El rendimiento eléctrico, además de estar afectado por las condiciones de operación, depende también, de la capacidad de acumulación de energía por parte del pack de baterías del híbrido. Para evaluar el rendimiento de las baterías, existe un protocolo que describe los procedimientos para realizar este tipo de análisis, como lo es el SAE J1634 "Procedimiento de prueba para el consumo de energía de un vehículo eléctrico". Pág. 5

Permitir el control de los moto-generadores MG1 – MG2 con un circuito constituido en su interior, que toma la tensión de la batería de alto voltaje HV, la cual se encuentra en 220 V DC aproximadamente y mediante un circuito de potencia, generar una corriente alterna en tres fases que permita el movimiento de los motores eléctricos.

Las funciones del inversor son:

- Permitir mediante la tensión de la batería de alto voltaje HV generar una corriente alterna en tres fases que es utilizada para mover un motor eléctrico de frecuencia variable

que acciona el mecanismo del acondicionador de aire puesto que el motor de combustión interna se apaga por momentos, aunque el auto siga en movimiento.

- Permitir mediante la tensión de la batería de alto voltaje HV, convertir la tensión a 12 V para mantener la carga a una batería de 12V que funciona para accesorios y mecanismo de tensión convencional.
- Permitir la carga de la batería de alta tensión mediante los moto generadores MG1 y MG2, esto con una electrónica basada en transistores IGBT y controlada por la unidad de control del sistema híbrido ECU HV.
- Permitir el movimiento del motor generador 1 MG1 en condición de arranque para el motor de combustión interna, esto especialmente en el momento que se genere un consumo de la batería de alta tensión HV. (Augeri, 2013).

Según [(«Toyota Industries Corporation», s. f.) 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. 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.

Según (De la Carrera, 2004) para controlar la operación del inversor y del motor de tracción se utiliza un controlador UQM , el cual consiste de un microprocesador que se encarga de generar las señales requeridas por el inversor para su operación, a partir de la referencia de torque suministrada por el operador. Además, el microprocesador recoge todas las variables medidas que afectan los límites de seguridad en la operación del sistema. Pág. 17

Según (Sánchez, 2008) los inversores trifásicos se utilizan normalmente en aplicaciones de alta potencia, para accionamiento de un motor de inducción. El inversor es controlado con modulación senoidal de ancho de pulso (SPWM por sus siglas en inglés), ya que este tipo de modulación es el más aplicado en la industria; tres inversores monofásicos pueden conectarse en paralelo para formar la configuración de un inversor trifásico.

Las señales de compuerta de los inversores monofásicos deben adelantarse o retrasarse 120° uno con respecto al otro, a fin de obtener voltajes trifásicos balanceados (fundamentales).

1.2. Planteamiento del problema.

En el Ecuador existe desconocimiento de nuevas tecnologías aplicadas a los vehículos, esto se debe en gran parte a la falta de actualización de conocimientos de profesionales dedicados al ámbito automotriz y de los usuarios que se aferran al uso de vehículos con tecnología “antigua”, ya sea por el costo o por la desconfianza de dar el salto al uso de nuevas tecnologías.

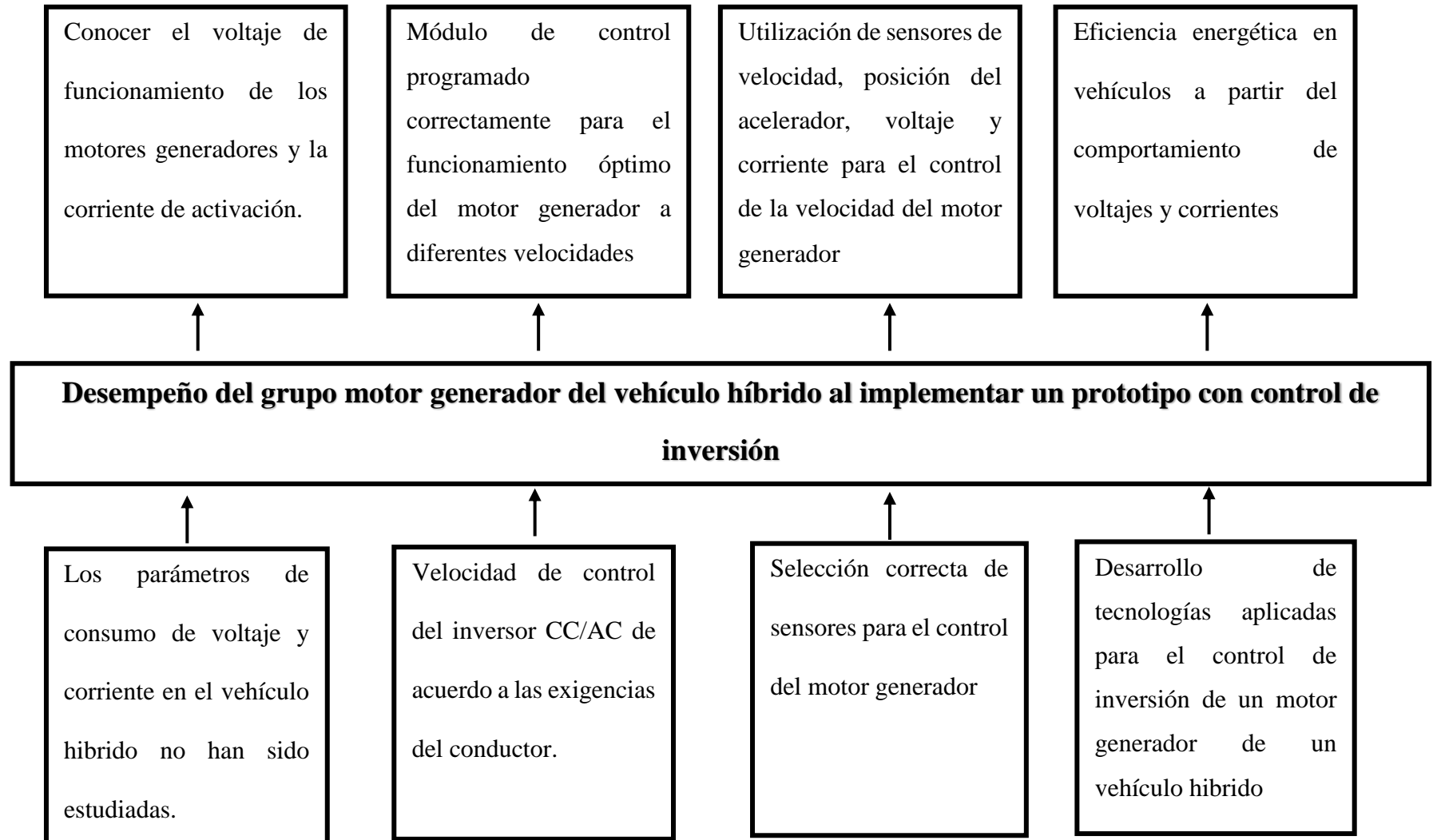
El avance tecnológico en el sector automotriz, así como el cambio de la matriz productiva hace necesario el uso de energías alternativas para el funcionamiento de los vehículos, como por ejemplo la implementación de energía eléctrica para generar el movimiento, lo cual ayuda a aminorar los altos niveles de contaminación por combustibles fósiles que en estos últimos años están aportando al cambio climático que ha mostrado sus efectos en varios continentes.

El desarrollo de tecnologías aplicadas para el control de inversión de un moto-generador de un vehículo híbrido es un paso importante ya que ayuda a reducir la complejidad de los sistemas implementados en vehículos híbridos, los cuales son el paso intermedio entre la evolución de un vehículo con motor de combustión interna a un vehículo eléctrico, a fin de aumentar la eficiencia energética en un vehículo.

1.3. Descripción resumida del proyecto.

- Se recolectó información técnica-científica confiable de bases Springer link, Scopus, Scielo, Taylor and Francis Group, Pro Quest Ebook Central, Bibliotechnia, Gale Cengage Learning, Google académico, repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas, y repositorio de otras universidades, que fundamente aspectos teóricos y prácticos para la realización del proyecto.
- Se seleccionó los componentes necesarios para la recopilación de información de la velocidad, aceleración, voltaje, resistencia, corriente, potencia, entre otros para captar todos los parámetros necesarios para el funcionamiento del motor generador.
- Se implementó el prototipo de módulo de control en el banco, tomando en cuenta los parámetros eléctricos para la instalación y adecuada ubicación del moto-generador en un banco de pruebas donde se pueda apreciar los parámetros de velocidad, revoluciones, corriente y voltaje.
- Se tabuló los datos obtenidos, usando gráficas para generar un registro de los valores estándar de funcionamiento tanto de la placa de control, de los inversores y del motor generador.
- Se ejecutó pruebas constatando la funcionalidad completa del banco de pruebas.
- Se analizó los resultados obtenidos de la investigación para la documentación del funcionamiento del control del motor generador, inversor y módulo de control.

1.4. Árbol de problemas.



1.5. Justificación e importancia.

El transporte depende de su mayor parte de energía fósil, sobre todo del petróleo, cuyos derivados cubren el 98% de las necesidades energéticas del sector, y aparentemente esto sigue siendo así hasta que tome la batuta los vehículos que no ocupen para su funcionamiento cualquier tipo de hidrocarburo. Además, el 24% de la población vive expuesta a niveles de ruido originado por el tráfico, superior a los 65 db que es el límite de tolerancia normalmente aceptado.

Por tal razón este prototipo ayudó a entender el funcionamiento y consumo de corriente y voltaje en el grupo moto-generador del vehículo híbrido mediante el diseño de un control de inversión, sirve para que la comunidad entienda la ayuda que nos brinda el usar vehículos híbridos y su impacto ambiental.

Los parámetros de consumo de corriente y voltaje en vehículos híbridos no han sido estudiados, por lo cual existe la necesidad de realizar una investigación exhaustiva y tomando en cuenta diferentes parámetros de funcionamiento a diferentes velocidades del grupo motor generador.

La selección correcta de componentes eléctricos y electrónicos nos permitió obtener un control óptimo de la inversión para el funcionamiento del grupo motor-generador del vehículo híbrido a diferentes velocidades de acuerdo a las exigencias del conductor.

1.6.Objetivos.

1.6.1.Objetivo general.

Investigar los parámetros de desempeño del grupo moto-generador del vehículo híbrido al implementar un prototipo con control de inversión.

1.6.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información teórica y técnica inherente motores generadores de vehículos híbridos, de los inversores y de los módulos de control.
- Realizar el desarmado y armado del grupo motor-generator de un vehículo Toyota Highlander 2010.
- Identificar los elementos de los motores generadores MG1 y MG2; además analizar los componentes de transmisión de potencia del grupo motor-generator del vehículo Toyota Highlander híbrido 2010.
- Implementar el prototipo de módulo de control, tomando en cuenta los parámetros eléctricos para la instalación y adecuada ubicación del moto-generator en un banco de pruebas donde se pueda apreciar los parámetros de velocidad, revoluciones, corriente y voltaje.
- Tabular los datos obtenidos, usando gráficas para generar un registro de los valores estándar de funcionamiento tanto de la placa de control, de los inversores y del motor generador.
- Ejecutar pruebas constatando la funcionalidad completa del banco de pruebas.
- Analizar los resultados obtenidos de la investigación para la documentación del funcionamiento del control del motor generador, inversor y módulo de control.

1.7. Metas.

Implementar un prototipo de módulo de control de inversión, en un moto-generator de un vehículo híbrido para control las diferentes velocidades.

1.8. Hipótesis.

La implementación del prototipo de módulo controla eficazmente varias velocidades de un moto-generador de un vehículo híbrido manteniéndolas estables según sea el requerimiento de velocidad que se desee mantener.

1.9. Variables de la investigación.

1.9.1. Variable dependiente:

En la Tabla 1 se desarrolla la variable dependiente, la cual se refiere al motor generador, de acuerdo a los parámetros de voltaje, corriente, resistencia, potencia y número de revoluciones.

Tabla 1

Variable dependiente: Motor generador

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Motor eléctrico que sirve para impulsar directamente las ruedas y también puede servir como generador para recargar la batería mientras el vehículo está en movimiento. (Araujo, 2015)	Tecnología	Voltaje	V	Medición Experimentación.	Guía o protocolo de pruebas
			A	Medición Experimentación.	Guía o protocolo de pruebas.
		Corriente	Ω	Medición Experimentación.	Guía o protocolo de pruebas
			Resistencia	m/s	Medición Experimentación.
		Potencia	Vatio s	Cálculo Experimentación.	Guía o protocolo de pruebas
		Revoluciones	RPM	Medición Cálculo Experimentación.	Guía o protocolo de pruebas

1.9.2. Variable independiente:

En la Tabla 2 se desarrolla la variable independiente denominada módulo de control de inversión de acuerdo a los parámetros revoluciones, porcentaje de apertura del acelerador, sensor de corriente y velocidad.

Tabla 2

Variable independiente: Módulo de control de inversión.

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
El módulo de control de inversión es un sistema para el control de velocidades de un motor generador	Tecnología primaria	Revoluciones del motor	RPM	Medición Cálculo Experimentación.	Guía de procedimientos
		Porcentaje de apertura del acelerador	%	Medición Cálculo Experimentación.	Guía de procedimientos
		Sensor de corriente	<i>mA</i>	Medición Cálculo Experimentación.	Guía de procedimientos
		Velocidad	<i>m/s</i>	Medición Experimentación.	Guía de procedimientos

1.10. Metodología de desarrollo del proyecto.

En la investigación de los parámetros de desempeño del grupo moto-generador del vehículo híbrido al implementar un prototipo con control de inversión, se utilizó los métodos de investigación científica que se disponen a continuación:

1.10.1. Método inductivo

Para (Ruiz, 2007) “la inducción se refiere al movimiento del pensamiento que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general. Esto implica pasar de los resultados obtenidos de observaciones o experimentos al planteamiento de hipótesis, leyes y teorías que abarcan no solamente los casos de los que se partió, sino a otros de la misma clase.”

En esta investigación se implementó un prototipo de sistema de control de inversión para que permita el control de las velocidades del moto-generador dependiendo de los requerimientos que se disponga en las pruebas que se realizan.

1.10.2.Método deductivo

Citando a (Ruiz, 2007) “La deducción es el método que permite pasar de afirmaciones de carácter general a hechos particulares”. Se utilizó este método porque al implementar el prototipo de control nos permite usar recursos de nuestro medio para lograr controlar un moto-generador y que pueda trabajar como con el módulo de control original.

1.10.3.Método experimental

Este método también conocido como "experimental auténtica" se caracterizan, básicamente, por la manipulación intencional de unas o más variables independientes, para observar/medir su influencia en una o más variables dependientes, y por la asignación aleatoria de los sujetos. (Gómez & Roquet, 2012)

Se aplicó este método al suministrar las condiciones de funcionamiento al moto-generador para que este pueda trabajar siendo la ubicación de los elementos con los que cuenta el sistema, así como también parámetros térmicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos, algo muy importante para el diseño e implementación del sistema, de esa manera realizar pruebas, mediciones con la ayuda de ensayos, normas, protocolos y demás instrumentos.

1.10.4.Método de medición

Para (Gómez & Roquet, 2012) “su finalidad es conocer y explicar la realidad para controlarla y efectuar predicciones.”

A través del método de medición se obtuvo los valores de consumo de voltaje y corriente que permite regular la velocidad del motor con ayuda de la unidad de control, y sensores dispuestos en el banco de pruebas.

1.10.5.Método analítico

“El proceso analítico se basa en la inmersión en los datos y búsqueda de clasificaciones (tipos) repetidas, en las codificaciones y en las comparaciones que caracterizan al enfoque de la teoría fundamentada.” (Sampieri, Collado, Lucio, & Pérez, 1998)

En la investigación se aplicó este método debido a que los voltajes y corrientes que se debe manejar en este tipo de motores se deben analizar para obtener las velocidades deseadas dependiendo de los requerimientos del sistema

1.10.6.Método de síntesis

Al utilizar este método se logró representar todas las generalidades del proceso de diseño, construcción e implementación, a partir de los resultados obtenidos con el sistema convencional. De esta manera se llegó al resultado final, el cual nos indica en qué medida es eficiente la implementación de un prototipo de control. Además, se obtuvo un documento resultante de las pruebas y mediciones realizadas, presentando la información de manera ordenada y sintetizada, lo que permite una fácil asimilación y entendimiento de la misma.

