



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

**“ESTUDIO DE UN GENERADOR ELECTRO
AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA REINGENIERÍA
ENFOCADO A LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA PARA
LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES EN UN MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA”.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: WALTER MARCELO RODRIGUEZ TUNDUAMA

ALEX JAVIER VEGA ZURITA

DIRECTOR: Ing. JOHNNY MARCELO PANCHAS RAMOS

Riobamba – Ecuador

2019

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

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica. **“ESTUDIO DE UN GENERADOR ELECTRO AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA REINGENIERÍA ENFOCADO A LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**, realizado por el señor: **Walter Marcelo Rodriguez Tunduama**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2019-07-19
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION	_____	2019-07-19
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2019-07-19

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

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica. **“Estudio de un generador electro automotriz mediante la reingeniería enfocado a la electrónica de potencia para la disminución de emisiones en un motor de combustión interna”**, realizado por el señor: **Alex Javier Vega Zurita**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2019-07-19
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION	_____	2019-07-19
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2019-07-19

© 2019, WALTER MARCELO RODRÍGUEZ TUNDUAMA y ALEX JAVIER VEGA ZURITA, egresados de la carrera de INGENIERÍA AUTOMOTRIZ de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del trabajo de titulación denominado **“ESTUDIO DE UN GENERADOR ELECTRO AUTOMOTRIZ MEDIANTE LA REINGENIERÍA ENFOCADO A LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**. Autorizamos la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Walter Marcelo Rodríguez Tunduama y Alex Javier Vega Zurita, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de julio de 2019

Walter Marcelo Rodríguez Tunduama

Cédula de Identidad: 172059129-4

Alex Javier Vega Zurita

Cédula de Identidad: 180413365-8

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios ser supremo que me brindo la mano en momentos difíciles, a mi padre Cesar Rodríguez por su apoyo ya que sin él no hubiese sido posible concluir mis estudios, a mi madre Inés Tunduama por brindarme su paciencia para guiarme, su cariño incondicional y fuerza moral, a mis hermanos, familia, a cada una de las personas que de una u otra forma me supieron dar su apoyo para culminar mi carrera universitaria.

Walter Marcelo Rodríguez Tunduama

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios por haberme dado la vida y por haberme permitido llegar hasta esta instancia tan importante de mi formación profesional, a mis padres y hermanos porque ellos estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi esposa e hija porque ellas han sido mi inspiración para lograr este objetivo a mis amigos, compañeros y aquellas personas que de una u otra contribuyeron para el logro de tan anhelado sueño.

Alex Javier Vega Zurita

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento más sincero es a Dios por otorgarme sabiduría y perseverancia en el camino de mis estudios.

A mis padres por la razón de que se dieron las formas de darme lo mejor y ayudarme a tomar las mejores decisiones.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme permitido ser parte de la institución, a mis docentes los cuales impartieron los conocimientos adquiridos en las aulas.

A mis compañeros, amigos, familia que en el tiempo que duro esta etapa convivimos buenos y malos momentos.

Walter Marcelo Rodríguez Tunduama

Agradezco a mi familia por su apoyo emocional y económico en el transcurso de toda mi vida estudiantil, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitir formarme profesionalmente y a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz por haber compartido sus conocimientos en especial a los ingenieros Vicente Rojas Y Johnny Pancha quienes me guiaron en el desarrollo del trabajo de titulación.

Alex Javier Vega Zurita

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
SIMBOLOGÍA.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Problematización.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 <i>Objetivo General.</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i>	4

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Estudio.....	5
2.2 Acumulador.....	5
2.3 Motor de combustión interna (MCI).	6
2.4 Emisiones vehiculares.....	6
2.5 Generador (alternador).....	7

2.5.1	<i>Partes de un alternador.</i>	8
2.5.1.1	<i>Polea.</i>	8
2.5.1.2	<i>Carcasa protectora.</i>	9
2.5.1.3	<i>Carcasa lado accionamiento.</i>	9
2.5.1.4	<i>Rotor o inductor.</i>	10
2.5.1.5	<i>Estator.</i>	10
2.5.1.6	<i>Regulador.</i>	14
2.5.1.7	<i>Puente rectificador de diodos.</i>	14
2.5.1.8	<i>Ventilador.</i>	15
2.5.2	<i>Principios de generación de corriente eléctrica por inducción electromagnética....</i>	15
2.5.2.1	<i>Principios del electromagnetismo.</i>	15
2.5.2.2	<i>Fundamentación de la generación de corriente alterna.</i>	16
2.5.3	<i>Principio de funcionamiento del alternador.</i>	19
2.5.4	<i>Magnitudes Influyentes.</i>	20
2.5.4.1	<i>Velocidad de giro.</i>	20
2.5.4.2	<i>Temperatura.</i>	20
2.5.4.3	<i>Vibraciones.</i>	20
2.5.4.4	<i>Otras influencias.</i>	21
2.6	<i>Correa de accesorios.</i>	21
2.6.1	<i>Tipos y funcionamiento.</i>	21
2.7	<i>Analizador de los gases de escape.</i>	22
2.8	<i>Electrónica de potencia.</i>	23
2.9	<i>Vehículos Eléctricos.</i>	26
2.9.1	<i>Funcionamiento.</i>	26
2.9.2	<i>Rendimiento y Eficiencia Energética.</i>	27
2.9.3	<i>La Entrega del Par.</i>	28

CAPITULO III

3.	DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1	Enfoque.....	29
3.2	Norma aplicable.....	29
3.2.1	<i>NTE INEN 2204:2016.....</i>	29
3.3	Modalidad de la investigación.	30
3.3.1	<i>Bibliográfica.</i>	30
3.3.2	<i>Experimental.....</i>	30
3.4	Tipo de investigación.....	31
3.4.1	<i>Descriptiva.....</i>	31
3.4.2	<i>Exploratoria.</i>	31
3.5	Árbol de problemas.	32
3.6	Procesos de construcción.....	33
3.6.1	<i>Diagrama de las etapas del prototipo.....</i>	33
3.6.2	<i>Reingeniería del Alternador.....</i>	34
3.6.2.1	<i>Secciones superpuestas.....</i>	36
3.6.2.2	<i>Desplazamiento entre fases para un sistema trifásico.....</i>	38
3.6.2.3	<i>Embobinado imbricado.</i>	40
3.6.2.4	<i>Bobinados en la práctica.....</i>	40
3.6.2.5	<i>Cálculo y obtención de parámetros de diseño.....</i>	41
3.6.3	<i>Motor Yamada.</i>	42
3.6.3.1	<i>Características.....</i>	42
3.6.4	<i>Batería.....</i>	43
3.6.4.1	<i>Características.....</i>	43
3.6.5	<i>Transformador EVL.....</i>	43
3.6.5.1	<i>Características.....</i>	44
3.6.6	<i>Motor Eléctrico</i>	44
3.6.6.1	<i>Características.....</i>	46

3.6.7	<i>Funcionamiento del prototipo</i>	46
-------	---	----

CAPITULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	50
4.1	Alternador Ford	50
4.1.1	<i>Rotor</i>	50
4.1.2	<i>Estator</i>	51
4.2	Alternador Chevrolet	54
4.2.1	<i>Rotor</i>	54
4.2.2	<i>Estator</i>	55
4.3	Conexión de alternadores en paralelo	58
4.4	Cálculos en alternadores	60
4.4.1	<i>Cálculos de alternador Ford</i>	60
4.4.2	<i>Cálculos de alternador Chevrolet</i>	62
4.5	Análisis de gases de escape	64
4.5.1	<i>Monóxido de carbono (CO)</i>	65
4.5.2	<i>Óxido de Nitrógeno (NOx)</i>	66
4.5.3	<i>Hidrocarburos (HC)</i>	66
4.5.4	<i>Material Particulado (Pm)</i>	66
4.6	Resultados de análisis de gases	67
4.6.1	<i>Marcha mínima Ralentí 1500 rpm</i>	67
4.6.2	<i>Máxima capacidad 3600 rpm</i>	69
4.7	Interpretación de gases contaminantes	71