1.10.7.Método de matematización

“Generaliza el aspecto cuantitativo de los fenómenos, compara las magnitudes medibles y los procesos lógicos que representan la información a través de números.” (Sotomayor & Espinoza, s. f.)

Se utilizó este método para realizar comparaciones entre los diferentes resultados obtenidos al alterar variable como velocidad, aceleración, corriente, voltaje.

Tabla 3*Metodología, instrumentación y laboratorios donde se lleva a cabo el proyecto*

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Inductivo	<p>Para (Ruiz, 2007) “la inducción se refiere al movimiento del pensamiento que va de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general. Esto implica pasar de los resultados obtenidos de observaciones o experimentos al planteamiento de hipótesis, leyes y teorías que abarcan no solamente los casos de los que se partió, sino a otros de la misma clase.”</p> <p>En esta investigación se implementó un prototipo de sistema de control de inversión para que permita el control de las velocidades del moto-generador dependiendo de los requerimientos que se disponga en las pruebas que se realiza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor generador • Multímetro • Osciloscopio • 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Deductivo	<p>Citando a (Ruiz, 2007) “La deducción es el método que permite pasar de afirmaciones de carácter general a hechos particulares”. Se utilizó este método porque al implementar el prototipo de control nos permite usar recursos de nuestro medio para lograr controlar un moto-generador y que pueda trabajar como con el módulo de control original.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor generador • Multímetro • Osciloscopio 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Experimental	<p>Este método también conocido como "experimental auténtica" se caracterizan, básicamente, por la manipulación intencional de unas o más variables independientes, para observar/medir su influencia en una o más variables dependientes, y por la asignación aleatoria de los sujetos. (Gómez & Roquet, 2012)</p> <p>Se aplicó este método al suministrar las condiciones de funcionamiento al moto-generador para que este pueda trabajar siendo la ubicación de los elementos con los</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor generador • Multímetro • Osciloscopio 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

	<p>que cuenta el sistema, así como también parámetros térmicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos, algo muy importante para el diseño e implementación del sistema, de esa manera realizar pruebas, mediciones con la ayuda de ensayos, normas, protocolos y demás instrumentos.</p>	
Medición	<p>Para (Gómez & Roquet, 2012) “su finalidad es conocer y explicar la realidad para controlarla y efectuar predicciones.”</p> <p>A través del método de medición se obtuvo los valores de consumo de voltaje y corriente que permita regular la velocidad del motor con ayuda de la unidad de control, y sensores dispuestos en el banco de pruebas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor generador • Multímetro • Osciloscopio <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Analítico	<p>“El proceso analítico se basa en la inmersión en los datos y búsqueda de clasificaciones (tipos) repetidas, en las codificaciones y en las comparaciones que caracterizan al enfoque de la teoría fundamentada.” (Sampieri et al., 1998)</p> <p>En la investigación se aplicó este método debido a que los voltajes y corrientes que se debe manejar en este tipo de motores se deben analizar para obtener las velocidades deseadas dependiendo de los requerimientos del sistema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Word • Excel <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Síntesis	<p>Al utilizar este método se logró representar todas las generalidades del proceso de diseño, construcción e implementación, a partir de los resultados obtenidos con el sistema convencional. De esta manera se llegó al resultado final, el cual nos indicó en qué medida es eficiente la implementación de un prototipo de control. Además, se obtuvo un documento resultante de las pruebas y mediciones realizadas, presentando la información de manera ordenada y sintetizada, lo que permite una fácil asimilación y entendimiento de la misma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Word • Excel <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Matematización	<p>“Generaliza el aspecto cuantitativo de los fenómenos, compara las magnitudes medibles y los procesos lógicos que representan la información a través de números.” (Sotomayor & Espinoza, s. f.)</p> <p>Se utilizó este método para realizar comparaciones entre los diferentes resultados obtenidos al alterar variable como velocidad, aceleración, corriente, voltaje.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Computador• Microsoft Office• Word• Excel	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
-----------------------	---	--	--



Figura 1. Mapa conceptual de las metodologías de desarrollo del proyecto

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Vehículos híbridos

Según (Menchaca & Mendoza, 2013) el transporte es uno de los sectores más importantes, sin embargo es el que produce mayores daños a la salud y el ambiente, proveniente de las emisiones de la combustión de combustibles derivados del petróleo, debido a esto, se ha creado vehículos híbridos, de los cuales, los más usados, usan una combinación de motor eléctrico con motor de combustión interna, el cual tiene un menor consumo que un motor convencional, y por lo tanto genera menos gases que contaminen la atmósfera.

(Emadi, Lee, & Rajashekara, 2008) asegura que este tipo de vehículos tienen diversas fuentes de energía que se integran dentro del mismo, las cuales pueden ser una batería, un volante de inercia entre otras, además de generadores de energía que puede ser un motor, una pila de combustible, etc. Según la configuración del vehículo híbrido usa una o dos de estas fuentes para movilizar al vehículo.

Lo explicado por (Ehsani, Gao, & Emadi, 2009) acerca de los vehículos híbridos es que ahorran energía y minimizan la contaminación combinando un motor eléctrico y un motor de combustión interna (ICE) de tal manera que se puedan utilizar las características más deseables de cada uno. Los vehículos híbridos se clasifican generalmente como híbridos de serie e híbridos paralelos. En un vehículo híbrido de serie, el motor acciona el generador, que, a su vez, alimenta el motor eléctrico. En un vehículo híbrido paralelo, el motor y el motor eléctrico están acoplados para conducir el vehículo.

Para (Ehsani et al., 2009) la combinación de las mejores características de un motor eléctrico y un motor de combustión interna (ICE, por sus siglas en inglés) minimiza la contaminación y aprovecha mejor la energía producida. De acuerdo a esta premisa se pueden encontrar varios tipos de configuraciones de los motores. Entre ellas se tiene la configuración en serie, en la cual el motor acciona al generador, y este a su vez proporciona energía al motor eléctrico. La configuración en paralelo en contraste, combina la energía del motor eléctrico y el motor de combustión para propulsar el vehículo. Un vehículo híbrido de serie puede ofrecer un menor consumo de combustible en un ciclo de conducción de la ciudad al hacer que el ICE funcione constantemente en el punto de mayor eficiencia durante paradas / arranques frecuentes. Un vehículo híbrido paralelo puede tener un menor consumo de combustible en el ciclo de conducción de la carretera, en el que el ICE está en el punto más eficiente mientras el vehículo funciona a velocidad constante. Los vehículos híbridos también se dividen en híbridos suaves, híbridos de potencia e híbridos de energía, de acuerdo con el rol desempeñado por el ICE, el motor eléctrico y la misión que el sistema está diseñado para lograr. Un vehículo híbrido enchufable puede ser un híbrido en serie o paralelo, con la batería cargada a bordo del vehículo y cargada externamente por la red pública, lo que aumenta el rango cuando se opera en modo eléctrico puro. (Emadi et al., 2008)

2.2. Evolución de los vehículos híbridos.

Década de 1970: después de que el precio de la gasolina llega a niveles récord, se reaviva el interés en los autos eléctricos. El Departamento de Energía de los EE. UU. Financia esfuerzos para tratar de hacer un automóvil eléctrico rentable.

1982 - El primer automóvil híbrido moderno se fabrica en GE Research Lab. Que está controlado por computadora y es el antecesor de los autos híbridos comerciales actuales.

1989 - Audi crea un híbrido llamado "Duo" con baterías de NiCad y un motor de gas de 5 cilindros. El vehículo nunca ve la producción convencional

1995 - Toyota debutó con un concept car híbrido en el Tokyo Motor Show

1997 - El primer Prius salió a la venta en el mercado japonés

1997 - Audi crea el Duo III y lo convierte en producción en serie

1998 - Nissan produce 200 del Altra EV desde

1998-2002 2008: Tesla Motors vende el Tesla Roadster con un alcance de más de 200 millas

2009 - Se lanza el híbrido Ford Fusion

2010 - Se vendió todo el auto eléctrico de Nissan Leaf. Motor eléctrico síncrono utilizado en el eje delantero.

2010: Mercedes-Benz colabora con Tesla Motor Company para producir la E-Class E-Cell

2011 - Chevrolet Volt, automóvil híbrido, vendido en el mercado estadounidense en un rango de 25-50 millas. (Edison Tech Center, 2015)

2.3. Tipos de vehículos híbridos

Con el desarrollo de nuevas tecnologías el mercado automotriz está consiguiendo más atención de los fabricantes al momento de diseñar nuevas tecnologías híbridas. Estos diseños se clasifican según su grado de hibridación o según su arquitectura mecánica.

Según el grado de hibridación, los HEVs se dividen en varias categorías: híbrido ligero, asistido, completo o enchufable.

- El híbrido ligero es un vehículo convencional el cual usa un gran motor de arranque lo que permite que el motor de combustión se apague cuando está en punto muerto, y permite que arranque con gran rapidez.

- El híbrido asistido, usa el motor de combustión como fuente de potencia primaria, pero con un motor eléctrico adicional montado entre el motor térmico y la transmisión le proporciona un par adicional.
- El híbrido completo, esta clase de vehículo puede funcionar solo con el motor de combustión interna, solo con el motor eléctrico o en una combinación de ambos. Estos vehículos necesitan de una batería con un gran poder de almacenaje de energía.
- El híbrido enchufable, estos vehículos son capaces de funcionar solo con el motor eléctrico, además que las baterías se pueden cargar desde una fuente de alimentación externa evitando así el uso de la gasolina y ayudando a la reducción de la contaminación ambiental.

Por otro lado, se tiene la clasificación de vehículos híbridos según su sistema de propulsión que pueden ser: híbrido paralelo, serie o serie-paralelo.

2.3.1. Vehículos híbridos en paralelo.

En esta configuración se puede diferenciar dos partes encargadas de la impulsión, el motor de combustión interna y un motor eléctrico; cuando la batería eléctrica está en niveles bajos no se puede impulsar el vehículo completamente sin la potencia del motor térmico. (el vehículo actuaría como híbrido ligero y/o híbrido asistido, es decir, solo se utilizaría el sistema eléctrico para arrancadas rápidas y en asistencias a demandas de potencia muy altas). En cambio, cuando la batería está cargada, el vehículo puede ser completamente impulsado mediante electricidad o acompañando al motor térmico. (Se comporta como un híbrido completo). (Chamorro, 2013)

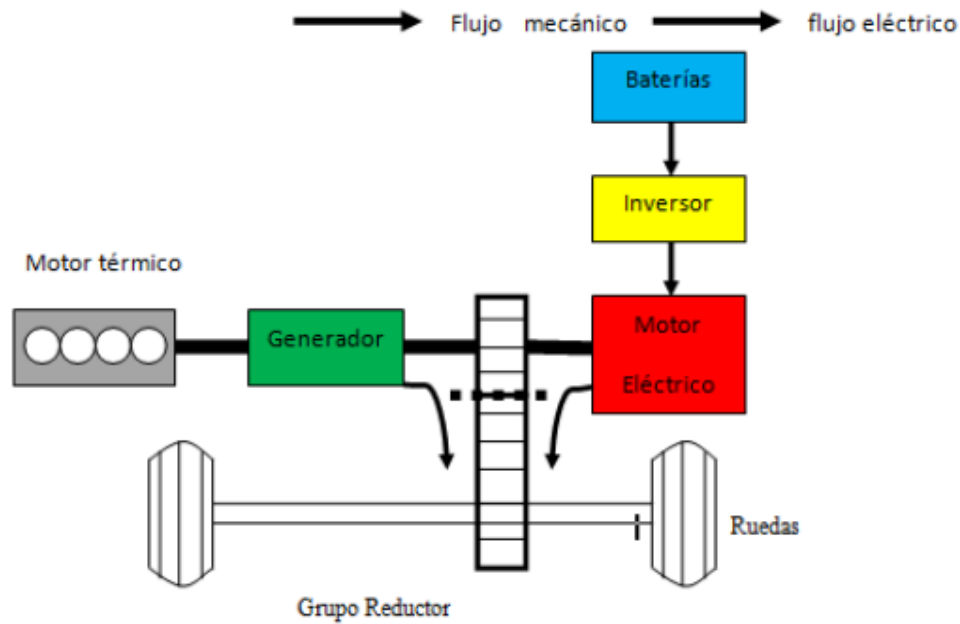


Figura 2. Arquitectura híbrida paralela.
Fuente: (Andrade & Suárez, 2013)

2.3.2. Vehículos híbridos en serie.

Según (Araujo, 2015) en el sistema híbrido en serie, el motor de gasolina funciona como un generador y la electricidad generada permite que el motor eléctrico impulse las ruedas. Este tipo de vehículo puede describirse como un automóvil eléctrico que está equipado con un generador impulsado por un motor de gasolina. La potencia que genera el motor eléctrico está suministrada por, o bien, un dispositivo de almacenamiento (como las baterías) o por un generador, que transforme la potencia mecánica procedente del motor de combustión en energía eléctrica), o una combinación de ambas fuentes en una proporción determinada por el sistema de control.

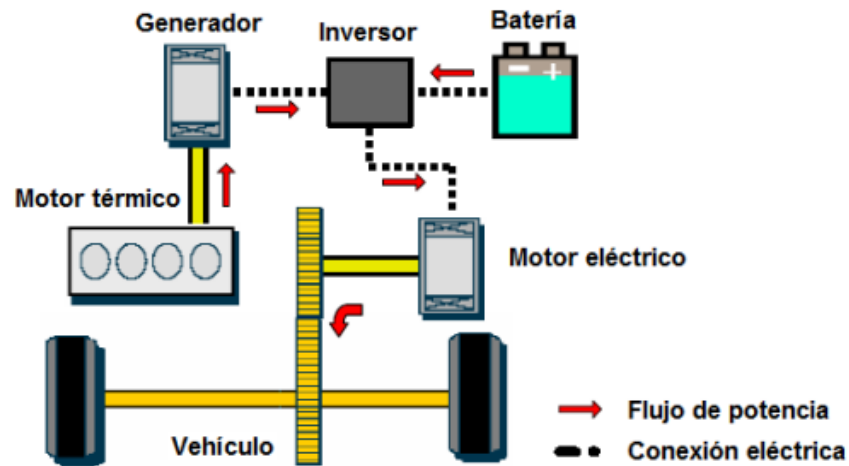


Figura 3. Arquitectura híbrida en serie.

Fuente: (Chamorro, 2013)

2.3.3. Vehículos híbridos serie-paralelo.

El híbrido mixto o serie-paralelo incorpora dispositivos de reparto de potencia teniendo en cuenta las rutas de alimentación del motor a las ruedas que puede ser mecánico o eléctrico. El principio fundamental detrás de este sistema es la disociación de la potencia suministrada por el motor (o la principal fuente de otro tipo) de la potencia demandada por el conductor.

A la salida de par motor de combustión es mínimo, a bajas revoluciones y, en un vehículo convencional, un motor más grande es necesario para la aceleración aceptable desde el punto muerto. El motor más grande, sin embargo, tiene más poder que necesitan para la velocidad de crucero constante. Un motor eléctrico, por el contrario, exhibe un par máximo en reposo y es muy adecuado para complementar la deficiencia de torsión del motor a bajas revoluciones. (Castillo & Torres, 2011)

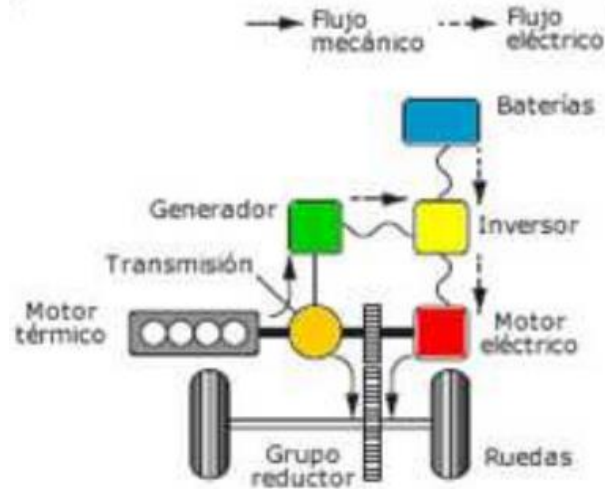


Figura 4. Arquitectura híbrida serie-paralelo.
Fuente: (Castillo & Torres, 2011)

2.4. Componentes del vehículo híbrido.

Se toma 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:

1. Motor de combustión interna
2. Transeje Híbrido
 - a) Moto generadores MG1, MG2, (para el caso de los 4WD MGR)
 - b) Inversor/ conversor
3. Batería de alta tensión

2.4.1. Motor de combustión interna Toyota Highlander

El vehículo Toyota Highlander posee un motor de combustión interna el cual se describe a continuación.

Tabla 4

Motor de combustión.

Tipo	V6, Block 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)

2.4.2.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)

2.4.3.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)

2.4.4.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)

2.4.5. Funcionamiento de los moto generadores de imanes permanentes.

Cuando la corriente alterna trifásica fluye a través de los devanados trifásicos de la bobina del estator, una rotación campo magnético se genera en el generador de motor. El sistema controla la rotación del campo magnético de acuerdo con la posición de rotación y la velocidad del rotor. Como resultado, los imanes permanentes provistos en el rotor son tirados en la dirección de rotación, generando torque. El par generado es casi proporcional a la cantidad de corriente. El sistema controla la velocidad del generador del motor regulando la frecuencia de la alternancia corriente. Además, el sistema controla con precisión el campo magnético rotativo y el ángulo del rotor imanes para generar un alto par de una manera eficiente, incluso a altas velocidades. Cuando el motor genera electricidad, el rotor gira para crear un campo magnético, que crea una corriente en la bobina del estator. (Toyota Motor Corporation, 2010)



Figura 5. Moto generador Toyota Highlander

Estator

En el estator del moto generador se encuentra 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. Dicho bobinado se trata de los tres devanados necesarios para la conexión del sistema de corriente trifásica. Se debe mencionar que el inicio del devanado como el final son accesibles desde el exterior del motor a través de tornillos de 2mm. (Toyota Motor Corporation, 2010)



Figura 6. Bobinado del moto generador

Fuente: (Pauta & Miotto, 2014)

Según (Pauta & Miotto, 2014) se puede 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 debe olvidar que el estator posee en el centro de un rodamiento de bolas sobre el cual gira el motor.

Bobina del estator

De acuerdo a (Pauta & Miotto, 2014) 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, se debe 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. 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.

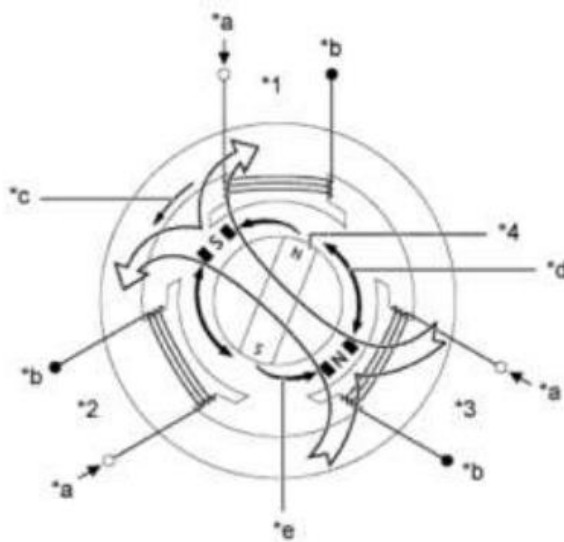


Figura 7. Partes de un moto generador
Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

Tabla 5

Partes del motor eléctrico de la Figura 7.

1	Bobina del estator (fase U)
2	Bobina del estator (fase V)
3	Bobina del estator (fase W)
4	Rotor (magneto permanente)
A	Desde el ensamble del Inversor al convertidor
B	Conectado internamente en el motor
C	Campo magnético rotatorio
D	Repulsión
E	Atracción

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

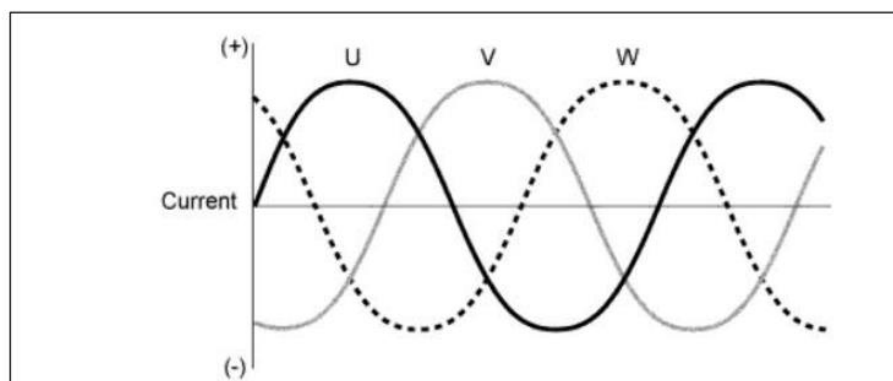


Figura 8. Diagrama de fases U, V, W.

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

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.

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)

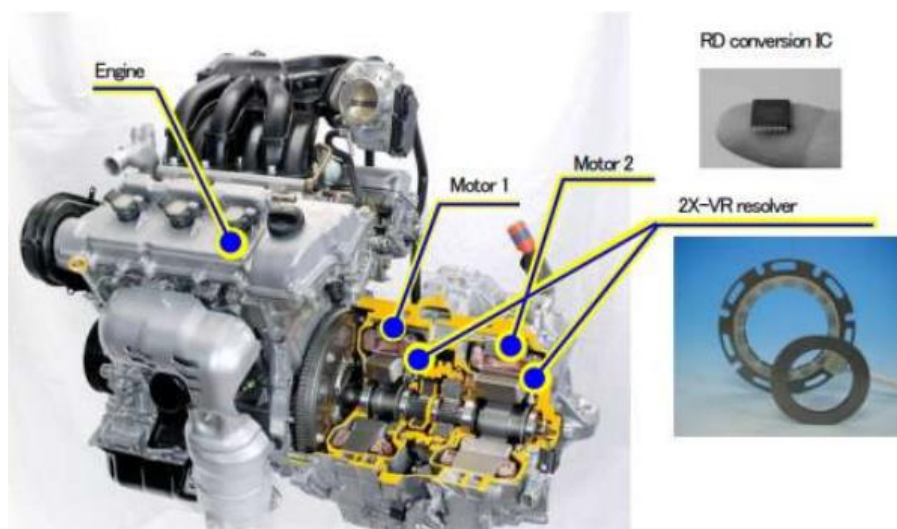


Figura 9. Sistema resolver de un vehículo híbrido.

Fuente: (Pauta & Miotto, 2014)

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) depende 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.

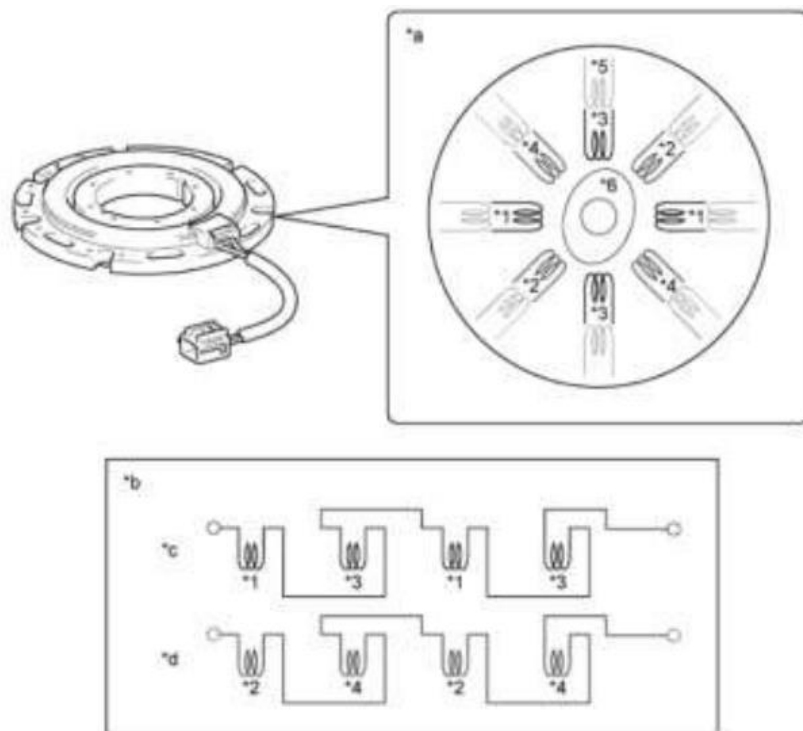


Figura 10. Sistema resolver.

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.

Se debe 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.

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. (Pauta & Miotto, 2014)

El diagrama siguiente muestra la onda de salida de las bobinas, cuando el rotor realiza un giro de “ciento ochenta grados”.

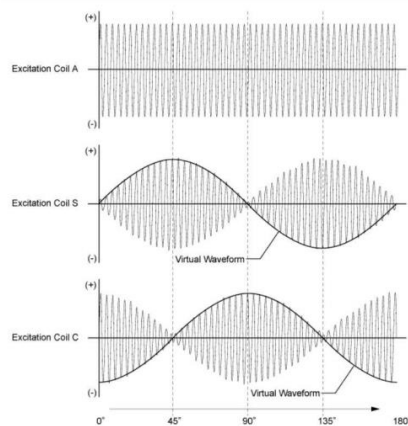


Figura 11. Diagrama de formas de onda a la salida de las bobinas.

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

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.

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)

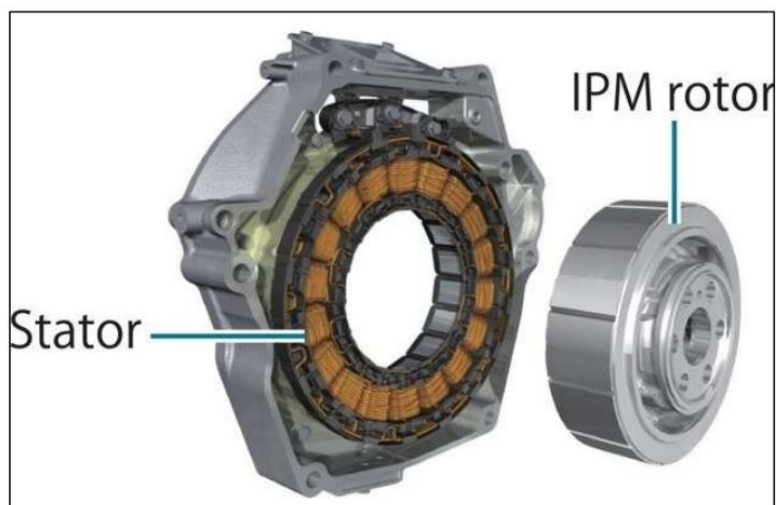


Figura 12. Rotor del moto generador

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

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. (Pauta & Miotto, 2014)

Código DTC

La MG-ECU monitorea a los moto-generadores. Si la ECU de MG detecta una reducción en la fuerza magnética de MG o en una fase corta, lo interpreta como una falla de MG. La ECU

de control del vehículo híbrido ilumina la MIL y configura un DTC.

Tabla 6

Falla de moto-generadores

N° DTC	INF CÓDIGO	DTC CONDICIÓN DE DETECCIÓN	ÁREA DEL PROBLEMA
P0A90	251	Deterioro de la fuerza magnética del motor o la misma fase cortocircuito	<ul style="list-style-type: none"> • Inversor con convertidor • Transeje del vehículo híbrido

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

2.4.6. Inversor/Conversor.

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.

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.

(Toyota Motor Corporation, 2010)

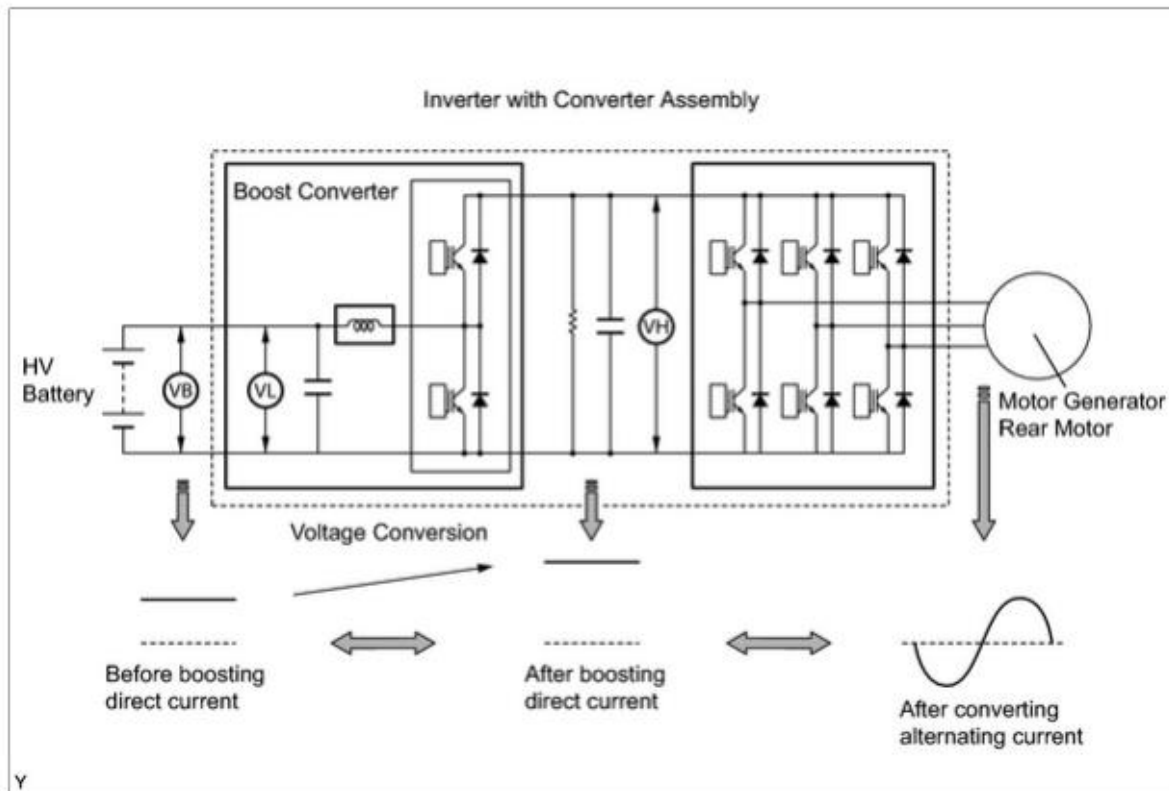


Figura 13. Inversor de Toyota Highlander 2010.

Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

2.4.7. Componentes del transeje 1.

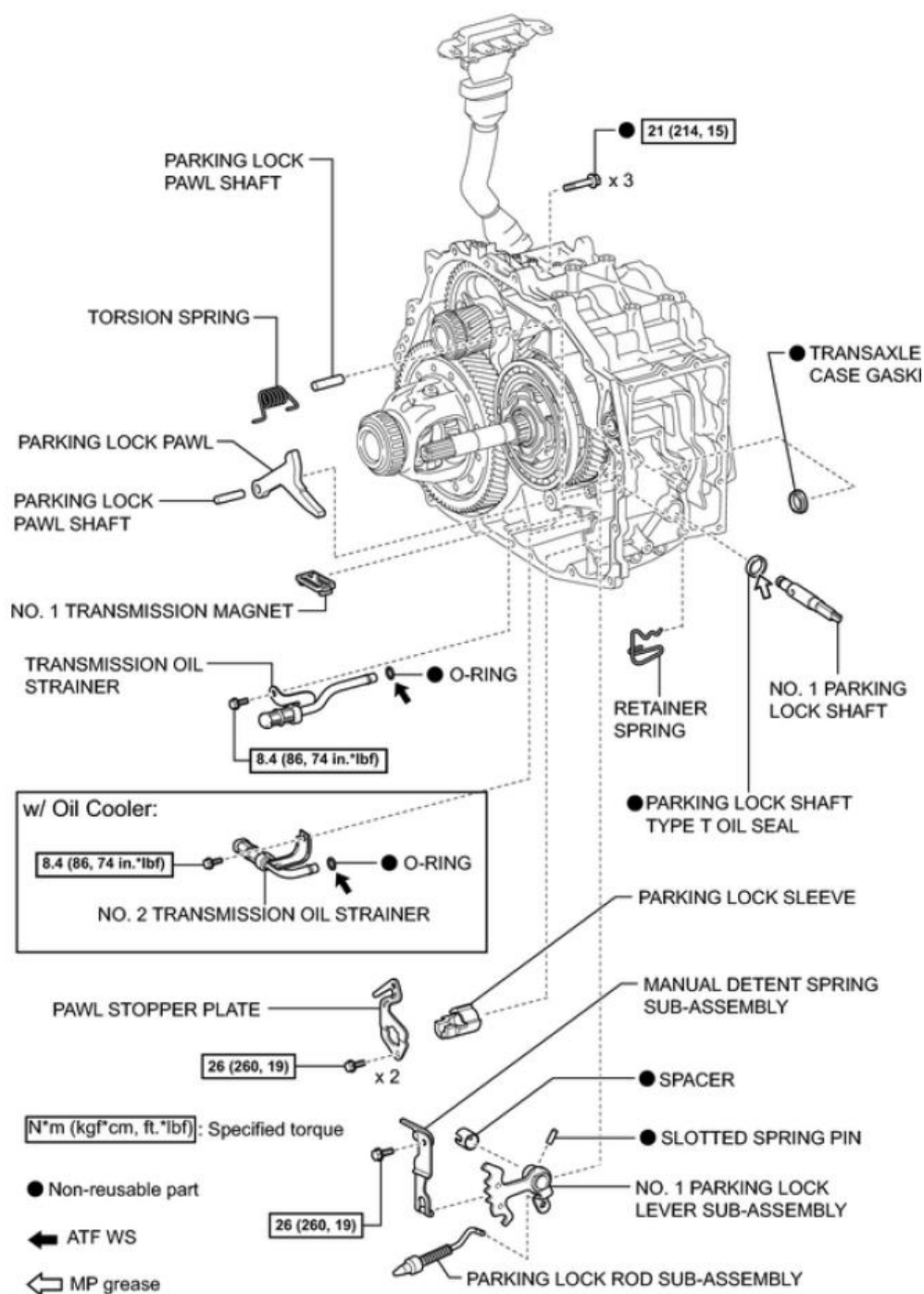


Figura 14. Vista en explosión de transeje 1 del moto- generador Toyota Highlander 2010
Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

2.4.8. Componentes del transeje 2.

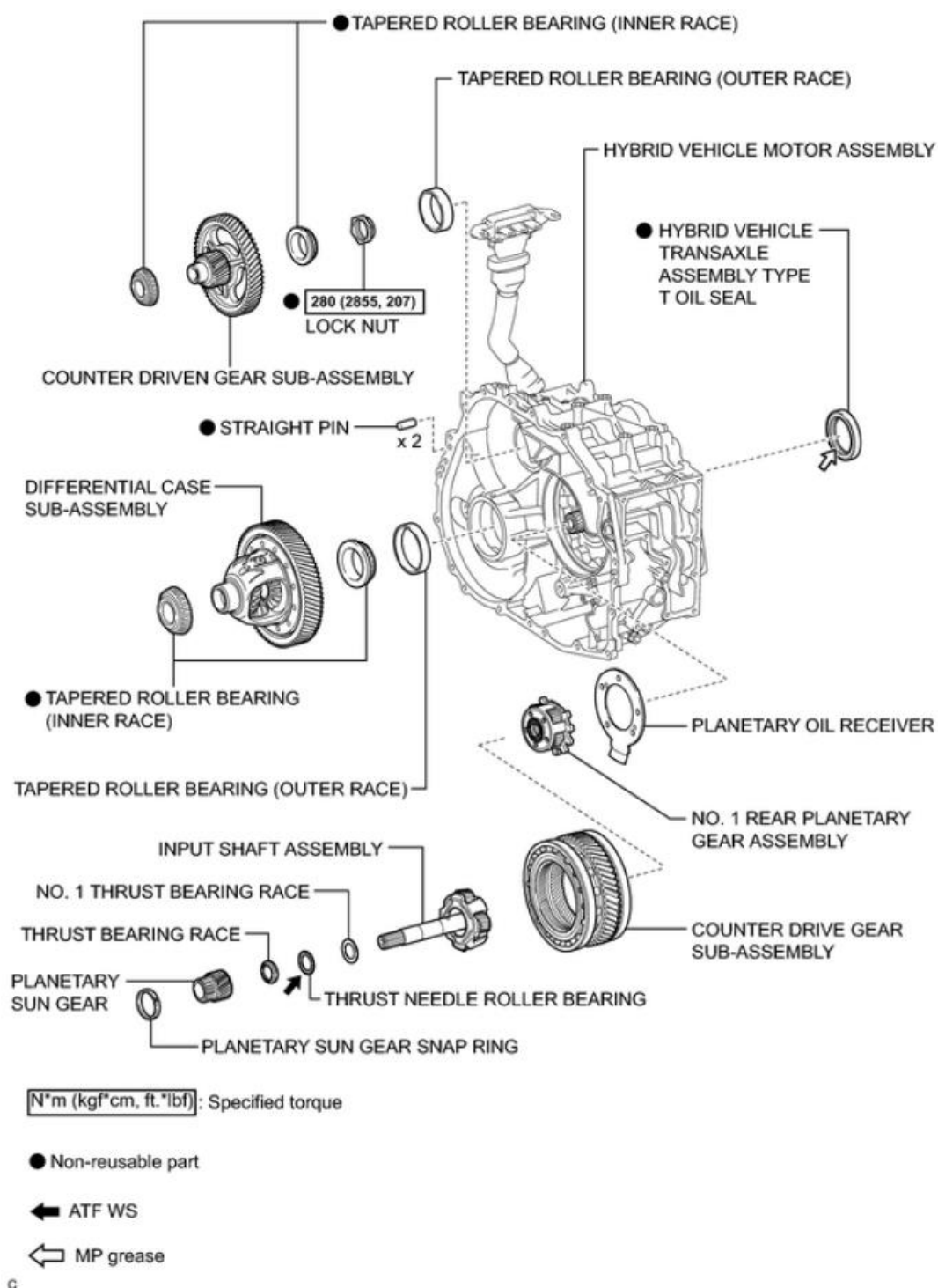


Figura 15. Vista en explosión de transeje 2 del moto- generador Toyota Highlander 2010
Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

2.5. Funcionamiento.

La operación del sistema híbrido requiere que gran número de condiciones estén establecidas antes que la unidad HV comience la estrategia de operación del motor de combustión y los moto generadores. El conjunto está formado por los dos moto generadores y el motor de combustión, todo unido a través del conjunto sistema planetario, este último permite el aporte de potencia de cada uno de los elementos.

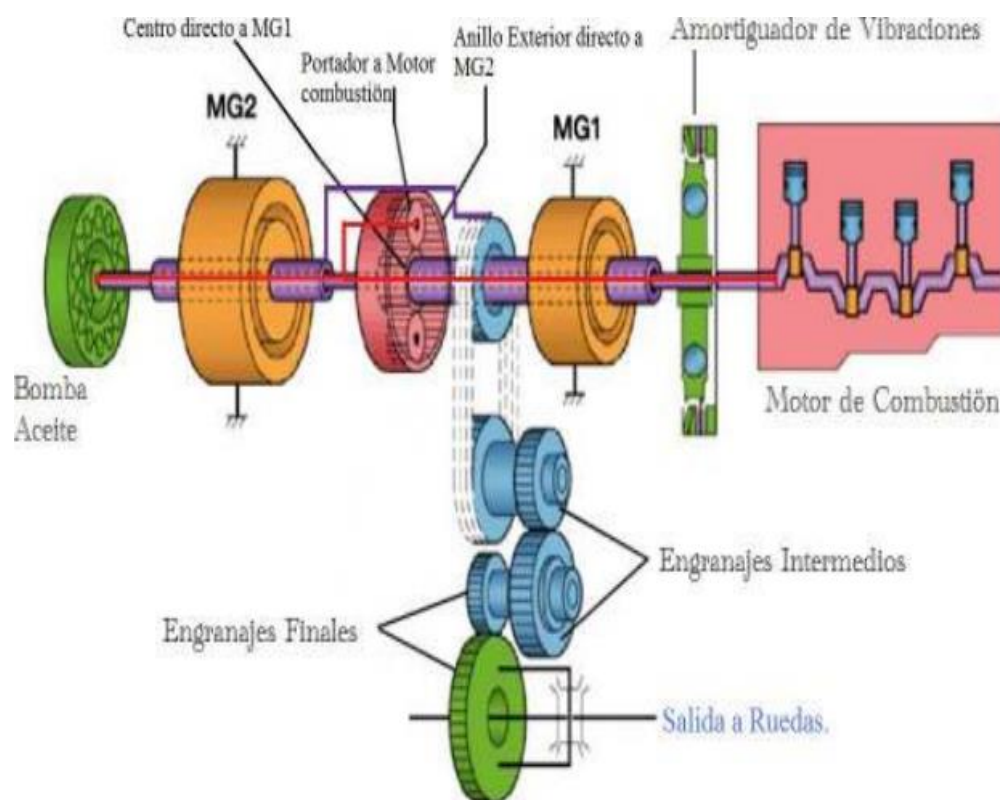


Figura 16. Esquema de funcionamiento del vehículo híbrido.

Fuente: (Augeri, 2012)

Si el motor de combustión se mueve no necesariamente existe movimiento en las ruedas puesto que, al moverse el motor de combustión, y estar frenado el aro exterior que esta solidario al MG2, la única posibilidad de movimiento es para MG1. Es decir, si el eje de salida está bloqueado (posición PARQUEO) y el motor de combustión esta encendido (movimiento de los portadores),

MG1 tendría necesariamente que moverse por reacción de esta forma se convertiría en generador para cargar la batería HV.

MG2 va directo al aro exterior y por consiguiente al movimiento de las ruedas, si el eje de salida no está bloqueado y MG2 se mueve el auto se mueve, de esta forma comienza a moverse el vehículo, si MG2 gira de forma contraria, el auto debería moverse en marcha atrás, un ejemplo de este acople es que, si el automóvil se coloca en NEUTRAL y alguien lo mueve de forma externa, MG2 se tiene que mover de forma obligada porque esta directo a la salida.

Para (Augeri, 2012) la secuencia de operaciones para el accionamiento de los moto generadores y el motor de combustión es el secreto para crear esta nueva tecnología, no tiene sentido que el motor de combustión actúe la mayor parte del tiempo, y tampoco se podría presentar que MG2 esté todo el tiempo trabajando puesto que se descargaría la batería. Es entonces que se tiene que tener una secuencia lógica de procesos para poder tener el motor de combustión lo menos encendido posible y la carga de la batería siempre de forma óptima.

2.6. Componentes principales del control de conversión.

2.6.1. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

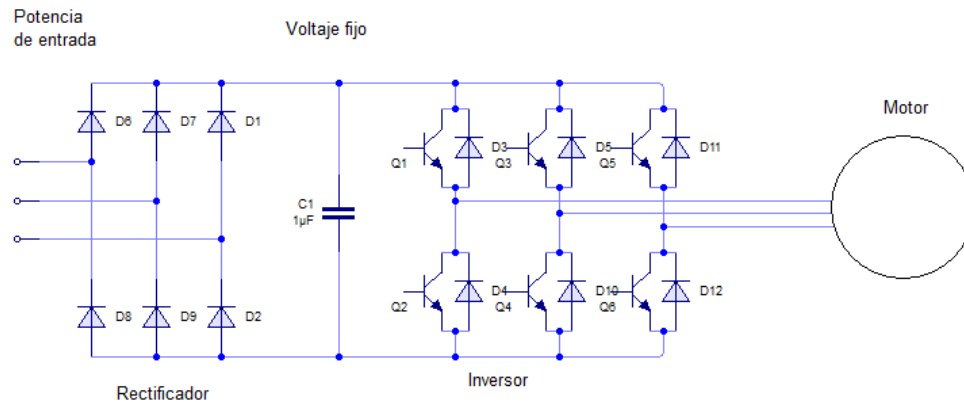


Figura 17. Dispositivo variador de frecuencia.

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estátor, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{20f}{p} \quad (1)$$

Donde:

- RPM = Revoluciones por minuto.
- f = Frecuencia de suministro AC (Hz).
- p = Numero de polos adimensional.

Fuente: (Cevallos & Velasco, 2010)

Los variadores de frecuencia más empleados son los PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) que emplean en el circuito de entrada puente de diodos rectificadores. En el circuito intermedio poseen condensadores y bobinas para linealizar la tensión rectificada. Algunos fabricantes emplean las bobinas de línea en lugar de las bobinas DC del circuito intermedio, pero

tienen la desventaja de ocupar más espacio, generar una caída de tensión mayor y disminuir la eficiencia del variador. (Cevallos & Velasco, 2010)

2.7. Controlador de variador de frecuencia

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada AC en DC usando un puente rectificador. La energía intermedia DC es convertida en una señal cuasi-senoidal de AC usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).

De acuerdo a (Cevallos & Velasco, 2010) tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

2.7.1. Condensadores del circuito inversor

En la etapa de potencia, recarga de batería de alta tensión o manipulación de MG1 y MG2, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete estable y de un manejo importante de potencia y disipación.

2.7.2. Conjunto de resistencias

Para (Araujo, 2015) este conjunto de resistencias forma parte del circuito RC, su implementación es muy importante, puesto que sin ellas el circuito podría permanecer cargado después de una condición OFF del vehículo y esto provocaría riesgos en otros sistemas.

2.7.3.Elevador de tensión (booster)

Es el sistema más importante del mecanismo inversor, está compuesto de un reactor y un módulo llamado IPM que en su interior contiene dos transistores IGBT, los cuales permiten crear en colaboración con el reactor un SWITCH que eleve la tensión y pueda establecer el sistema de control de los motores generadores.

El módulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este módulo a la salida de 500 V cuentan con un circuito RC (Resistencia condensador, que genera estabilidad al sistema y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías.

2.7.4.Módulo inversor

El módulo inversor es parte fundamental del vehículo híbrido, incorpora una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos, pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema híbrido ECU HV, esta última se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluido los DTC.

Funciones:

- Permitir el control de los moto-generadores MG1 y MG2 con un circuito constituido en su interior, que toma la tensión de la batería alto voltaje la cual se encuentra a 220 VDC aproximadamente y mediante el circuito de potencia generar una corriente alterna en tres fases que permita el movimiento de los motores eléctricos.
- Permitir mediante la tensión de la batería de alto voltaje, convertir la tensión de 12 V para mantener la carga a una batería de 12 V que funciona para accesorios y mecanismo de tensión convencional.

- Permitir la carga de la batería de alta tensión mediante los motor-generadores MG1 y MG2, esto con una electrónica basada en transistores IGBT y controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV.
- Permitir el movimiento del motor generador MG1 en condición de arranque para el motor de combustión interna, esto es especialmente en el momento que se genere un consumo de la batería de alta tensión HV. (Augeri, 2013)

2.7.5. Módulo IPM

El módulo IPM (Intelligent Power Module), son módulos Aislados diseñados para aplicaciones de manejo de poder conmutadas, las frecuencias de operación son altas de alrededor de 20 KHZ. En su construcción contiene circuitos de control y sensado para una operación más segura, esto mejora la operación de los IGBT.

Contienen dentro de su circuito Diodos de Poder (Free – Wheel). Este tipo de Módulos IPM tiene un numero de parte específico según la aplicación, pero su denominación apunta hacia el Voltaje y Amperaje que manejan, por ejemplo, un módulo PM400DVA060 representa Modulo de Poder de 400 V y 60 Ampere.

2.7.6. Transistores IGBT

El transistor IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) es un componente utilizado cada vez más en aplicaciones automotrices en el cual la conmutación de altas corrientes es un requisito importante, este tipo de transistores aprovechan la ventaja de un transistor MOSFET y un transistor BJT (Bipolar).

En el bloque de potencia toma voltaje del sistema híbrido eléctrico, este voltaje DC ingresa al puente trifásico formado por IGBT's y mediante la conmutación de los mismos se genera una

salida trifásica en AC modulada en su frecuencia para alimenta al motor de magneto permanente. Para que cada IGBT del puente conmute se le aplica un tren de pulsos a su terminal de compuerta, los cuales son generados en el controlador del sistema.