	CONCLUSIONES	74
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	75
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Comparación de costos entre vehículos eléctricos y a gasolina.....	3
Tabla 1-3.	Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina.....	30
Tabla 2-3.	Características motor Yamada.	42
Tabla 3-3.	Características batería.....	43
Tabla 4-3.	Características transformador.	44
Tabla 5-3:	Características motor eléctrico	46
Tabla 6-3.	Símbolos eléctricos.....	47
Tabla 1-4.	Características del diseño original y rediseño del rotor.	51
Tabla 2-4.	Características del diseño original y rediseño del estator.	52
Tabla 3-4.	Datos de alternador Ford (diseño original) a 3600 rpm, sin consumidor.....	54
Tabla 4-4.	Características del diseño original y rediseño del rotor.	55
Tabla 5-4.	Características del diseño original y rediseño del estator.	55
Tabla 6-4.	Datos de alternador Chevrolet (diseño original) a 3600 rpm, sin consumidor.	58
Tabla 7-4.	Datos de alternador Ford (rediseñado) a 3600 rpm, sin consumidor.	58
Tabla 8-4.	Datos de alternador Chevrolet (rediseñado) a 3600 rpm, sin consumidor.....	58
Tabla 9-4.	Datos de alternador Ford (rediseñado) a 3600 rpm, con consumidor.....	59
Tabla 10-4.	Datos de alternador Chevrolet (rediseñado), con consumidor.....	59
Tabla 11-4.	Datos de emisión de gases a 1500 rpm.	68
Tabla 12-4.	Datos de emisión de gases a 3600 rpm.	70
Tabla 13-4.	Datos de emision de gases a 1500 rpm con consumidor.....	72
Tabla 14-4.	Resultados gases contaminantes emanados, 3600 rpm con consumidor	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Árbol de problemas.....	32
Gráfico 1-4. Cantidades de gases emanados a 1500 rpm.	69
Gráfico 2-4. Cantidades de gases emanados a 3600 rpm.	71
Gráfico 3-4. Cantidad de gases contaminantes emanados a 1500 rpm.	72
Gráfico 4-4. Cantidad de gases contaminantes emanados a 3600 rpm.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Batería	5
Figura 2-2. Motor de Combustión Interna	6
Figura 3-2. Composición de los gases de escape en un motor a gasolina.....	7
Figura 4-2. Alternador	8
Figura 5-2. Partes de un alternador.....	8
Figura 6-2. Polea.....	9
Figura 7-2. Carcasa lado accionamiento.....	9
Figura 8-2. Rotor o inductor del alternador.....	10
Figura 9-2. Estator o inducido del alternador.....	11
Figura 10-2. Representación de una conexión en estrella.....	11
Figura 11-2. Representación conexión estrella con voltajes de fase	12
Figura 12-2. Representación conexión triángulo	13
Figura 13-2. Regulador del alternador.....	14
Figura 14-2. Rectificador de diodos.....	14
Figura 15-2. Ventilador.....	15
Figura 16-2. a) Bobina b) Generación flujo magnético c) Representación f.e.m.....	16
Figura 17-2. Estructura básica de un generador AC	17
Figura 18-2. Símbolo y forma de la onda senoidal.....	17
Figura 19-2. Representación de la onda senoidal en un ciclo.....	18
Figura 20-2. Representación de ondas senoidales misma amplitud, distinta frecuencia	18
Figura 21-2. Funcionamiento de un alternador.....	19
Figura 22-2. Tensión alterna trifásica.....	20
Figura 23-2. Banda trapezoidal.....	21
Figura 24-2. Analizador de gases.....	22
Figura 25-2. Esquema de bloques de un sistema automático.....	23
Figura 26-2. Elementos de la electrónica de potencia.....	24
Figura 27-2. Interruptor para un circuito de potencia	25
Figura 28-2. Vehículo Híbrido.....	26
Figura 29-2. Aplicación de leyes del electromagnetismo en motores eléctricos	27
Figura 30-2. Perfil ideal de relación Par/potencia de.....	28
Figura 1-3. Estator rebobinado: a) Chevrolet b) Ford.....	34
Figura 2-3. Rotor rebobinado: a) Chevrolet b) Ford.....	34
Figura 3-3. Representación campo magnetico giratorio en generadores AC.....	35

Figura 4-3. a) madejas excéntricas b) madejas concéntricas.	36
Figura 5-3. a) Bobinas excéntricas b) bobinas concéntricas.	36
Figura 6-3. Unión de secciones para bobinados por polos.....	38
Figura 7-3. Unión de secciones para bobinados por polos consecuentes.....	38
Figura 8-3. Método para obtener parámetros de diseño de embobinado.	41
Figura 9-3. Transformador EVL 500W	44
Figura 10-3. Motor eléctrico.	45
Figura 11-3. Motor eléctrico Thors.....	45
Figura 12-3. Esquema de componentes eléctricos del prototipo.....	48
Figura 13-3. Diagrama de componentes del prototipo.....	49
Figura 1-4. Rotor o inductor Ford 12 polos, devanado de excitación modificado.....	50
Figura 2-4. Conexión en triángulo.	51
Figura 3-4. Alternador, Estator de 12 bobinados.	52
Figura 4-4. Conexión de los devanados en triángulo.....	53
Figura 5-4. Estator de alternador Ford	53
Figura 6-4. Rotor o inductor Chevrolet, devanado de excitación modificado.	54
Figura 7-4. Conexión estrella.....	56
Figura 8-4. Conexión punto neutro.	56
Figura 9-4. Estator de alternador Chevrolet.....	57
Figura 10-4. Conexión de los devanados en estrella.....	57
Figura 11-4. Voltaje obtenido al ingreso de bobinado primario de transformador.....	59
Figura 12-4. Voltaje obtenido a la salida de bobinado secundario de transformador	60
Figura 13-4. Fases de estator Ford.....	60
Figura 14-4. Fases de estator Chevrolet.....	62
Figura 15-4. Analizador de gases, MAHA.....	65
Figura 16-4. Análisis de gases a 1500 rpm sin consumidor.....	67
Figura 17-4. Análisis de gases a 1500 rpm con consumidor.....	68
Figura 18-4. Análisis de gases a 3600 rpm sin consumidor.....	69
Figura 19-4. Análisis de gases a 3600 rpm con consumidor.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Estructura de montaje
- Anexo B** Pruebas previas antes del rediseño del alternador
- Anexo C** Desmontaje de alternadores Chevrolet y Ford
- Anexo D** Estator y rotor Ford rediseñado
- Anexo E** Estator y rotor Chevrolet rediseñado
- Anexo F** Motor eléctrico
- Anexo G** Diferencial
- Anexo H** Prototipo Final
- Anexo I** Resultado obtenido a la salida del transformador
- Anexo J** Calibres de alambres de cobre esmaltados
- Anexo K** Resumen de fórmulas para obtener parámetros de diseño de embobinado

SIMBOLOGÍA

V_F	Voltaje de fase
V_L	Voltaje de línea
I_L	Corriente de línea
I_F	Corriente de fase
P	Potencia
F	Frecuencia
T	Período
G_f	Número de bobinados
p	Par de polos
q	Numero de fases
f_{em}	Fuerza electro motriz
N	Número de ranuras
m	Amplitud
PP	Paso polar
Y_k	Paso de ranura
Y_x	Pasos de unión posteriores
Y_y	Pasos de unión anteriores
Y	Número de pasos de la sección
RPM	Revoluciones por minuto
HC	Hidrocarburos
CO	Monóxido de carbono
CO₂	Dióxido de carbono
O₂	Oxígeno
NO_x	Óxido de nitrógeno

RESUMEN

Se realizó un estudio técnico y bibliográfico para perfeccionar un generador electro automotriz mediante la reingeniería enfocada al mejoramiento de la electrónica de potencia que proporcione una disminución de agentes contaminantes en un motor de combustión interna. El desarrollo de nuestro proyecto se inició mediante pruebas eléctricas y recolección de datos tomados de los generadores, considerando que el campo motriz principal es enviado por las revoluciones por minuto dadas. Teniendo como objetivo el analizar la teoría de generación energética mediante la reingeniería del alternador para la disminución de gases contaminantes, siendo incluidos elementos que fueron sometidos a análisis para verificar la capacidad de un acumulador que provoque un magnetismo adecuado en los alternadores ya rediseñados sometidos a cambios reingenieriles, mismos que permitieron un incremento en la energía eléctrica, la cual es enviada a un transformador el cual duplica la salida de la unión de los 2 alternadores y así produce una energía cinética en un motor eléctrico que ayuda a poner en funcionamiento un conjunto diferencial. Finalmente se alcanzó el prototipo deseado, con el que se realizó distintas pruebas obteniendo resultados satisfactorios en la electrónica de potencia y en la disminución de agentes contaminantes basados en valores máximos de Monóxido de Carbono, Material Particulado e Hidrocarburos, valores tomados de la Norma Ecuatoriana INEN 2204:2016, factores que fueron medidos por un analizador de gases; se recomienda para futuros diseños un motor de combustión interna con mejores características de funcionamiento y un sistema de recirculación de gases que evite el aumento de sustancias tóxicas hacia el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE INGENIERÍA>, <MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (M.C.I)>, <REVOLUCIONES POR MINUTO (R.P.M)>, <ELECTRÓNICA DE POTENCIA>, <PROTOTIPO>, <REINGENIERÍA>, <ALTERNADORES>, <AGENTES CONTAMINANTES>.