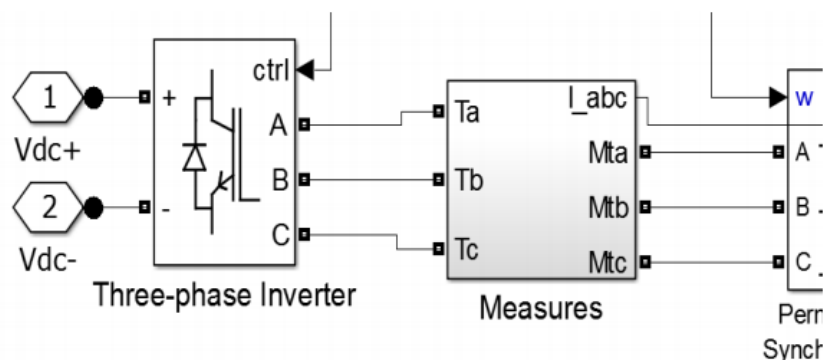


Figura 18. Bloque electrónico de potencia.

Fuente: (Vilema & Balderramo, 2015)

2.7.7. Aplicaciones del inversor de corriente

Actualmente existen multitud de aplicaciones para los convertidores DC/AC. Entre ellas puede citarse el control de motores de corriente alterna, donde se hace necesario un rectificador controlado para convertir a continua la señal alterna y regular la potencia entregada al motor, para después volver a ondular la señal mediante un inversor.

Otro ejemplo de aplicación de los inversores u onduladores es el de la recuperación de la energía rotórica de un motor (freno regenerativo) donde, mediante escobillas se recoge la energía que se pierde por rozamiento en el rotor de éste y, a través de un inversor, se convierte a la tensión y frecuencia necesarias para devolverla a la red.

En el campo de la electrónica se emplean inversores de corriente como sistemas de protección para computadoras, televisores o incluso en equipos médicos, en algunos casos los equipos tienen la función de elevación de tensión.

CAPÍTULO III

LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

3.1.Eléctrico

3.1.1.Selección de la fuente de alimentación del variador de frecuencia

El voltaje que se suministra al variador de frecuencia debe ser de 220V de corriente alterna, puesto que la configuración del variador CFW300 admite un valor de 220V Bifásico o trifásico. Además de una toma de corriente como se muestra en la figura que son los tomacorrientes que posee la universidad para estos valores de voltaje.



Figura 19. Enchufe tipo I
Fuente: («Tipos de enchufes I», 2005)

3.1.2.Selección de la fuente de alimentación del motor generador

El voltaje de funcionamiento del motor generador es variable, puesto que la selección del voltaje adecuado del moto-generador depende de la frecuencia de funcionamiento en la que se encuentre operando el variador.

3.1.3.Variador de frecuencia

El convertidor de frecuencia CFW300 es un producto de alta performance que permite el control de velocidad y torque de motores de inducción trifásicos. Este producto proporciona al

usuario las opciones de control vectorial (VVW) o escalar (V/f), ambos programables de acuerdo con la aplicación. En modo vectorial (VVW), la operación es optimizada para el motor en uso, obteniéndose un mejor desempeño en términos de regulación de velocidad. El modo escalar (V/f) es recomendado para aplicaciones más simples como el accionamiento de la mayoría de las bombas y ventiladores. En estos casos es posible reducir las pérdidas en el motor y en el convertidor, ajustando la curva V/f a través de los parámetros por aproximación de curva cuadrática de la relación V/f, lo que resulta en ahorro de energía. El modo V/f también es utilizado cuando más de un motor es accionado por un convertidor simultáneamente (aplicaciones multimotores). (Weg, 2016)

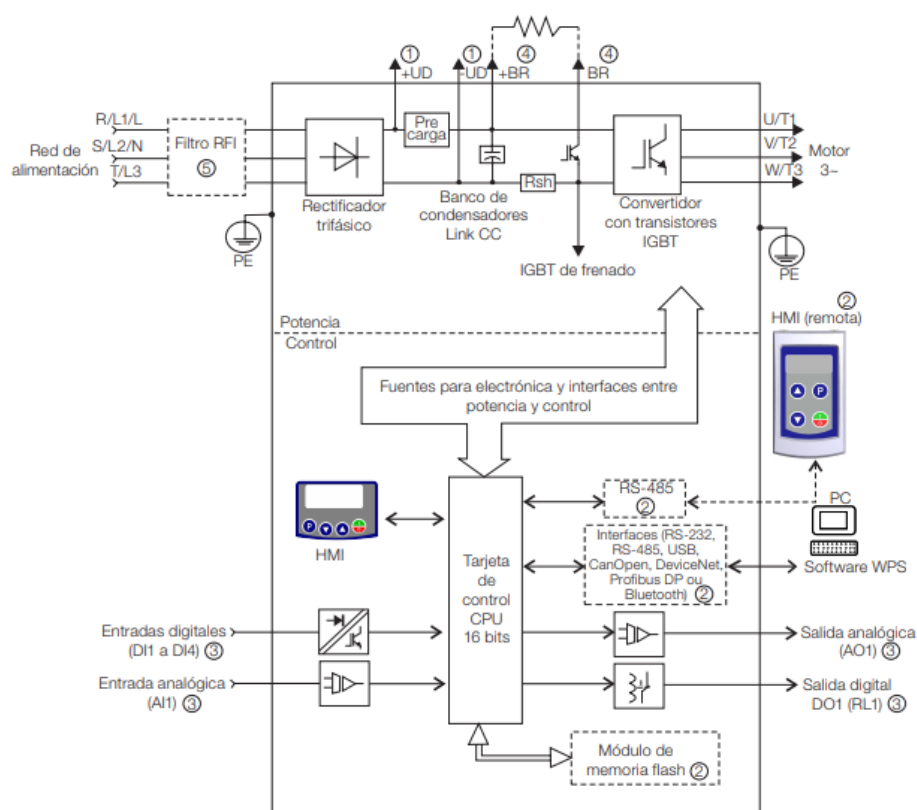


Figura 20. Diagrama de bloques del CFW300 para el tamaño B 220 V
Fuente: (Weg, 2016)

La *Tabla 7* enlista las características que posee el variador de frecuencia de acuerdo a las normas establecidas por su fabricante.

Tabla 7

Características del variador de frecuencia CFW300

	Característica	Valor	Unidad
Entrada	Voltaje de alimentación	200-240	VAC
	Frecuencia	60	Hz
	Amperaje	1~22	A
Salida	Voltaje de alimentación	0-REDE	
	Frecuencia	0-400	Hz
	Amperaje	3~10	A

Fuente: (Weg, 2016)

3.1.4. Cables de alimentación

Tanto para el módulo de control, como para la alimentación de los moto generadores se uso cables eléctricos con las siguientes características que se especifican en la *Tabla 8*:

Tabla 8

Características de los cables de alimentación del módulo inversor.

Uso	Medida
Control	18AWG Flexible
Alimentación	10AWG @90°C

Fuente: («Tabla, Cable y Motor eléctrico», 2018)

3.2.Desarmado y armado del moto generador 1

3.2.1.Características Moto generador 1

El moto generador 1 del vehículo Toyota Highlander 2010 tiene funciones específicas las cuales se encuentran enlistadas en la *Tabla 9*.

Tabla 9

Características del moto generador 1.

CARACTERÍSTICAS	
1	Actúa como generador.
2	Ayuda a encender el motor de combustión.
3	Controla la relación de transmisión.
4	Es de tipo magneto permanente.
5	Voltaje máximo de 650 voltios.

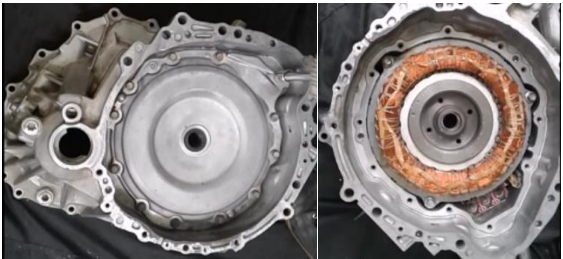
Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

3.2.1. Desarmado del moto generador 1

En la Tabla 10 se describe paso a paso el procedimiento para el desarmado del moto generador 1, además se ilustra con fotografías cada uno de los pasos para lograrlo.

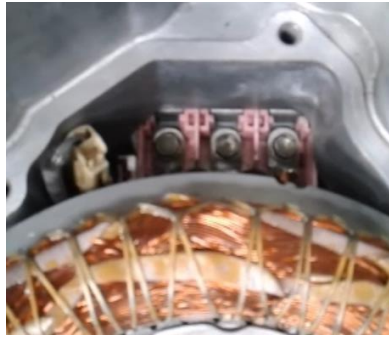
Tabla 10

Procedimiento para el desarmado del moto generador 1.

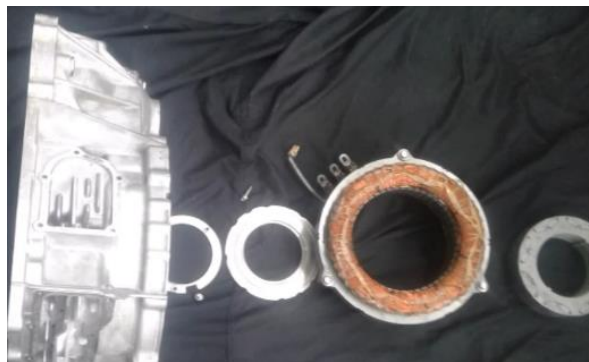
PROCEDIMIENTO	ILUSTRACIÓN
Separar la tapa de protección del moto generador 1 para observar la bobina del mismo.	

CONTINÚA 

Sacar los pernos que sujetan las fases U, V y W del moto generador 1.



A continuación, se procede a desmontar el rotor, el imán permanente y el sensor resolver del moto generador 1.





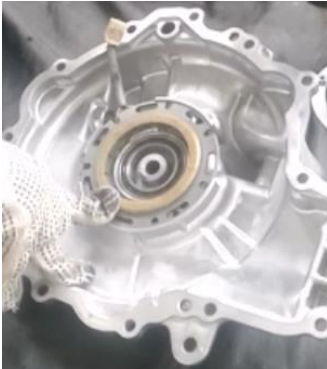
Despiece total de los moto generadores de un vehículo híbrido Toyota Highlander 2010



3.2.2. Armado del moto generador 1

A continuación, en la *Tabla 14* se detalla el armado del moto generador 1. El cual está ilustrado mediante fotografías de cada paso a realizar.

Tabla 11*Procedimiento de armado del moto generador 1.*

PROCEDIMIENTO	ILUSTRACIÓN
Colocar la bobina en la carcasa de aluminio, a la vez también conectar el sensor resolver y los pernos de las fases U, V y W del moto generador 1.	
Con precaución se procede a poner el imán permanente y el rotor en medio de la bobina.	
Colocar el sensor resolver y el separador, a continuación colocar la tapa externa tomando en cuenta poner sellante resistente a altas temperaturas.	

CONTINÚA 

A continuación se procede a ensamblar los engranes de la transmisión, colocar el engrane solar y los planetarios asegurando que coincida con las marcas.



Colocar la corona, el freno de la corona y los planetarios de la contracorona.



A continuación ensamblar los engranes que conforman el grupo diferencial de los moto generadores 1 y 2.



CONTINÚA 

Ensamblar el sensor resolver del moto generador 1 en su carcasa para unir la carcasa del moto generador 1 con la del moto generador 1.



3.2.2.Moto generador 2

El moto generador 2 del vehículo Toyota Highlander 2010 tiene funciones específicas las cuales se encuentran enlistadas en la *Tabla 12*.

Tabla 12

Características del moto generador 2

CARACTERÍSTICAS	
1	Maneja el tren delantero.
2	Actúa como generador.
3	Potencia máxima 167 hp.
4	Torque máximo 247 lb-ft
5	Es de tipo magneto permanente.
6	Voltaje máximo de 650 voltios.

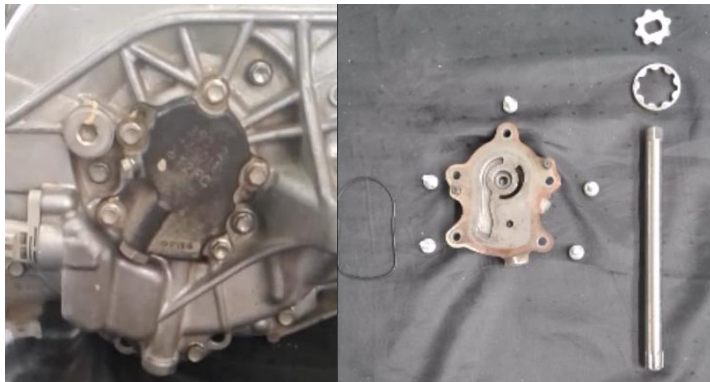


Fuente: (Toyota Motor Corporation, 2010)

3.2.3.Desarmado del moto generador 2

En la **Tabla 13** se describe paso a paso el procedimiento para el desarmado del moto generador 2, además se ilustra con fotografías cada uno de los pasos para lograrlo.

Tabla 13

Procedimiento para el desarmado del moto generador 2.

PROCEDIMIENTO	ILUSTRACIÓN
<p>Retirar la bomba de aceite que conforman la tapa, empaque, los lóbulos y el eje.</p>	
<p>Ubicar el sensor de posición y proceder a retirar la protección del sensor para después retirar el sensor.</p>	
<p>Quitar los pernos de las tapas de las cámaras de agua usadas para la refrigeración del moto generador 2.</p>	

CONTINÚA 

Al separar los dos moto generadores se aprecia la transmisión con cada uno de sus engranajes y se procede a desmontarlos.



Al separar los dos moto generadores se procede a sacar la tapa externa del moto generador 2, a la vez también sacar los pernos del sensor resolver del moto generador 2.

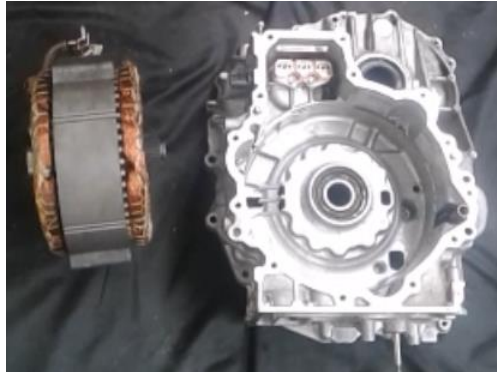


Desconectar los pernos que sujetan a las fases U, V y W; desconectar el socket del sensor resolver del moto generador 2.



CONTINÚA 

Se procede a sacar los pernos que sujetan a la bobina y al imán permanente a la carcasa de aluminio.



Con precaución se procede a separar el imán permanente de la bobina.






3.2.4. Armado del moto generador 2.

A continuación, en la *Tabla 14* se detalla el armado del moto generador 2. El cual está ilustrado mediante fotografías de cada paso a realizar.

Tabla 14

Procedimiento para el armado del moto generador 2.

PROCEDIMIENTO	ILUSTRACIÓN
<p>Después de ensamblar el sensor resolver en la carcasa y unir las carcasas de los dos moto generadores se procede a colocar el separador y la bobina.</p>	
<p>Colocar el imán permanente y apretar los pernos de las fases U, V y W del moto generador 2.</p>	
<p>Ensamblar el rotor del moto generador 2 teniendo en cuenta las guías del mismo en el imán permanente.</p>	

CONTINÚA 

Colocar la tapa de protección con la ayuda de sellante resistente a altas temperaturas.



Ensamblar las tapas de las cámaras de agua de los moto generadores.



Instalar la bomba de aceite y el sensor de posición ubicados a los lados del motor ensamblado completo



3.1. Sistema de transmisión

El sistema de transmisión está compuesto por relaciones de engranes epicicloidales para la conexión existente entre los dos moto generadores, mientras que la conexión hacia el tren de potencia se realiza mediante una relación directa de tres engranes helicoidales. En la *Tabla 15* se especifica los engranajes existentes y su número de dientes.

Tabla 15

Engranes del tren motriz de los moto generadores MG1 y MG2.

DENOMINACIÓN	IMAGEN	NÚMERO DE DIENTES
ENGRANE SOLAR 1		El engrane 1 tiene 24 dientes en el agujero interior, el cual sirve para la sujeción con el eje, mientras que en la cara exterior tiene 23 dientes de tipo helicoidal, con los cuales engrana en el tren motriz.
ENGRANE SOLAR 2		El engrane 2 tiene en la parte superior 30 muescas las cuales sirven como sujeción al eje y cuenta con 34 dientes helicoidales en la parte inferior, los cuales sirven como conexión al tren motriz.
PLANETARIOS Y PORTAPLANETARIOS 1		Este conjunto tiene ya sujeto el eje, el cual es el que sobresale en el moto generador 1, en los que cada planeta cuenta con 23 dientes, con un total de 4 planetas.