ABSTRACT

A technical and bibliographic study was carried out to improve an electro-automotive generator by reengineering focused on the improvement of power electronics that provide a decrease in pollutants in an internal combustion engine. The development of our project began with electrical tests and data collection taken from the generators, considering that the main driving field is sent by the given revolutions per minute. With the objective of analyzing the theory of energy generation through the reengineering of the alternator for the reduction of pollutant gases, including elements that were subjected to analysis to verify the capacity of an accumulator that causes adequate magnetism in the already redesigned alternators subjected to re-engineering changes, which allowed an increase in electrical energy, which is sent to a transformer which doubles the output of the junction of the 2 alternators and thus produces a kinetic energy in an electric motor that helps put into operation a differential set. Finally, the desired prototype was reached, with which different tests were carried out obtaining satisfactory results in the power electronics and in the reduction of pollutants based on maximum values of Carbon Monoxide, Particulate Material and Hydrocarbons, values taken from the INEN Ecuadorian Standard 2204: 2016, factors that were measured by a gas analyzer; It is recommended, for future designs, an internal combustion engine with better operating characteristics and a gas recirculation system that prevents the increase of toxic substances into the environment.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY, AND ENGINEERING SCIENCES>, <INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE)> <REVOLUTIONS PER MINUTE (RPM)> <POWER ELECTRONICS>, < PROTOTYPE >, <REENGINEERING>, <ALTERNATORS>, <CONTAMINATING AGENTS >.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología es el avance más efectivo que se ve día a día en todas las formas posibles, que va tomando decisiones acertadas, para en algunos casos el aumento de componentes con más avances tecnológicos que disminuyen aspectos que son favorables para el consumo humano y bienestar en el ecosistema. La innovación de autos eléctricos que cumplan ciertas características de calidad en su fabricación variando elementos que estén dentro de este sistema innovador.

Sus condiciones de uso cumplan normas en varios aspectos de funcionamiento en máxima capacidad de trabajo para que los resultados generados estén en un límite de eficacia excelente, cumpliendo valores determinados por ciertas entidades que permiten la aprobación de cantidades factibles a ciertos aspectos, como es la disminución de sustancias tóxicas emanadas por la combustión estequiométrica generada en el interior de un cilindro.

La información investigada y obtenida por catedráticos se ve extendida, en los conocimientos aplicables para el avance de componentes que mediante algunas manipulaciones y pruebas generadas en el ámbito de potencia se cumplió con mucha mayor factibilidad, siempre y cuando los aspectos que requieran ser sometidos a alteraciones tengan una base de información que cumpla con los objetivos y requerimientos planteados para su fin.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Problematización

Un vehículo eléctrico tiene costos de adquisición y mantenimiento extremadamente elevados y generan contaminación por ciertos componentes resultando afectados los consumidores y el ambiente, la presente investigación plantea como solución la reingeniería del alternador que proporcionará energía eléctrica a un motor de corriente alterna el cual la transformará en energía mecánica generando movimiento rotatorio, esto disminuirá sustancialmente los costos, proporcionando una energía similar y por consiguiente disminuirá las emisiones en un motor de combustión interna.

1.2 Justificación

Actualmente las empresas dedicadas al ensamblaje de vehículos buscan nuevas alternativas que permitan optimizar recursos, disminuir costos y mejorar las características que poseen los vehículos, es así que la mayoría se está enfocando a la fabricación de vehículos que tengan menor porcentaje de contaminantes hacia el ecosistema, así también se está hablando de forma globalizada de la responsabilidad social empresarial que debe ser adoptada y que sirve como marketing social. El presente proyecto plantea el estudio para la reingeniería del alternador que junto con un motor eléctrico de corriente alterna disminuyen las emisiones de gases contaminantes de un motor de combustión interna, en esta propuesta está implícito el estudio y la aplicación del principio de conservación de energía en lo que respecta a la producción de energía eléctrica a través de la conversión de energía mecánica con esto se puede observar que es posible aplicar un proceso de mejoramiento y modernización en sistemas convencionales de carga; siempre que se respeten las leyes que rigen el fenómeno físico y las características propias del sistema.

Un vehículo eléctrico es el futuro. Que sea una energía limpia se ha puesto en tela de juicio, recientes estudios publicados por el Instituto de Medio Ambiente de Suecia han resuelto que el proceso de fabricación de baterías eléctricas es contaminante emitiendo entre 150 y 200 toneladas de CO₂ al medio ambiente lo que equivale a las emisiones generadas por un vehículo convencional durante aproximadamente ocho años. (Sierra, 2017).

Los vehículos eléctricos tienen un valor más elevado que un vehículo de combustión interna sobre todo si están equipados con baterías de ión-litio. Aunque el precio de la energía que los mueve y el mantenimiento son menores, no son lo suficiente para amortizar el sobrecoste. Este sobrecoste se debe sobre todo a las baterías, que son la parte más cara del vehículo y la que menor vida útil tiene, de ahí la importancia de su cuidado.

Los automóviles eléctricos requieren de 24kWh en promedio para recorrer una distancia de 160 km. teniendo en cuenta que el recorrido anual es de 20000 km, la energía que consumirá anualmente es de 3000 kWh. Si el usuario carga su auto entre las 22:00 y 04:00, el precio del kilovatio hora bajará a 0,06 centavos de dólar. Si lo carga durante la mañana, el será de 0,08 centavos, que es la tarifa actual. Pero si lo carga entre la tarde y la noche, es decir, en hora pico, la tarifa subirá a 0,10 centavos con estos datos ya podemos hacer números y en si mostrar que el costo para la carga es elevado además el costo de mantenimiento puede ser mayor aun así si se toman precios de las baterías que rodea los 8000 y 10000 dólares. (Benitez, 2017)

Tabla 1-1. Comparación de costos entre vehículos eléctricos y a gasolina

Eléctrico		Gasolina	
Automóvil base	\$13600	Automóvil base	\$13600
Motor eléctrico	\$1200	Motor gasolina	\$1600
Electrónica y recarga	\$3400	Transmisión	\$700
Transmisión	\$300	Sistema de escape	\$200
Otros	\$350	Sistema de combustible	\$200
Baterías	\$10000	Baterías	\$150
TOTAL	\$28850	TOTAL	\$16450

Fuente: (Artés, 2012)

Realizado por: Alex Vega, Walter Rodríguez. 2018

La necesidad de la investigación surge con el objetivo de disminución de costos y contaminación ambiental que actualmente genera la utilización de las baterías de ion-litio, teniendo en cuenta el tamaño de las mismas con este proyecto se obtendrá una funcionalidad similar optimizando el espacio y eliminando el proceso de carga.

El principal beneficiario sería el sector automotriz y el medio ambiente debido a la disminución que brinda el estudio de gases contaminantes, además que la producción en masa abarataría aún más los costos y permitirían que se consoliden como empresas altamente competitivas a nivel internacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el estudio de un generador electro automotriz mediante la reingeniería enfocado a la electrónica de potencia para la disminución de emisiones en un motor de combustión interna.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la teoría de generación energética mediante la reingeniería del alternador para la disminución de gases contaminantes.
- Analizar un mecanismo de generación de movimiento a través de la conexión de alternadores para la amplificación de energía eléctrica.
- Analizar el funcionamiento por medio de parámetros para verificar la proporción de disminución de gases contaminantes.
- Obtener los resultados luego de haber realizado el estudio de un generador electro automotriz mediante la reingeniería enfocado a la electrónica de potencia para verificar la disminución de emisiones en un motor de combustión interna.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio

Es el esfuerzo que realizan las personas para desarrollar destrezas y capacidades intelectuales incorporando, analizando y desarrollando conocimientos mediante diversas técnicas. (Significados, 2017)

2.2 Acumulador

Se encargan de reservar energía eléctrica para su posterior uso, consisten en celdas galvánicas compuestas por dos electrodos de metales (formando ánodo y cátodo) y un electrolito. Los acumuladores mas usados por sus características en prestaciones y precios son los de plomo-ácido (reacción electroquímica). (Baterías Ecuador, 2019)



Figura 1-2. Batería

Fuente:(Baterías Ecuador, 2019)

2.3 Motor de combustión interna (MCI)

Es aquel que básicamente funciona por combustible, obtiene energía mecánica mediante la explosión de la composición química (aire – combustible), su funcionamiento depende de la energía que libera la explosión que se genera dentro de un cilindro. (De Castro Vicente, 1997: p.11)



Figura 2-2. Motor de Combustión Interna

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

2.4 Emisiones vehiculares

Las emisiones vehiculares partículas emanadas por el tubo de escape de un motor de combustión interna siendo una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, las emisiones vehiculares dependen de las características de la fabricación, tecnología y su sistema de control de emisiones. Si la combustión se realiza acorde a la relación estequiométrica, los productos serían H_2O , CO_2 y N_2 de los cuales ninguno es contaminante. Pero debido a que en la práctica la combustión sucede de manera incompleta se obtienen productos altamente contaminantes liberados hacia la atmósfera; como es el caso del monóxido de carbono CO , los óxidos de nitrógeno NO_x , e hidrocarburos HC . (Mafla y Ortiz, 2007, pp.9-10)