CONTINÚA 

CORONA
Lado Derecho



El lado derecho de la corona cuenta con 78 dientes, el cual va engranado con los 4 planetas que tienen 23 dientes

CORONA
Lado Izquierdo



El lado derecho de la corona cuenta con 57 dientes, el cual va engranado con los 4 planetas que tienen 18 dientes

CORONA
Cara Exterior



El engrane de la cara exterior de la corona tiene 54 dientes, el cual se conecta con el engrane 1 de 55 dientes.

CONTINÚA 

ENGRANE 1 Y 2

El engrane con diámetro mayor posee 55 dientes, mientras que el engrane de menor diámetro posee 25 dientes.

ENGRANE 3

El engrane 3 posee 77 dientes y está conectado al diferencial.

DIFERENCIAL

Los engranes de la parte superior e inferior del diferencial tienen 16 dientes, mientras que los de la derecha y la izquierda constan de 10 dientes.

CONTINÚA 

**PLANETARIOS Y
PORTAPLANETARIOS**
2



Este conjunto de planetario y portaplanetario consta de 5 planetas, los cuales constan de 18 dientes cada uno.

3.3.Módulo de control

3.1.1. Selección de los elementos electrónicos

La *Tabla 16* es la lista de materiales, los cuales constituyen un factor fundamental para la elaboración del módulo de control, puesto que nos permite determinar que motor está girando, mediante luces indicadoras y la selección y medición de los parámetros de funcionamiento del grupo motor generador del Toyota Highlander 2010.

Tabla 16

Elementos necesarios para la elaboración del módulo de control.

CANT	DESCRIPCIÓN
1	Disyuntor de 10A
1	Variador de frecuencia marca WEG 220V
2	Contactador 220V con bobina de 220V AC, 50 / 60 Hz, 3 polos, bornes de tornillo
1	Selector de 3 posiciones para operación de MG1 y MG2
1	Potenciómetro de 10K de 10 vueltas
12	Borneras
2	Pulsadores de marcha
2	Pulsadores de paro
2	Luces verdes

CONTINÚA 

2	Luces rojas
1	Tablero modular de 60X40
1	Ventilador de 220V
10	metros de cable flexible # 18 AWG azul
10	metros de cable flexible # 18 AWG rojo
3	juegos de canaletas ranuradas 40x40
25	metros de cable concéntrico 3 x 10AWG 600V
6	Borneras para bananas
100	Amarras plásticas 10cm

3.1.2. Programación del módulo de control

El variador de frecuencia contiene varios parámetros, sin embargo, se tomó en cuenta los más importantes para realizar la Tabla 17, tanto para MG1, como para MG2.

Tabla 17

Configuración de los parámetros del variador de frecuencia para MG1 y MG2.

Parámetro	Descripción	Programación	
		MG1	MG2
P100	Tiempo Aceleración	20	20
P101	Tiempo Desaceleración	10	10
P102	Tiempo Acel. 2ª Rampa	10	10
P103	Tiempo Desac. 2ª Rampa	8	8
P104	Rampa SRampa S	0	0
P105	Selección 1ª/2ª rampa	0	0
P106	Tiempo Acel. R. Emer.	10	10
P107	Tiempo Desac. R. Emer.	10	10
P120	Backup de la Ref. Veloc.	1	1
P121	Referencia vía HMI	19,6	19,6
P122	Referencia JOG	5,1	5,1
P133	Frecuencia Mínima	3	3
P134	Frecuencia Máxima	50	50
P135	Corriente Máxima Salida	20	20

P136	Boost de Torque Man.	20	20
P137	Boost de Torque Autom	0	0
P138	Compensación Deslizamiento	0	0
P139	Filtro Corriente Salida	0,05	0,05
P140	Filtro Com. Deslizamiento	0,5	0,5
P142	Tensión Salida Máxima	68.5	52
P143	Tensión Salida Intermed	36,5	28
P145	Frec. Inicio Enf. Campo	100	100
P146	Frec. Salida Intermed.	30	30
P151	Nivel Regulador Ud V/f	325	325
P156	Corriente Sobrecarga Velocidad Nominal	15	15
P157	Corr. Sobrecarga 50 % Vel. Nom.	20	20
P158	Corr. Sobrecarga 20 % Vel. Nom.	20	20
P202	Tipo de Control	1	1
P213	Factor Escala de la Barra	100	100
P281	Frecuencia Fx	7,7	7,7
P290	Corriente Ix	20	20
P293	Torque Ix	100	100
P297	Frec. de Conmutación	15	15
P299	Tiempo Frenado Arranque	1	1
P300	Tiempo Frenado Parada	1	1
P301	Frecuencia de Inicio	5	5
P302	Tensión Frenado CC	20	20
P331	Rampa de Tensión	3	3
P332	Tiempo Muerto	2,5	2,5
P399	Rendimiento Nom. Motor	65	65
P400	Tensión Nominal Motor	240	240
P401	Corriente Nom. Motor	20	20
P402	Rotación Nom. Motor	2500	2500
P403	Frecuencia Nom. Motor	50	50

P404	Potencia Nom. Motor	8	8
P409	Resistencia Estator	0,3	0,45

CONTINÚA 

3.2. Velocidades de control

Las velocidades son controladas mediante el variador de frecuencia, para esta investigación, se tomaron datos desde los 5 Hz, tomando intervalos de 5Hz hasta llegar a los 60 Hz.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Equipo de medición

4.1.1. Voltímetro Fluke 88V

El Fluke 88V tiene funciones de medición mejoradas, funciones de resolución de problemas y precisión para resolver más problemas en vehículos convencionales e híbridos. El 88V es el multímetro automotriz más poderoso ofrecido por Fluke. Además de tener todas las características estándar del multímetro, como la capacidad de medir voltaje, corriente, continuidad y resistencia, el 88V puede realizar mediciones de diodos y mediciones de ancho de pulso.

Este medidor puede tomar mediciones de corriente de hasta 20 A durante 30 segundos y 10 A de forma continua. («Multímetro automotriz para funciones de medición Fluke 88V serie V Deluxe», s. f.)



Figura 21. Multímetro Automotriz Fluke

4.1.2. Pinza amperimétrica

Es un instrumento de medición que permite medir la intensidad en conductores activos sin la necesidad de interrumpir el circuito.

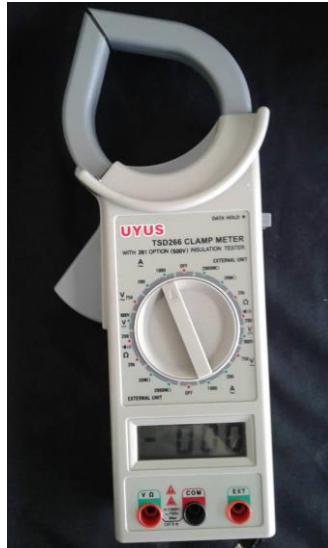


Figura 22. Pinza amperimétrica marca UYUS

4.1.3.Osciloscopio

Características del osciloscopio OTC 3840F.

- Analizador de 2 canales.
- Un cupo de muestreo de 25 MHz por canal para rápidas actualizaciones de datos.
- Mediciones y gráficos reales de RMS y GMM (Multímetro gráfico).
- Una exclusiva “trampa de fallas” captura, despliega y ocasionalmente salva formas anormales de señal en el modo de analizador para la prueba de componentes.
- Comparación en tiempo real entre las formas de onda real y formas de onda de referencia en la misma pantalla para la prueba de componentes.
- Pruebas preestablecidas permiten al usuario revisar en forma fácil y rápida la mayoría de sensores y actuadores.

- La potente información de referencia incorporada para cada prueba preestablecida incluye procedimiento de prueba y patrón de señal normal de referencia, teoría operativa e indicios para la localización de fallas.
- Un menú de ayuda extremadamente potente y extenso le permite encontrar respuestas rápidamente.
- El interface USB actualiza códigos y datos enviados por Internet.



Figura 23. Osciloscopio OTC 38040F

Tabla 18

Equipos ocupados para la medición de parámetros de funcionamiento.

Equipo	Descripción
Osciloscopio OTC 38040F	Con este equipo se aprecia la curva de funcionamiento en las diversas frecuencias marcadas por el variador de frecuencia
Multímetro Automotriz Fluke	Con este equipo se mide el voltaje de funcionamiento a las diversas frecuencias marcadas por el variador de frecuencia

CONTINÚA 

Pinza Amperimétrica	Con este equipo se mide el amperaje de funcionamiento a las diversas frecuencias marcadas por el variador de frecuencia
Tacómetro digital	Con este equipo se mide las RPM de funcionamiento a las diversas frecuencias marcadas por el variador de frecuencia

4.1.4. Curvas características de funcionamiento.

Tabla 19

Datos de frecuencia vs RPM en MG2.

FRECUENCIA	RPM MG2
5,0	63,5
10,0	125,6
15,0	187,4
20,0	249,4
25,0	315,3
30,0	377,1
35,0	439,0
40,0	504,0
45,0	564,0
50,0	630,4
55,0	693,3
60,0	752,0

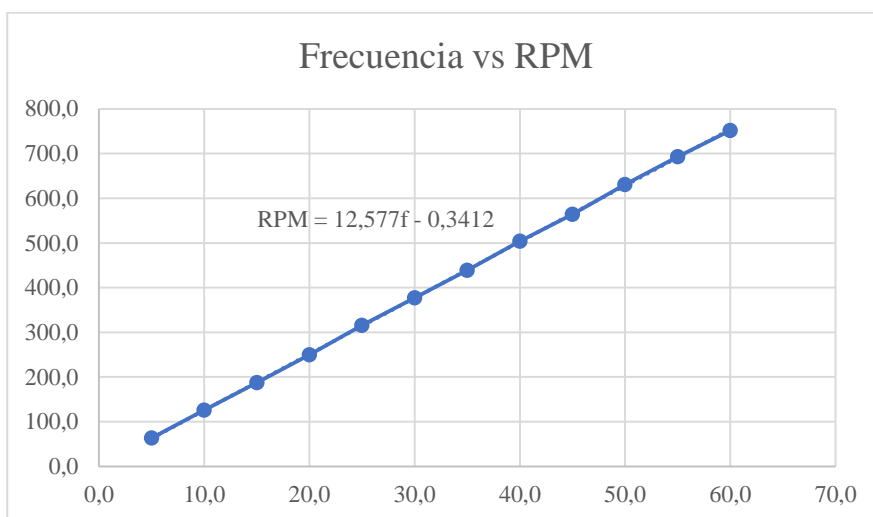


Figura 24. Tendencia de frecuencia vs RPM de MG2.

Análisis

En la curva de frecuencia-RPM se observa que la frecuencia es directamente proporcional a las RPM, la cual tiene una ecuación de $RPM = 12,577f - 0,3412$ y se podría reducir a $RPM = 12,577f$ ya que el valor de 0,3412 es despreciable.

Tabla 20

Datos de frecuencia vs voltaje en MG2.

FRECUENCIA	VOLTAJE MG2
5,0	22,0
10,0	22,2
15,0	24,1
20,0	28,9
25,0	37,5
30,0	46,8
35,0	56,4
40,0	63,3
45,0	69,0
50,0	73,2
55,0	77,1
60,0	80,0

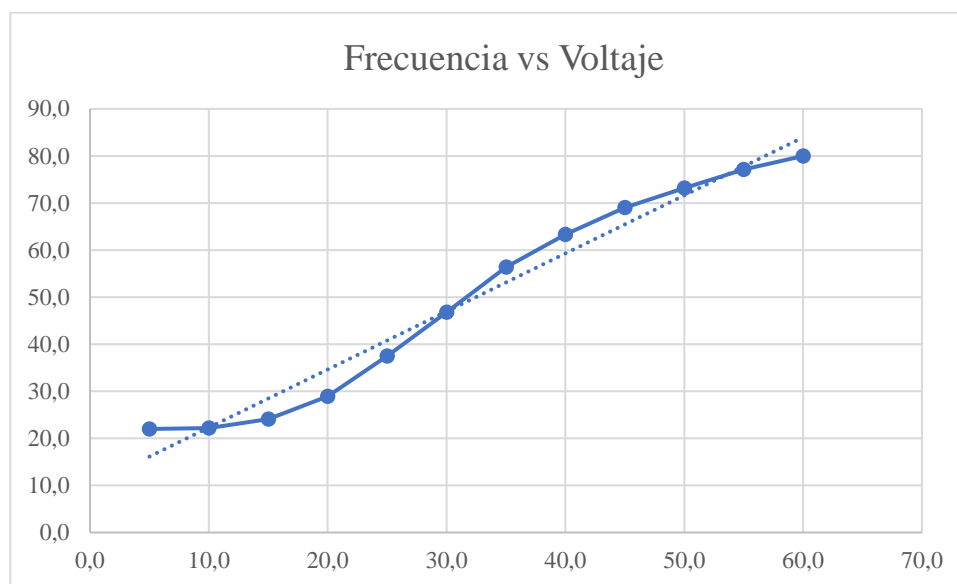


Figura 25. Tendencia de frecuencia vs voltaje de MG2.

Análisis

La curva de frecuencia-voltaje del moto generador 2 indica que el valor mínimo de voltaje que debe proporcionar el variador de frecuencia es de 20V para su funcionamiento hasta los 15 Hz, sin embargo al aumentar la frecuencia, se produce un aumento de voltaje que tiende a ser directamente proporcional, desde los 15 Hz hasta los 50 Hz en donde se puede observar que el voltaje empieza a incrementar con una menor pendiente hasta llegar a los 80V en los 60 Hz.

Tabla 21

Datos de frecuencia vs voltaje en MG1.

FRECUENCIA	VOLTAJE MG1
5,0	36,7
10,0	35,5
15,0	38,1
20,0	46,0
25,0	57,8
30,0	65,8
35,0	72,4

CONTINÚA →

40,0	77,0
45,0	86,8
50,0	92,2
55,0	98,1
60,0	102,9

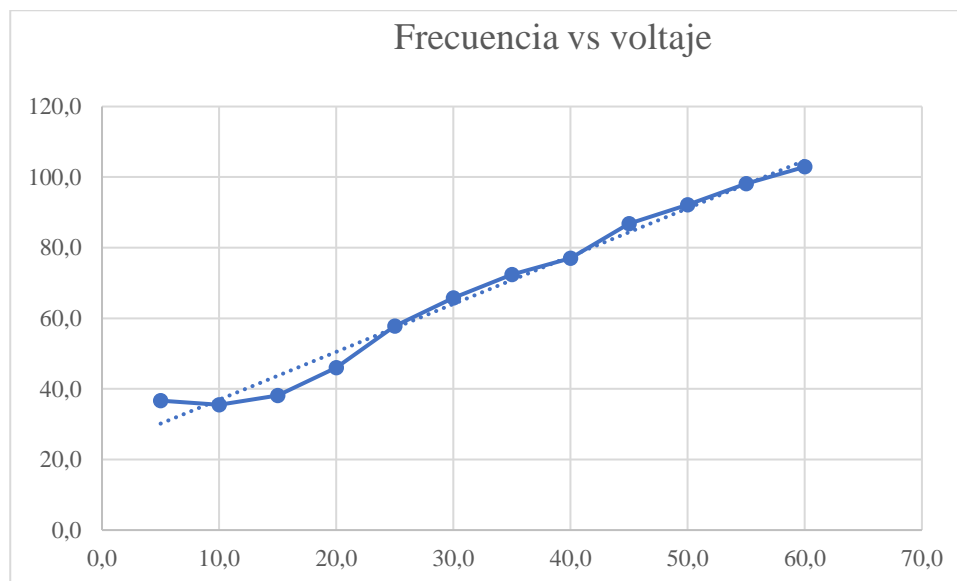


Figura 26. Tendencia de frecuencia vs RPM de MG1.

Análisis

La curva de frecuencia-voltaje del moto generador 1 indica que el valor mínimo de voltaje que debe proporcionar el variador de frecuencia es de 36,7 V para su funcionamiento hasta los 15 Hz, sin embargo al aumentar la frecuencia, se produce un aumento de voltaje que tiende a ser directamente proporcional, desde los 25 Hz hasta los 60 Hz en donde se puede observar que el voltaje llega a 102V.

Tabla 22

Datos de frecuencia vs corriente en MG2.

FRECUENCIA	CORRIENTE MG2
5,0	0,6
10,0	0,8
15,0	1,4
20,0	1,6
25,0	1,2
30,0	1,0
35,0	10,0
40,0	11,2
45,0	10,0
50,0	8,8
55,0	9,4
60,0	9,3

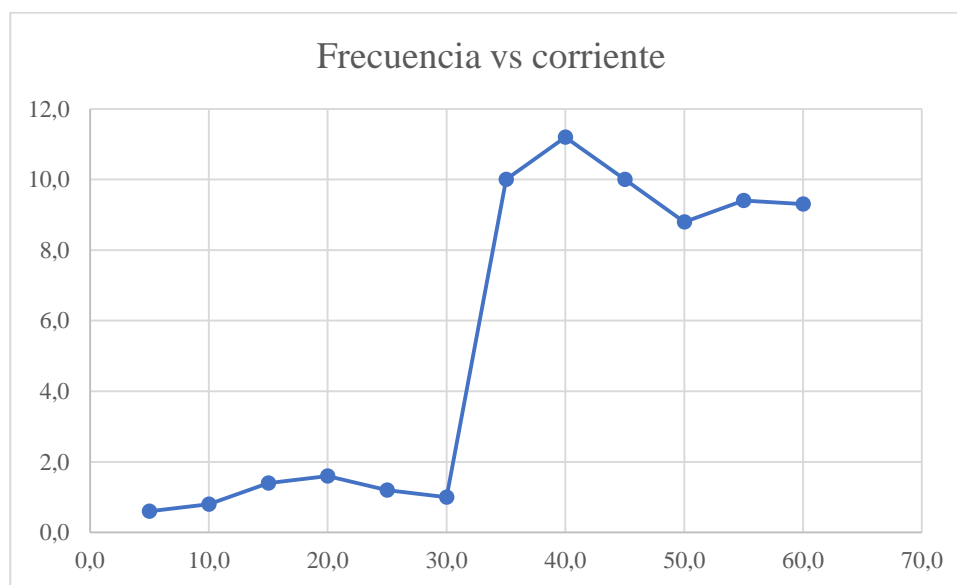


Figura 27. Tendencia de frecuencia vs corriente de MG2.

Análisis

En la figura de corriente frecuencia del moto generador 2 se observa que las corrientes de arranque no son muy altas puesto que, hasta 30 Hz, la máxima corriente obtenida es de 1,6 A. Sin embargo, desde 35 Hz la corriente tiende a incrementarse en un 600% aproximadamente, llegando al valor más alto que es de 11,2 A en 45 Hz. Para luego, en 50 Hz disminuir a 8,8 A y terminar estabilizándose en 9,3 A en los dos últimos valores de frecuencia.

Tabla 23

Datos de frecuencia vs corriente en MG1.

FRECUENCIA	CORRIENTE MG1
5,0	0,2
10,0	0,7
15,0	1,0
20,0	2,3
25,0	5,3
30,0	9,3
35,0	14,0
40,0	15,0
45,0	15,4
50,0	15,4
55,0	15,2
60,0	15,6

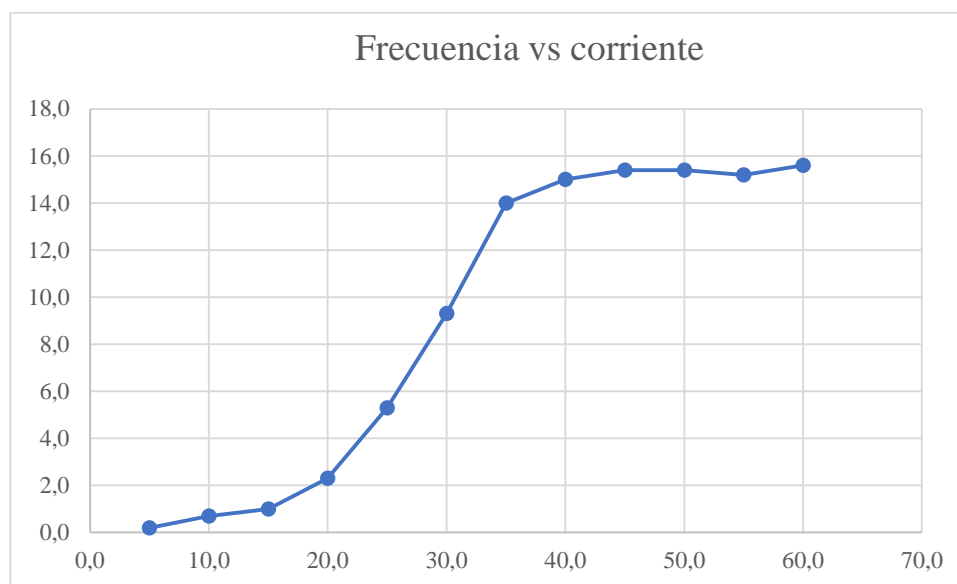


Figura 28. Tendencia de frecuencia vs corriente de MG1.

Análisis

En la figura de corriente frecuencia del moto generador 1 se observa que la corriente aumenta paulatinamente en el intervalo de 5 a 20 Hz, llegando a 2 A cuando obtiene 20 Hz. Mientras que en el intervalo de 20 a 45 Hz se obtiene un incremento proporcional llegando a su máximo valor de 15,4 A y estableciéndose en este valor a alcanzar los 60 Hz.

Tabla 24

Datos de frecuencia vs RPM de funcionamiento.

FRECUENCIA	RPM DE FUNCIONAMIENTO
5	63,5
10	125,6
15	187,4
20	249,4
25	315,3
30	377,1
35	439
40	504

CONTINÚA 

45	564
50	630
55	693,3
60	752

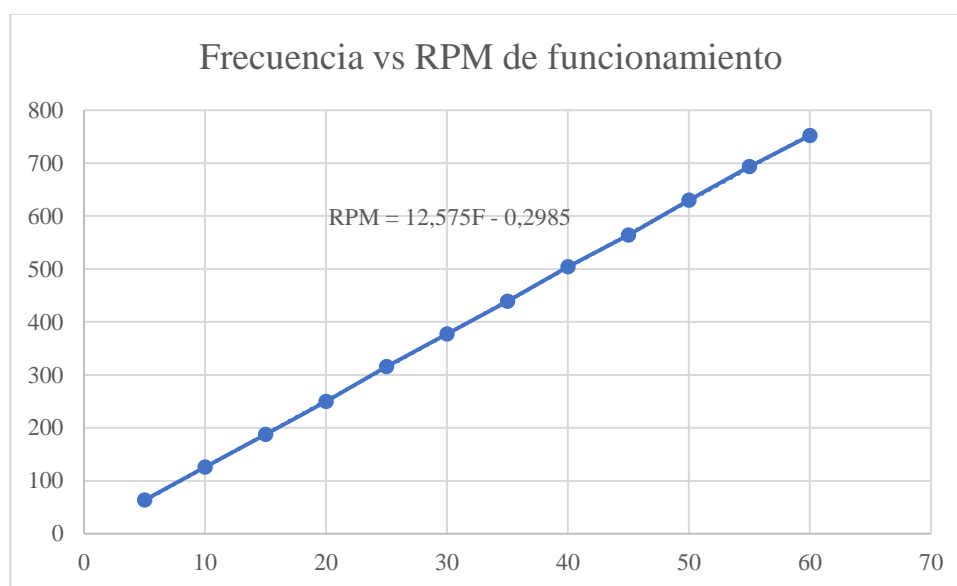


Figura 29. Tendencia de frecuencia vs RPM de funcionamiento.

Análisis

En la curva de RPM-Frecuencia, se obtiene una curva que denota una relación directamente proporcional, y similar a la curva que se obtuvo cuando el MG2 no se encontraba acoplado al MG1, la ecuación resultante de esta curva es $RPM = 12,575F - 0,2985$ en la que la pendiente es igual a la obtenida en la curva ya mencionada. En esta ecuación también se descarta la constante, puesto que es mínima comparada con los valores que se analizan.

Tabla 25

Datos de frecuencia vs voltaje de funcionamiento fase-fase.

FRECUENCIA	VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO FASE-FASE
5	10,8
10	12,7
15	16,3
20	20,3
25	24,2
30	30,2
35	35,9
40	39,6
45	42,4
50	45,5
55	48,7
60	51,6

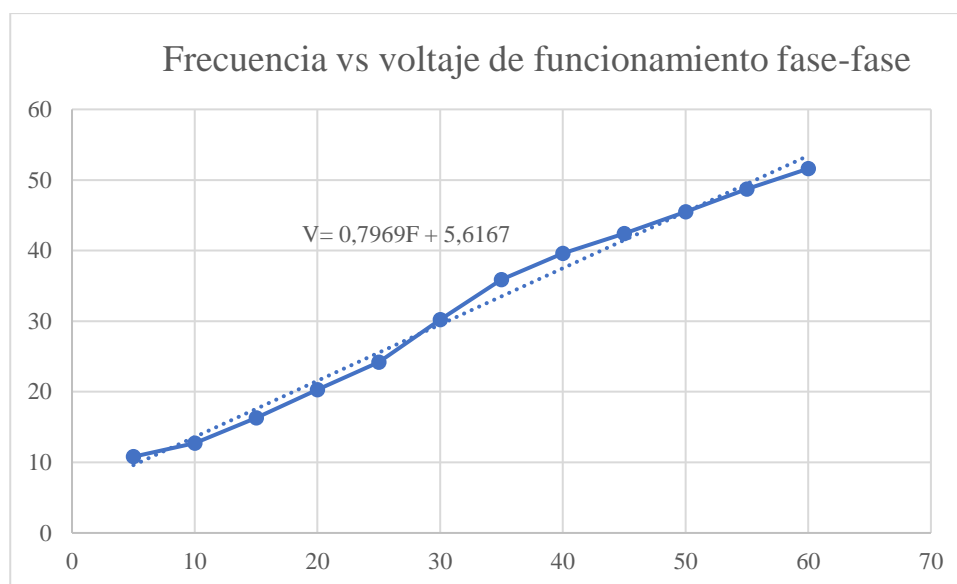


Figura 30. Tendencia de frecuencia vs voltaje de funcionamiento fase-fase.

Análisis

La curva muestra que el voltaje es directamente proporcional a la frecuencia con la cual se trabaja. Teniendo un valor mínimo de 10,8V y un valor máximo de 51,6V. Dando una ecuación de tendencia de $V=0,7969F+5,6167$

Tabla 26

Datos de frecuencia vs RPM de regeneración.

FRECUENCIA	RPM DE REGENERACIÓN
5	19
10	37
15	55
20	74
25	94
30	115
35	134
40	154
45	176
50	195
55	214
60	235

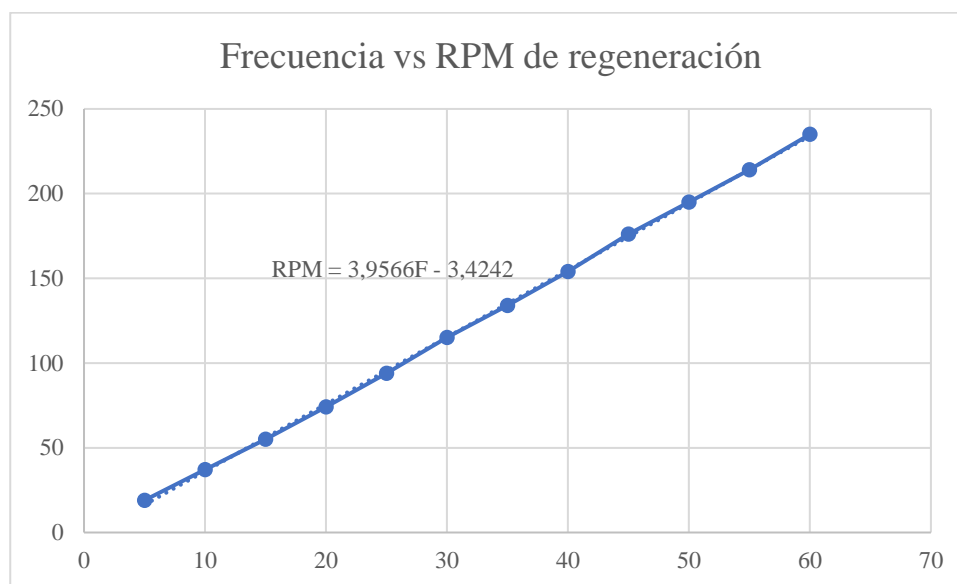


Figura 31. Tendencia de frecuencia vs RPM de regeneración.

Análisis

En la curva de RPM-Frecuencia del motor generador 2, se obtiene una curva que denota una relación directamente proporcional, la ecuación resultante de esta curva es $RPM = 3,9566F - 3,4242$ la que muestra una desmultiplicación considerable con respecto a las RPM del MG2.

Tabla 27

Datos de frecuencia vs corriente de regeneración.

FRECUENCIA	CORRIENTE DE REGENERACIÓN
5	1
10	1,3
15	1,3
20	1,9
25	1,8
30	1,9
35	1,8
40	1,2
45	1,3

CONTINÚA 

50	1,8
55	1,5
60	1,9

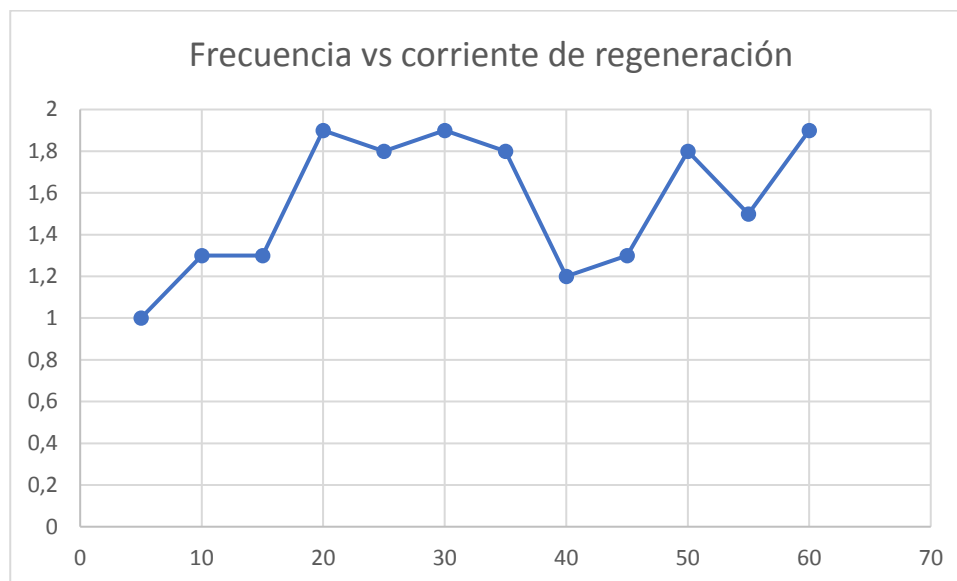



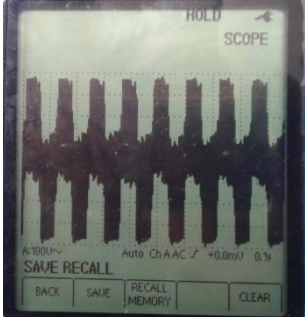
Figura 32. Tendencia de frecuencia vs corriente de regeneración.

Análisis

La corriente generada por el movimiento del motor se encuentra en un valor variable de entre 1 y 2 A. Sin embargo no se denota una curva de la cual se puedan extrapolar datos o tener una clara visión del proceso de regeneración.

Tabla 28

Curvas características con osciloscopio OTC 3480 para MG2.

CURVAS CARACTERÍSTICAS A DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA MG2.			
Valor de frecuencia [Hz]	Escala	Gráfica en el osciloscopio.	Análisis.
5 Hz	Voltaje = 100Vac Tiempo= 0.1 s		En el oscilograma se obtiene un periodo $T= 0.2$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 5 Hz.
10 Hz	Voltaje = 100 Vac Tiempo = 0.1 s		En el oscilograma se obtiene un periodo $T= 0.11$ ms, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 9.1 Hz.

CONTINÚA 

15 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.065$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 15.3 Hz.

20 Hz

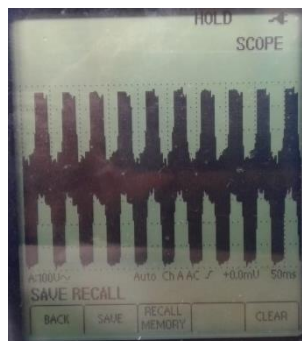
Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.05$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 20 Hz.