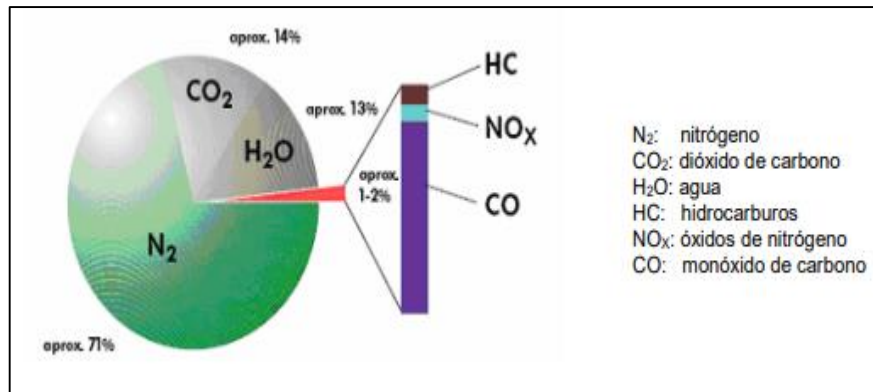


Figura 3-2. Composición de los gases de escape en un motor a gasolina

Fuente: (Mafla y Ortiz, 2007, pp.9-10)

Las revisiones vehiculares del Ecuador se basan con la norma INEN 2202, 2203, 2204 y 2205) y directrices estipuladas en ordenanzas municipales desde el 1 de julio del 2014. La 2204 es la que mantiene los límites establecidos y permitidos de emisiones contaminantes generadas por motores de combustión interna de gasolina, se toma más referencia a la gasolina ya que en su composición tiene más partículas de contaminación hacia el ecosistema, esta norma establece una cantidad máxima de monóxido de carbono (CO) un 6,5% y un mínimo de 1% en los gases emanados por el tubo de escape a una altura de 1500 msnm, este porcentaje depende del año de fabricación del motor de combustión interna. Los que son antes del año 1989 pueden tener un máximo del valor dicho anteriormente, los que son de fabricación a partir del año 2000 en adelante tienen un máximo de 1% de CO. (El Telégrafo, 2014)

2.5 Generador (alternador)

Los llamados comúnmente generadores son aquellos que cambian la energía mecánica en energía eléctrica, los cuales constituyen y dependen de los principios electromagnéticos para la operación que están destinados, los generadores tienen etapas o principios:

- Primer Principio: Se llama INDUCCIÓN o ACCIÓN DEL GENERADOR, en este principio el voltaje se induce a un conductor que está dentro del campo magnético, esto sucede cuando existe flujo magnético y se corta por el conductor. Este principio toma la energía mecánica para producir movimiento.
- Segundo principio: se le denomina ACCIÓN DEL MOTOR, este principio es la fuerza mecánica que existe entre los imanes, entonces, las fuerzas generadas entre los dos campos magnéticos producen el movimiento. (Enríquez Harper, 2004, p.1)



Figura 4-2. Alternador

Fuente:(Mecafenix, 2019)

2.5.1 Partes de un alternador

Un alternador consta de las siguientes partes:

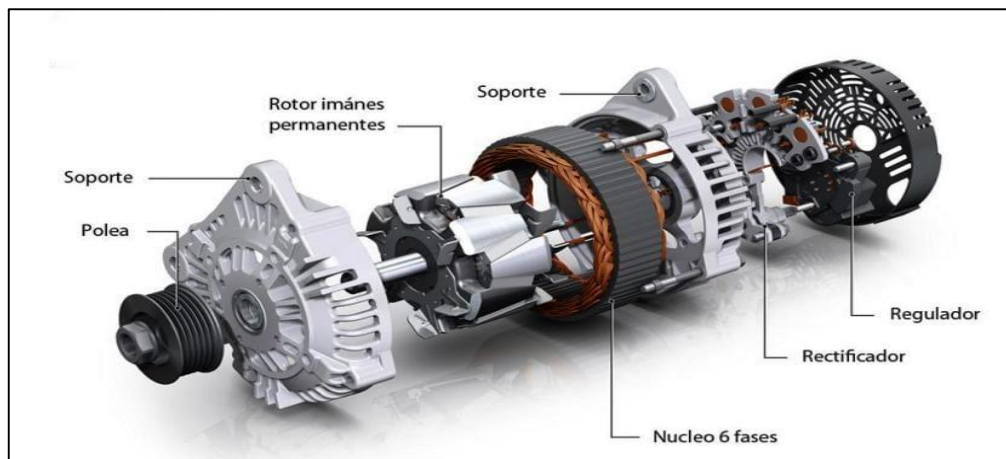


Figura 5-2. Partes de un alternador.

Fuente:(Navarrete, 2011)

2.5.1.1 Polea.

Fabricada de materiales no conductores, tiene un movimiento estático giratorio que mediante una correa transmite la fuerza mecánica ejercida por el motor de combustión interna, va conectada al eje de accionamiento con la finalidad de hacer mover al inductor o rotor. (Navarrete, 2011)



Figura 6-2. Polea.

Fuente: (EuroTaller, 2013)

2.5.1.2 Carcasa protectora.

Es una pieza de aluminio obtenida por fundición, donde se monta el porta escobillas, fijado a ella por tornillos. De esta misma carcasa salen los bornes de conexión del alternador y en su interior se aloja el cojinete que sirve de apoyo al extremo del eje del rotor.

2.5.1.3 Carcasa lado accionamiento.

Esta elaborado de aluminio fundido, es la carcasa de la parte del estator en su alrededor tiene bridas para la que le sujete al motor de combustión, las dos carcasas tienen una estabilidad al cerrar y apretar con tornillos así en su interior quedan el rotor, estator y puente rectificador. (Meganeboy, 2014)



Figura 7-2. Carcasa lado accionamiento

Fuente: (Oscaro, 2008)

2.5.1.4 Rotor o inductor.

Es la parte móvil rotativa del alternador el cual genera campo magnético mediante un electroimán que recibe corriente del regulador enviados por los anillos rozantes que se encuentran en el eje de accionamiento, genera corriente eléctrica en el inducido, aquí es donde se produce la transformación de energías. Los elementos que conforman el rotor es el núcleo construido y envuelto de Hierro al silicio, alambres de cobre para el inductor. (Mateos Aparicio, 2019)

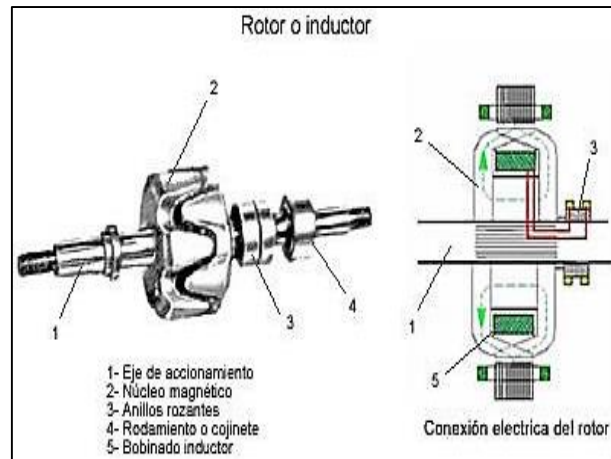


Figura 8-2. Rotor o inductor del alternador

Fuente: (Meganeboy, 2014)

2.5.1.5 Estator

Es la parte fija del alternador que sirve como base cuando gira el rotor o inductor, las bobinas del estator forman bucles alrededor del campo magnético creado por el rotor que, cuando gira, induce corriente en ellas. Por esta razón se denominan bobinas inducidas. Toda la corriente que se genera en un alternador se genera en las 3 bobinas del estator, también llamadas fases. (Navarrete, 2011)

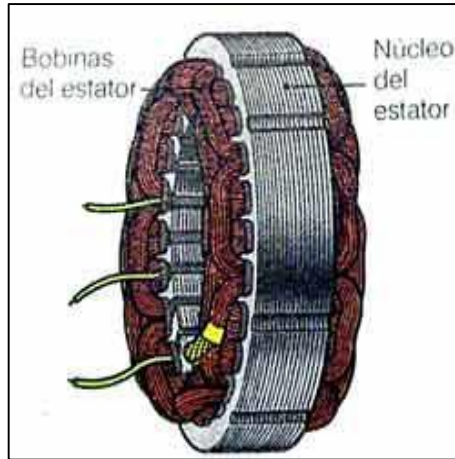


Figura 9-2. Estator o inducido del alternador

Fuente: (Celis, 2008)

Los bobinados de un estator pueden ser conectados en estrella o triángulo obteniéndose por cualquiera de las dos formas corriente alterna al final de sus bornes.