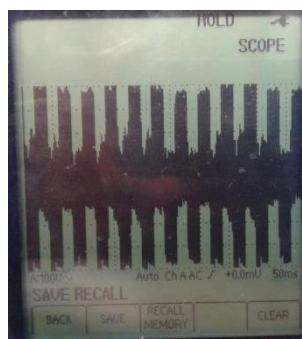
25 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.04$ s, y un voltaje máximo de 290 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 25 Hz.

CONTINÚA 

30 HzVoltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms

En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.033$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 30.3 Hz.

35 HzVoltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms

En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.028$ s, y un voltaje máximo de 300 V ac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 35.7 Hz.

40 HzVoltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms

En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.025$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 40 Hz.

CONTINUÍA 

45 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.022$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 45.5 Hz.

50Hz

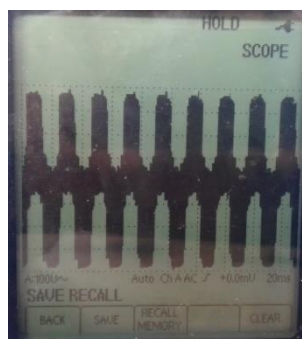
Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.02$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 50 Hz.

55 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.018$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 55.5 Hz.

60 Hz



Voltaje = 100 Vac
Timepo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.017$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 58.8 Hz.

Tabla 29

Curvas características con osciloscopio OTC 3480 para MG1.

CURVAS CARACTERÍSTICAS A DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA MG1.			
Valor de frecuencia [Hz]	Escala	Gráfica en el osciloscopio.	Análisis.
5 Hz	Voltaje = 100 Vac Tiempo = 0.1s		En el oscilograma se obtiene un periodo $T= 0.2$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 5 Hz.
10 Hz	Voltaje = 100 Vac Tiempo = 0.1s		En el oscilograma se obtiene un periodo $T= 0.1$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 10 Hz.

CONTINÚA 

15 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.065$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 15.4 Hz.

20 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 50 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.051$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 19.6 Hz.

25 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.04$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 25 Hz.

30 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.033$ s, y un voltaje máximo de 280 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 30.3 Hz.

CONTINÚA 

35 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.028$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 35.7 Hz.

40 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.024$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 41.6 Hz.

45 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.022$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 45.5 Hz.

50Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.02$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 50 Hz.

CONTINÚA 

55 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.018$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 55.5 Hz.

60 Hz

Voltaje = 100 Vac
Tiempo = 20 ms



En el oscilograma se obtiene un periodo $T=0.017$ s, y un voltaje máximo de 300 Vac, al aplicar la fórmula para frecuencia $F = \frac{1}{T}$ se obtiene que la frecuencia es de 58.8 Hz.

4.2. Parámetros de programación del variador de frecuencia para funcionamiento de MG1, MG2 y motores generadores armados.

Tabla 30

Programación de los parámetros de funcionamiento para MG2.

Programación para MG2	
Parámetro.	Programación.
P0142	El parámetro P0142 es el valor de Tensión de Salida Máxima, el cual se programa con un valor de 68 %.
P0143	El parámetro P0143 es el valor de Tensión de Salida Intermedia, el cual se programa con un valor de 37 %.

Tabla 31

Programación de los parámetros de funcionamiento para MG1.

Programación para MG1	
Parámetro.	Programación.
P0142	El parámetro P0142 es el valor de Tensión de Salida Máxima, el cual se programa con un valor de 52 %.
P0143	El parámetro P0143 es el valor de Tensión de Salida Intermedia, el cual se programa con un valor de 28 %.

Tabla 32

Programación de los parámetros de funcionamiento para MG1 y MG2 armados.

Programación para motores Generadores Armados	
Parámetro.	Programación.
P0142	El parámetro P0142 es el valor de Tensión de Salida Máxima, el cual se programa con un valor de 68,5 %.
P0143	El parámetro P0143 es el valor de Tensión de Salida Intermedia, el cual se programa con un valor de 36,5 %.

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos.

5.1.1. Recursos humanos

El recurso humano involucrado en el desarrollo de la investigación es el siguiente:

Tabla 33

Recursos humanos utilizados en el proyecto.

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Morales Toledo John Steven	1	Investigador
2.	Pilataxi Cauja Oscar Abel	1	Investigador
3.	Ing. Germán Erazo	1	Colaborador Científico

5.1.2. Recursos materiales

Para el desarrollo de la investigación fue necesario elementos y componentes que se presentan a continuación:

Tabla 34

Recursos materiales utilizados en el proyecto.

Ord.	Cantidad	Detalle	Costo unitario	Costo total USD
1	1	Motor generador	\$ 560.00	\$ 560.00
2	1	Estructura para el motor generador	\$150.00	\$ 150.00
3	1	Módulo de control	\$ 400.00	\$ 400.00
4		Recursos humanos		\$ 100.00
5		Accesorios		\$ 200.00
6		Documentación		\$ 50.00

CONTINÚA 

7	Pruebas	\$ 100.00
8	Imprevistos	\$ 200.00
TOTAL		\$ 1760,00

5.1.3. Recursos tecnológicos

Para cumplir con los objetivos de esta investigación es necesario contar con equipos que se mencionan a continuación:

Tabla 35

Recursos tecnológicos utilizados en el proyecto.

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo
1.	Computador personal	1	\$100
2.	Multímetro automotriz	1	\$ 300
3.	Osciloscopio	1	\$ 300
TOTAL			\$500

5.2. Presupuesto.

El presupuesto del proyecto titulado como: **“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO DEL GRUPO MOTO-GENERADOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO AL IMPLEMENTAR UN PROTOTIPO CON CONTROL DE INVERSIÓN”**

Tabla 36

Presupuesto utilizado en el proyecto.

Descripción	Costo total USD
Recursos materiales	\$1760.00
Recursos tecnológicos	\$500.00
Movilidad	\$100.00
TOTAL	\$2360.00

5.3.Cronograma



Figura 33. Cronograma de realización del proyecto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Al recopilar información teórica y técnica inherente a moto generadores, inversores y módulos de control de vehículos híbridos, se logró el funcionamiento del banco de pruebas.
- Al realizar el armado y desarmado del grupo motor generador de un vehículo Toyota Highlander 2010, se identificó los elementos de conformación y los elementos de transmisión de potencia de los moto generadores MG1 y MG2.
- Se recopiló información de corriente, voltaje, resistencia, potencia entre otros de un vehículo Toyota Highlander 2010 para captar todos los parámetros necesarios para el funcionamiento del moto generador; con la ayuda de elementos eléctricos, electrónicos y de un variador de frecuencia que a su vez tiene la función de actuar como inversor de corriente se implementó el prototipo de módulo de control, tomando en cuenta los parámetros eléctricos para la instalación y adecuada ubicación del moto-generador en un banco de pruebas donde se pueda apreciar los parámetros de frecuencia, revoluciones, corriente y voltaje.
- Se tabuló los datos obtenidos de corriente, voltaje y rpm de los moto generadores MG1 y MG2 mediante el programa Excel para su posterior análisis; además, se tabuló datos del grupo moto generador unido de corriente, voltaje y rpm de la función de regeneración que se obtiene al estar en constante funcionamiento.
- El moto generador de un vehículo híbrido consume altas cantidades de corriente, y depende del módulo de control, limitar los valores de corrientes para que el motor pueda funcionar de una manera eficiente.

- El moto generador de un Toyota Higlander tiende a tener un mayor consumo de corriente en el rango de 30 a 35 Hz, que representa la mitad del rango de velocidades a la cual se sometió la prueba.
- El moto generador de un Toyota Higlander es de tipo Brushless (sin escobillas), que cuenta con un imán permanente como rotor y bobinas como estator.
- El grupo moto generador del Toyota Higlander está unido mediante un tren epicicloidal, el cual transmite el movimiento rotacional del MG2 al MG1 y al conjunto diferencial que se encuentra en la misma carcasa, unido mediante un conjunto de engranes.
- El motor generador de un Toyota Highlander funciona mediante la variación de voltaje y de frecuencia. Por lo tanto, a mayor frecuencia, mayor voltaje, de acuerdo a la ecuación obtenida.
- Las curvas del osciloscopio no muestran una curva característica de una onda AC, puesto que es una onda generada mediante el proceso de conversión de AC-DC-AC, el osciloscopio nos muestra los disparos de los IGBTs para la formación de la onda, lo que explica que el área bajo la curva se encuentre sombreada, en cada una de las pruebas.
- Los valores máximos de voltaje del variador de frecuencia, muestra 300V AC en el osciloscopio, sin embargo el multímetro muestra un valor diferente, puesto que es un voltaje RMS de la onda generada.
- El MG2 del grupo moto generador del Toyota Higlander es el más potente, ya que es capaz de mover al tren epicicloidal, los engranes diferenciales y el rotor del MG1, que es el que genera voltaje.

- El voltaje generado es inservible si no se tiene un módulo de rectificación para convertirlo en un voltaje continuo, que podría servir para recargar una batería de 12V.
- Las RPM de los dos moto generadores son directamente proporcionales a la frecuencia de funcionamiento. Al tener las ecuaciones, se puede proyectar cual sería las RPM a diferentes valores de frecuencia.
- La frecuencia de salida que marca el variador de frecuencia, no es similar a la frecuencia que se aprecia en el osciloscopio. Varía en un rango de 0.5 a 3 Hz en cada uno de las pruebas.

6.2.Recomendaciones

- Ingresar a la página oficial de Toyota para descargar toda la información necesaria para la operación, mantenimiento y características del grupo motor generador.
- Se recomienda el uso de equipo de protección personal, como guantes aislantes para la manipulación del motor, puesto que la corriente generada en el variador aterriza en la carcasa y puede generar descargas eléctricas.
- No manipular los cables que se conectan a los moto generadores, puesto que el movimiento de uno de ellos resetea automáticamente al variador de frecuencia.
- Usar un variador de frecuencia con mayor capacidad de manejo de corriente, ya que el usado en esta investigación tiene un límite de 12 A.
- Se recomienda el estudio del sensor resolver, puesto que es una forma más exacta para saber las RPM del moto generador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, M. A., & Suárez, E. M. (2013). *Diseño y construcción de un banco didáctico funcional de una transmisión de un vehículo híbrido*.
- Araujo, E. (2015). *Estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido toyota prius*. Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil.
- Augeri. (2013). El módulo inversor del Toyota Prius. Recuperado 22 de marzo de 2018, de <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor.html?tmpl=component&print=1>
- Augeri, F. (2012). *Introducción al funcionamiento y diagnóstico de los vehículos híbridos.pdf*. Recuperado 22 de enero de 2018, de <http://www.cise.com/portal/descargas/file/17-introduccion-al-funcionamiento-y-diagnostico-de-los-vehiculos-hbridos.pdf.html>
- Castillo, F. X., & Torres, A. A. (2011). *Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz., Latacunga.
- Cevallos, Á. G., & Velasco, E. P. (2010). *Implementación de un sistema de control y programación de un prototipo de vehículo híbrido comandado a través de un PLC y variadores de frecuencia*. (B.S. thesis). ESPE, Latacunga.
- Chamorro, J. P. (2013). *Diseño de una estrategia para la gestión energética de un vehículo híbrido enchufable*.
- De la Carrera, J. A. M. (2004). *Control óptimo de la energía en un vehículo híbrido eléctrico empleando redes neuronales*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Edison Tech Center. (2015). *History of Electric Cars*. Recuperado 24 de enero de 2018, de <http://orcutt.net/weblog/wp-content/uploads/2015/07/History-of-Electric-Cars.pdf>

- Ehsani, M., Gao, Y., & Emadi, A. (2009). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design*. CRC press.
- Emadi, A., Lee, Y. J., & Rajashekara, K. (2008). Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(6), 2237-2245. Recuperado 24 de febrero de 2018, de <https://doi.org/10.1109/TIE.2008.922768>
- Gómez, D. R., & Roquet, J. V. (2012). Metodología de la investigación. *México: Red Tercer Milenio*. Recuperado 20 de enero de 2018, de <http://www.aliatuniversidades.com>
- Llumiquinga, J. B., & Poma, D. F. (2016). *Análisis de la transmisión de datos y comunicación en vehículos híbridos*. QUITO/UIDE/2016.
- Menchaca, H., & Mendoza, A. (2013). Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(2), 219-230.
- Multímetro automotriz para funciones de medición Fluke 88V serie V Deluxe. (s. f.). Recuperado 27 de junio de 2018, de <http://www.fluke.com/fluke/ares/multimetros-digitales/fluke-88v.htm?PID=56148>
- Pauta, E. G., & Miotto, A. I. (2014). *Estudio y descripción del inversor y motor generador posterior MGR de Toyota Highlander 2010*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Ruiz, R. (2007). *El Método Científico y sus Etapas*. México.
- Salcedo, F., & Coello, M. (2012). *Propuesta de implementación de taxis híbridos a gasolina y eléctricos en Cuenca*.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. de la L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1). McGraw-Hill México.

- Sánchez, L. (2008). Proceso de formación del investigador en el área tecnológica: El caso de los programas de Postgrado del CENIDET. *Revista de la educación superior*, 37(145), 7-23.
- Sotomayor, G., & Espinoza, N. G. (s. f.). El método científico.
- Suntaxi, V. G., & Haro, R. (2010). *Diseño y construcción de un prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz., Latacunga.
- Tabla, Cable y Motor eléctrico. (2018). Recuperado 7 de abril de 2018, de <https://www.pinterest.es/pin/328973947757244944/>
- Tenorio, C. F., & Vallejo, N. J. (2010). *Estudio, dimensionamiento y aplicaciones para el uso de ultracapacitores en el arranque de un motor asíncrono de 2HP, como respaldo al banco de baterías del prototipo de un vehículo híbrido realizado por el Ministerio de electricidad y energía renovable*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz., Latacunga.
- Tipos de enchufes I. (2005). Recuperado 4 de julio de 2018, de <http://www.otae.com/enchufes/TipoI.htm>
- Torres, D., Urriolagoitia-Sosa, G., Hernández-Gómez, L. H., Romero-Ángeles, B., Ruiz-Muñoz, E. R., & Ávalos-Villarreal, E. (2010). Diseño de un montaje experimental para determinar la rentabilidad técnica de un vehículo híbrido eléctrico. *Científica*, 14(1).
- Toyota Industries Corporation. (s. f.). Recuperado de <https://www.toyota-industries.com/products/automobile/electronics/inverter/>
- Toyota Motor Corporation. (2010). Toyota Motor Corporation. Recuperado 21 de marzo de 2018, de <https://www.toyota.com/owners/resources/owners-manuals/highlander-hv/2010>

Vilema, J. O., & Balderramo, M. J. (2015). Emulador de perfiles de carga de un vehículo eléctrico para aplicación en sistemas de suministro de energía basado en hidrógeno.

Weg. (2016). Convertidor de Frecuencia CFW300 V1.2X. Recuperado 13 de mayo de 2018, de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw300-manual-de-programacion-10003639158-1.2x-manual-espanol.pdf>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y

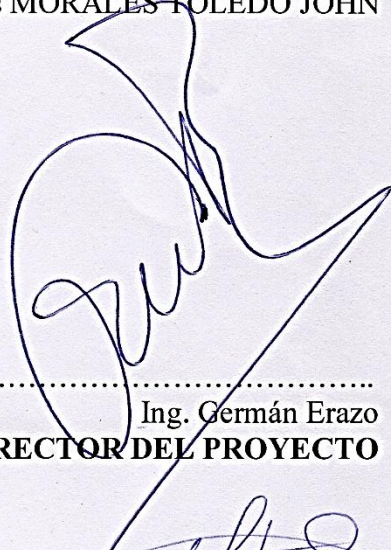
MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

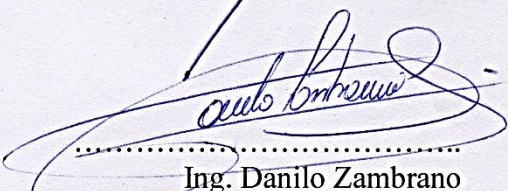
Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores MORALES TOLEDO JOHN STEVEN Y PILATAXI CAUJA OSCAR ABEL

En la ciudad de Latacunga a los 03 del mes de agosto del 2018


Aprobado por:



.....
Ing. Germán Erazo
DIRECTOR DEL PROYECTO



.....
Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE LA CARRERA



.....
Abg. Darwin Albán' Yáñez
SECRETARIO ACADÉMICO