- **Conexión Estrella**

En esta conexión los devanados de fase de un generador se conectan de manera que el final de cada devanado se unan en un punto común y los comienzos de los mismos sean conectados a los conductores de línea. A continuación observamos la representación de la conexión estrella con sus respectivas relaciones. (Mujal Rosas, 2000, p.26)

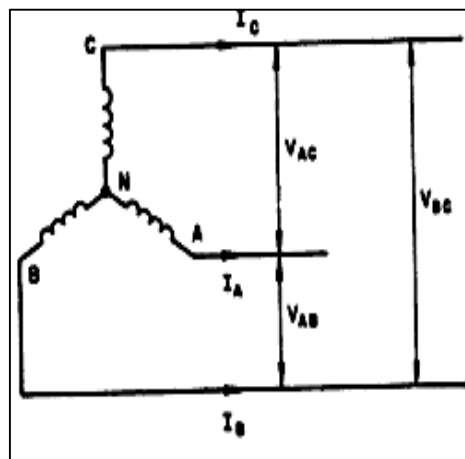


Figura 10-2. Representación de una conexión en estrella

Fuente: (Enriquez Harper, 2005, p.53)

En la representación gráfica tenemos a N como neutro de la conexión, V_{AB}, V_{BC}, V_{AC} estos son los voltajes conocidos como lineales, y si consideramos un sistema balanceado o igual tenemos que todos los valores en magnitud son iguales y tienen un desplazamiento de 120° eléctricos entre sí ($V_{AB}=V_{BC}=V_{AC}=V_L$). Podemos observar en los sistemas trifásicos de 4 hilos el neutro es el punto de referencia y los voltajes que genera o referidos al punto neutro son llamados Voltajes de fase. Es decir que $V_{AN}=V_{BN}=V_{CN}=V_F$. (Enriquez Harper, 2005, p.53)

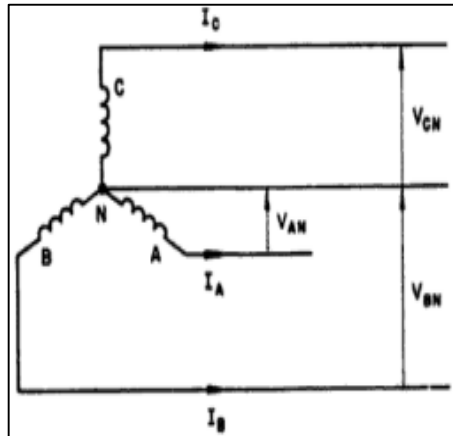


Figura 11-2. Representación conexión estrella con voltajes fase

Fuente: (Enriquez Harper, 2005, p.53)

La relación para esta conexión entre los voltajes de línea y voltajes de fase es:

$$V_L = \sqrt{3}V_F$$

Las corrientes de línea (I_A, I_B, I_C) que circulan por cada fase son las mismas, y si el sistema es balanceado en magnitud es:

$$I_A = I_B = I_C = I_L ; \quad I_L = I_F$$

Potencia aparente por cada fase es :

$$P_F = V_F I_F$$

Potencia aparente Total de 3 fases:

$$P = 3 V_F I_F \quad ; \quad V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} ; \quad I_L = I_F$$

Entonces:

$$P = 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} * I_L = \sqrt{3} I_L V_L$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \quad (\text{Enriquez Harper, 2005, p.54})$$

- **Conexión delta o triángulo**

Se la conoce así por su representación gráfica, este tipo de conexiones son cerradas porque se conectan el final de una fase del devanado con el inicio de otra fase.

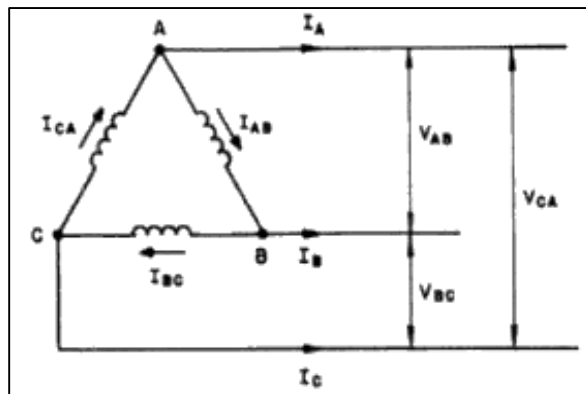


Figura 12-2. Representación conexión triángulo

Fuente: (Enriquez Harper, 2005, p.55)

Voltajes conocidos como los de línea en la **Figura 12-2** son V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} y son idénticos en magnitud, tiene defases de 120° eléctricos entre sí, y si es así entonces se conoce que el sistema es balanceado. $V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_L$ tenemos que V_L es el voltaje de línea y el valor al voltaje de fase también es igual.

$$V_L = V_F$$

Las corrientes $I_A = I_B = I_C$ son iguales si se encuentran en un sistema balanceado y también si están con defases de 120° eléctricos entre sí.

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

En las corrientes de fase si el sistema se encuentra balanceado se obtiene:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_F$$

Relación entre las corrientes de línea y corriente de fase es:

$$I_L = \sqrt{3} I_F$$

La potencia aparente esta definida de dos formas :

$$P=\sqrt{3} V_F I_F \quad \text{ó} \quad P=\sqrt{3} V_L I_L \quad (\text{Enriquez Harper, 2005, pp. 55-56})$$

2.5.1.6 Regulador

Su función es mantener el voltaje constante máximo a la salida del alternador de 14.5 voltios, y constante al sistema eléctrico del automóvil, independientemente de las rpm y carga generada. (Mateos Aparicio, 2019)

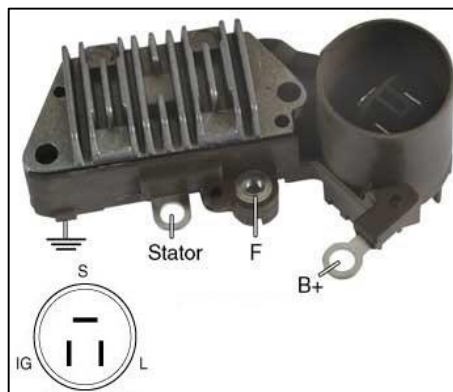


Figura 13-2. Regulador del alternador

Fuente: (Meganeboy, 2014)

2.5.1.7 Puente rectificador de diodos

Tiene la finalidad de convertir la corriente alterna (Corriente final del alternador) en corriente continua, está conformado por 6 o 9 diodos de silicio en un puente colocado fijamente a la carcasa de los anillos rozantes conectados a cada una de las fases del estator. (Navarrete, 2011)



Figura 14-2. Rectificador de diodos

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.5.1.8 Ventilador

Es un acondicionamiento para el alternador debido a que la temperatura varía, sus componentes llegan a temperaturas muy elevadas cuando está en funcionamiento por esta razón de la ventilación es necesaria (Meganeboy, 2014)

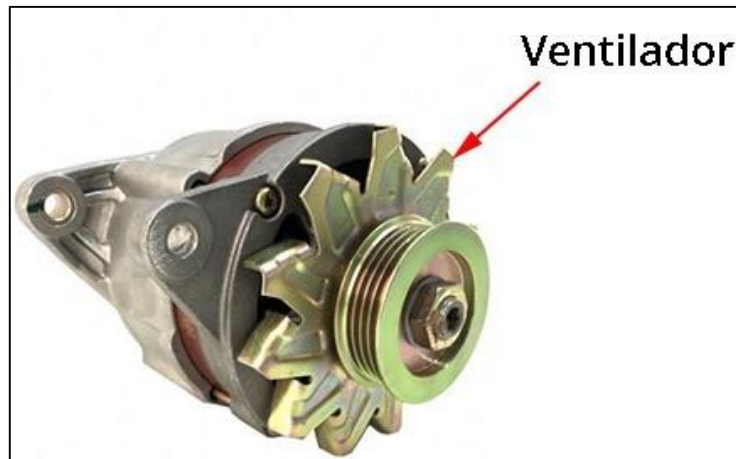


Figura 15-2. Ventilador

Fuente: (Mecafenix, 2019)

2.5.2 Principios de generación de corriente eléctrica por inducción electromagnética

Todo se basa mediante el principio de Faraday descubierto en 1831, el electromagnetismo, que consiste en generar corriente mediante dos elementos, una bobina e imanes.

2.5.2.1 Principios del electromagnetismo.

1. El campo magnético es generado por la circulación de corriente eléctrica.
 2. El movimiento relativo entre un conductor (bobina) y un campo magnético genera electricidad.
- (Hermosa Donate. 1999, p.51)

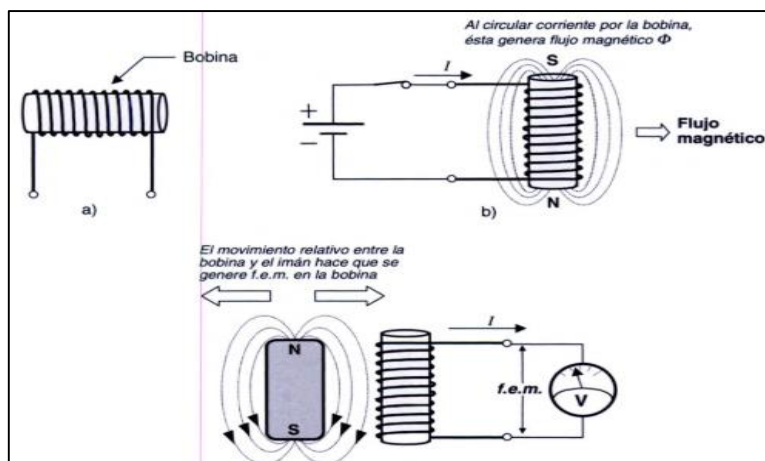


Figura 16-2. a) Bobina b) Generación flujo magnético c) Generación de f.e.m
Fuente: (Hermosa Donate. 1999, p.51)

Se produce flujo magnético siempre y cuando la corriente continua se haga circular en una bobina, su comportamiento es como la de un imán. Y si existe movimiento relativo entre una bobina y un imán, en la bobina se genera una fuerza electromotriz. Según Faraday la f.e.m inducida en un conductor (bobina) depende del flujo y del tiempo empleado. (Hermosa Donate. 1999, p.51)

2.5.2.2 Fundamentación de la generación de corriente alterna

La corriente alterna se fundamenta por su sentido de circulación, va cambiando periódicamente ya que constantemente su polaridad se va alternando, llamada también corriente bidireccional.

Los generadores de corriente alternan tienen cierto número de espiras conectadas en serie, la corriente alterna se caracteriza por los electrones que circulan en un sentido y después en otro, no solo por el voltaje del circuito, sino también por el número de alternancias por segundo, un par de alternancias, es decir un flujo anti horario, más un flujo horario constituye un Hertz o llamado también ciclo por segundo (cps).

La estructura elemental para la generación de la corriente alterna se basa en polos magnéticos “inductor”, y en una bobina llamado también “inducido”, en el cual mediante movimientos repetitivos se genera la fuerza electromotriz. La magnitud de la f.e.m depende de la fuerza magnética del inductor, la velocidad de giro de la bobina del inducido y número de espiras. (Hermosa Donate. 1999, p.122)

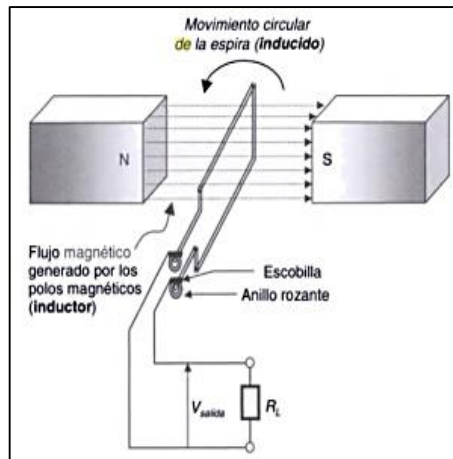


Figura 17-2. Estructura básica de un generador AC

Fuente: (Hermosa Donate. 1999, p.122)

La energía eléctrica que se obtiene es alterna y de forma senoidal. Una tensión alterna de forma senoidal da lugar a una corriente cuyo sentido de circulación y magnitud van cambiando de forma periódica según el tiempo y la fuerza generada. (Hermosa Donate. 1999, p.123)

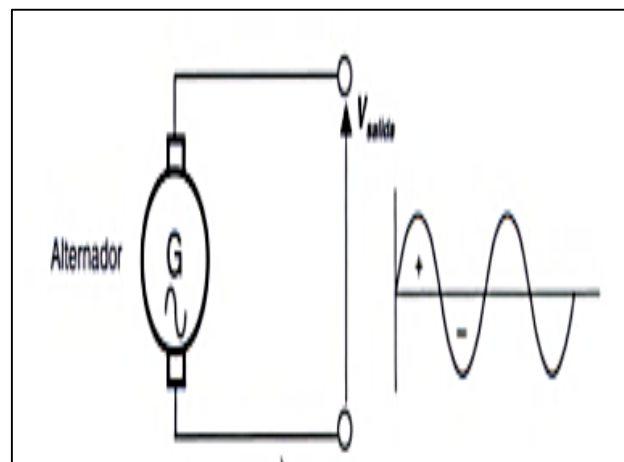


Figura 18-2. Símbolo y forma de la onda senoidal

Fuente: (Hermosa Donate. 1999, p.123)

Las magnitudes influyentes para la generación de la corriente trifásica son:

- **Ciclo:** es el recorrido completo que hace la onda y se repite periódicamente. Como en la *figura 19-2* el recorrido se genera un ciclo, una onda completa y es por esta razón que en algunos casos los ciclos de las ondas son divididos mediante radianes o grados.

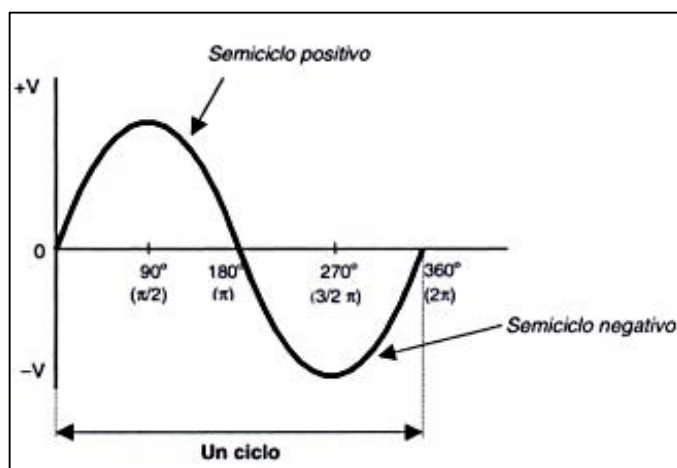


Figura 19-2. Representación de la onda senoidal en un ciclo

Fuente: (Hermosa Donate. 1999, p.128)

- **Período:** es el tiempo tomado para generar un ciclo, una vuelta completa del inducido en el generador, se expresa por T la unidad es el segundo(s), en conclusión la anchura de las ondas o un ciclo indica un tiempo.
- **Frecuencia (f):** es el número de ciclos que se generan por segundo, su unidad es el hercio (Hz). Se deduce que la frecuencia es la inversa del periodo; cuanto menor tiempo dura el periodo, mayor es la frecuencia. $f = \frac{1}{T}$. (Hermosa Donate. 1999, p.128)

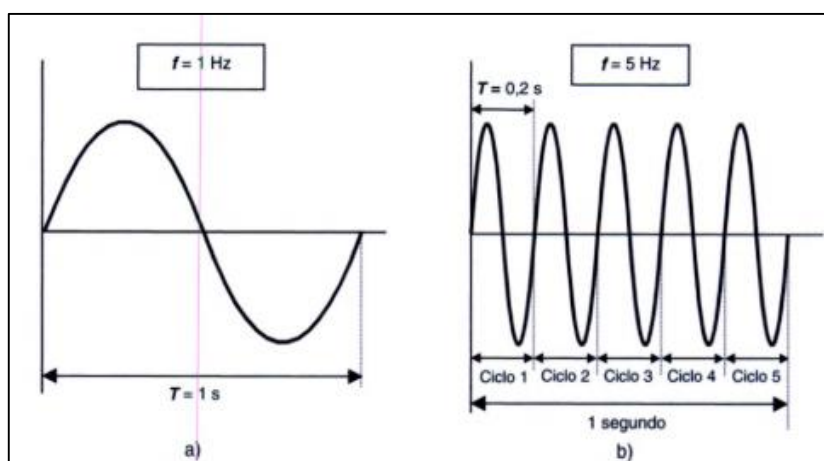


Figura 20-2. Representación de ondas senoidales misma amplitud, distinta frecuencia

Fuente: (Hermosa Donate. 1999, p.128)

2.5.3 Principio de funcionamiento del alternador

El principio de funcionamiento de un alternador se base en el electromagnetismo; es decir cuando el rotor excitado con corriente continua a través de las escobillas y anillos rozantes empieza a girar, induce en los arrollamientos del estator una diferencia de potencial o tensión inducida.

Según (Enriquez Harper, 2004) se puede usar la figura 21-2, que representa un generador elemental, en donde el campo magnético principal viene de un par de imanes permanentes. En la cara del polo norte se encuentre en frente de la cara del polo sur, la forma curvada de los polos produce el campo más intenso. La bobina de la armadura esta devanada sobre el rotor, cada extremo de esta bobina esta fijo a su propia banda metálica, estas bandas se llaman anillos rozantes y es donde aparece el voltaje generado.

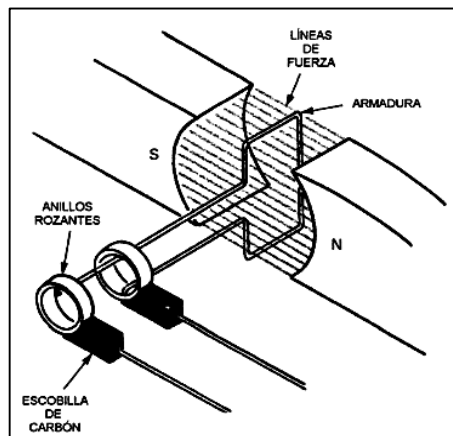


Figura 21-2. Funcionamiento de un alternador

Fuente: (Enriquez Harper, 2004, p. 3)

Para coleccionar el voltaje generado, se debe tener en trayectoria eléctrica de los anillos rozantes a las terminales del generador, esto se hace con pequeñas piezas metálicas o de carbón llamadas escobillas, que se encuentran fuertemente fijadas a los anillos rozantes por medio de resortes, en la medida que la bobina gira, los conductores cortan el campo magnético, esto produce el voltaje inducido en la bobina. (Enriquez Harper, 2004, p. 3).

La corriente trifásica en los alternadores se genera mediante un movimiento giratorio, una ventaja de la corriente alterna trifásica es que permite un mejor aprovechamiento del alternador. Según este principio, existen en el inducido tres devanados iguales e independientes desplazados 120° entre sí. Es usual designar con U, V, W los principios del devanado y con X, Y, Z los finales,

según el principio de la inducción, al girar el rotor se forman en los devanados tensiones senosoidales de igual magnitud y frecuencia. Debido al desplazamiento de 120° entre los devanados las tensiones alternas generadas en los mismos se encuentran desfasadas entre sí 120° , y por ello están también desfasadas en el tiempo. De esta forma tiene lugar un ciclo que se repite constantemente. La corriente alterna trifásica resultante produce un campo magnético giratorio en un motor adecuado. (Bosch, 2000, p.9)

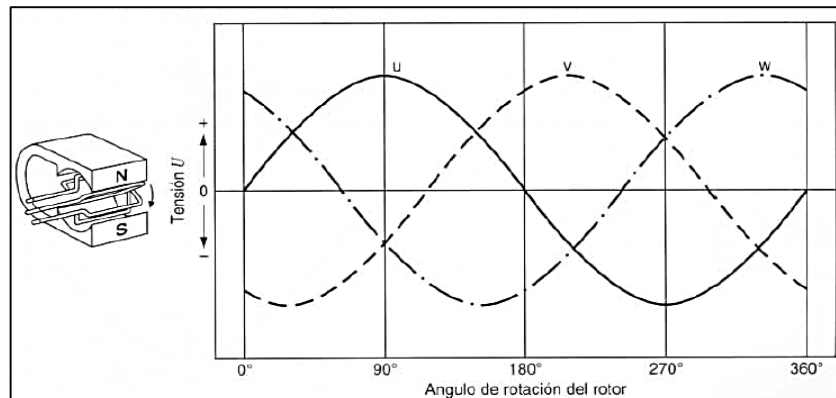


Figura 22-2. Tensión alterna trifásica

Fuente: (Bosch, 2000, p.9)

2.5.4 *Magnitudes Influyentes.*

2.5.4.1 *Velocidad de giro.*

El rendimiento de un alternador aumenta con la velocidad de giro por lo que se debe procurar que la relación de multiplicación entre las poleas del cigüeñal del motor y el alternador sea lo más alta posible.

2.5.4.2 *Temperatura*

La provisión de aire al alternador es medida apropiada para disminuir la temperatura de sus componentes, para de esta manera mejorar el rendimiento e incrementar la vida útil del mismo.

2.5.4.3 *Vibraciones*

Debe evitarse las excesivas vibraciones para que el alternador funcione correctamente.

2.5.4.4 Otras influencias

El alternador está expuesto a salpicaduras de agua, suciedad, aceite y combustible. (Bosch, 2000, p.5)

2.6 Correa de accesorios

La correa de accesorios se fabrica con goma o fibra, materiales flexibles que le permiten desarrollar su función, la de conectar la polea del motor con las poleas de los alternadores.

2.6.1 Tipos y funcionamiento

Hay dos tipos de correa de accesorios, una es la trapezoidal donde la transmisión de potencia entre las poleas de dos o más árboles se realiza por el rozamiento de las superficies. En este caso la polea tiene una acanaladura en forma de V donde se aloja la correa.

La segunda correa de accesorios es la trapezoidal con nervadura, que comienza a sustituir a la anterior porque permite el paso por las poleas por la cara de trabajo estriada y por la cara plana de la inversa, haciendo recorridos más largos que permiten arrastrar más sistemas. (Autolab, 2018)



Figura 23-2. Banda Trapezoidal

Fuente: (Autolab, 2018)

2.7 Analizador de los gases de escape

Aparato capaz de medir, generalmente en porcentaje, determinados compuestos químicos contenidos en la masa de los productos, gaseosos o no, emitidos por el escape de un motor de combustión interna. La necesidad de analizar los gases de escape de los motores de combustión interna deriva del hecho que, sobre todo en los motores alternativos, la combustión de los hidrocarburos nunca es perfecta, la combustión real da lugar también a la formación de productos sin quemar y otros residuos. Puesto que en la combustión influyen varios factores, algunos de tipo mecánico y otros dependientes de las características del combustible, mediante el análisis de los gases es posible determinar el tipo de combustible y la influencia que sobre aquella tienen los factores indicados, en los motores de combustión interna con encendido por chispa es muy importante la composición química de los gases de escape. En varios países existe una legislación especial que pone límites a la presencia de los compuestos nocivos en los gases de escape. De momento, los gases considerados nocivos son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (convencionalmente indicados por HC) y óxidos de nitrógeno (convencionalmente indicados por NOX). Según la precisión de la investigación que se desea realizar, el análisis puede limitarse a la localización de uno o de varios productos perjudiciales citados, o bien ampliarse hasta la determinación de otros componentes, como, por ejemplo, anhídrido carbónico (CO₂), agua (H₂O), oxígeno (O₂) y nitrógeno (N). Existe una extensa gama de analizadores de los gases de escape, desde los más simples hasta los más complicados, desde los portátiles a los fijos.



Figura 24-2. Analizador de gases

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

2.8 Electrónica de potencia

Por la necesidad de poder manipular la potencia eléctrica en sistemas y controles, los cuales son funcionales o impulsados por motores de energía eléctrica, mediante la electrónica de potencia se combina el control, la energía y la electrónica.

- **Electrónica:** encargada de su estado sólido de circuitos y dispositivos requeridos para el proceso de señales que cumple con la finalidad de controlar lo deseado.
- **Energía:** Es la que se encarga de distribuir, transmitir y generar la energía eléctrica mediante un equipo de potencia estática y rotativa o giratoria.
- **Control:** Cumple con las características dinámicas de los sistemas de lazo cerrado y del régimen permanente.

Mediante la combinación de la electrónica, energía y control, la electrónica de potencia es aplicada a la electrónica en estado sólido para la conversión de la energía eléctrica y el control, además se basa en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia o resumiendo como forma general y específica la electrónica de potencia es la conversión de energía eléctrica a otra forma de energía eléctrica siendo utilizados los dispositivos semiconductores, en la figura 25-2 podemos analizar el esquema de bloques de un sistema automático como podría ser en un sistema industrial. (Rashid, 1995, pp.1-2)

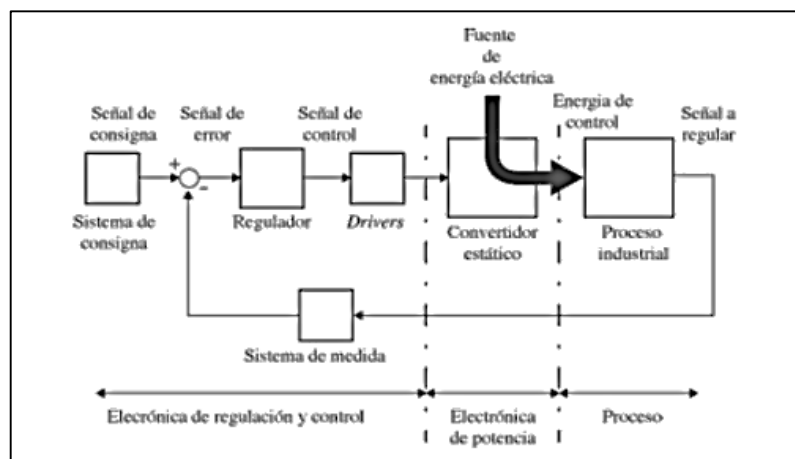


Figura 25-2. Esquema de bloques de un sistema automático

Fuente: (Ballester y Piqué, 2011, p.3)

En la Figura 25-2, se observa que en el proceso industrial llega un flujo de energía que está marcado por una flecha robusta que la misma procede por una fuente de energía eléctrica. El recorrido por este flujo pasa por el convertidor estático (electrónica de potencia) el cual es, el que se encarga controlablemente de dosificar la energía añadida o suministrada al proceso.

El flujo de las distintas señales son objetos de procesos en diferentes bloques, con esto conseguimos que el proceso actúe mediante las condiciones específicas y sea un control estable al aumento de energía. (Ballester y Piqué, 2011, p.3)

Las principales ponencias de la electrónica de potencia es crear convertidores de menor peso y tamaño que generen un rendimiento alto procesando potencias altas. El analizar un circuito de potencia los niveles que tiene un proceso puede ser muy elevado y bajo el rendimiento, esto genera que la disipación de calor sea excesiva y para evitar el circuito debería ser de dimensiones más grandes.

Al estudiar la electrónica de potencia los elementos más utilizados son los semiconductores o conmutadores y el diseñador utiliza en el circuito condensadores, resistencias, inductancias y transformadores (dispositivos magnéticos). (Cuadrado et al., 2012: p.2)

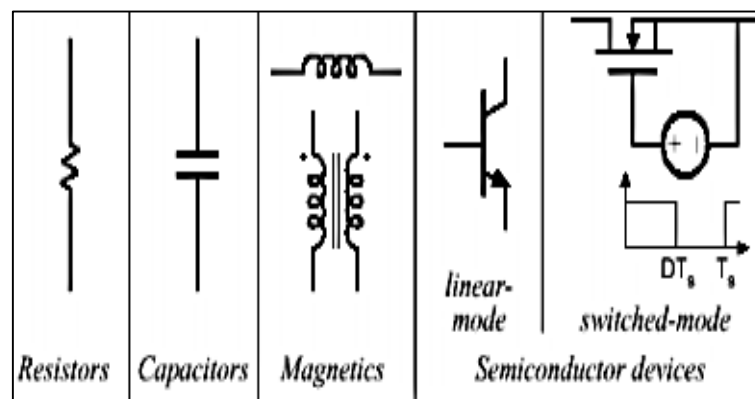


Figura 26-2. Elementos de la electrónica de potencia

Fuente: (Cuadrado et al., 2012: p.3)

Los elementos semiconductores en la zona lineal y las resistencias son los que más frecuencia tiene pérdidas y en la electrónica de potencia se lo tiene que evitar. Existe un elemento llamado conmutador, es un dispositivo ideal para circuitos de potencia ya que no consume potencia o no

tiene pérdidas. En la figura 27-2 tenemos un conmutador abierto que describe cómo funciona cuando el interruptor está abierto:

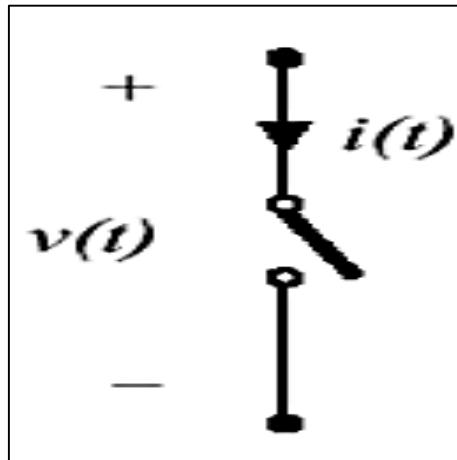


Figura 27-2. Interruptor para un circuito de potencia

Fuente: (Cuadrado et al., 2012: p.3)

Como lo describe (Cuadrado et al., 2012: p.3) cuando el interruptor se encuentra en esas condiciones:

$$P=V.i$$

Interruptor abierto

$$i=0$$

Interruptor cerrado

$$V=0, \text{ por lo tanto, } P=0$$

Cuando los semiconductores actúan en corte y saturación tienen un comportamiento ideal para un circuito de potencia, por este motivo tienen una presencia dominante en los circuitos de potencia.

La parte del circuito de potencia consta de dos principales características:

1. Mediante la información base que emite el circuito de potencia a un circuito de control generan señales que controlan la conmutación de los semiconductores.
2. Un circuito de potencia con elementos no disipativos (condensadores, bobinas, transformadores, etc.) y semiconductores de potencia son elementos que resultan ideales para hacer la conexión hacia la fuente de carga y alimentación. (Cuadrado et al., 2012: p.3)

2.9 Vehículos Eléctricos

En la actualidad las industrias automovilísticas han creado diseños de autos 100% eléctricos, los cuales tienen sus ventajas y desventajas al momento de fabricarlos, usarlos, y sus componentes que tienen un proceso de evaluación para determinar si el dispositivo tiene las características suficientes para que sea usado en el motor eléctrico.

Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en potencia mecánica para el movimiento en las ruedas. La creación de un motor eléctrico es primordial para el cambio tecnológico en las industrias, ya que es un sistema motorizado el cual da un par (potencia) sin emitir algún tipo de residuo. (Ilcapo, 2009)

Estos vehículos han sido incorporados en la industria automotriz gracias a las nuevas tecnologías que estos ofrecen, dichos vehículos tienen la finalidad de combinar dos fuentes de energía para su propulsión, es decir; un motor de combustión interna trabaja alternadamente con un motor eléctrico y todo este sistema necesita de una batería de alto voltaje para almacenar energía eléctrica.

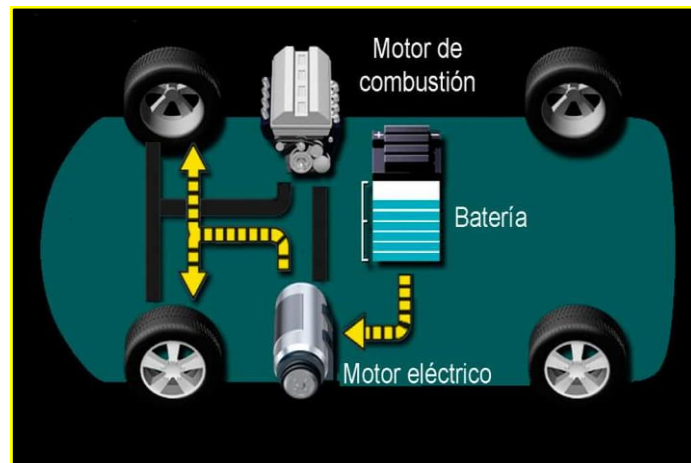


Figura 28-2. Vehículo Híbrido

Fuente: (Merino y Pérez, 2015)

2.9.1 Funcionamiento

Los motores eléctricos se basan en leyes de electromagnetismo con la interacción de los campos magnéticos existentes. Existe una propiedad intrínseca en los campos magnetizados en los cuales se genera una energía cinética de movimiento tomando el inicio de la energía eléctrica, en la

siguiente figura podemos demostrar que un imán fijo y otro montado sobre un eje puede girar libremente, esto sucede por la interacción de los imanes ya que:

- Campos magnéticos de signos iguales se repelen entre sí.
- Campos magnéticos de diferentes signos se atraen entre sí. (Ilcapo, 2009)

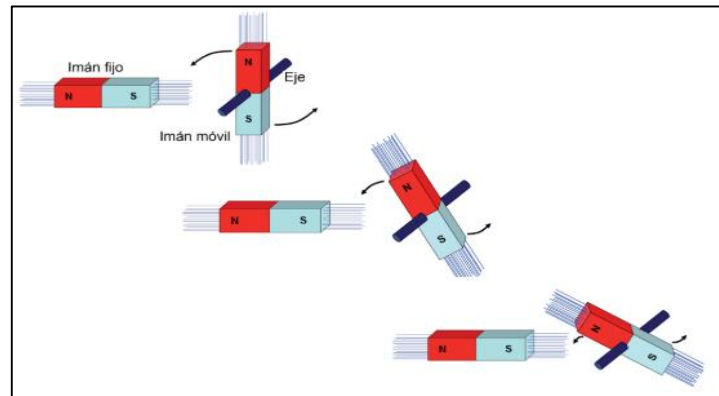


Figura 29-2. Aplicación de leyes del electromagnetismo en motores eléctricos

Fuente: (Merino y Pérez, 2015)

2.9.2 Rendimiento y Eficiencia Energética

Los motores como los industriales pueden llegar el rendimiento medio del 90%, por lo que se elige un motor eléctrico ideal en que la energía del motor sea factible para el movimiento o propulsión de un vehículo, este debe superar el 90% en condiciones nominales. De esta manera se facilita que lo superior al 90% de la energía que ingresa al motor en forma de electricidad se va a transformar en energía mecánica en el eje de salida del motor.

En comparación a los motores de gasolina que rodean una eficiencia del 25% y los motores diesel un 40% se pone en relevancia a un motor con una eficiencia del 90% ,significa que tenemos una mejora muy factible y considerable en el avance tecnológico en los vehículos. Para tener una mejor valoración en la eficiencia de un vehículo eléctrico tenemos que considerar todas las transformaciones que ha sufrido la energía en el inicio de la obtención hasta la finalización de su utilización, las comparaciones del porcentaje que se dio anteriormente de eficiencia se realiza en términos absolutos, teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en los procesos de transformación. (Barrera y Ros, 2017, p.8)

2.9.3 La Entrega del Par

El par recibido por las ruedas no debe ser de cualquier manera aunque la finalidad del motor es entregar par, una de las consideraciones que se toma muy en cuenta es que no haya fluctuaciones de par, y se garantice un nivel de empuje lineal o constante. Otra característica importante es de interaccionar con el motor y así tener un control sencillo del mismo, el cual entregue un par cuando se le ordene y que se detenga y actúe como un generador cuando sea únicamente necesario.

La curva característica par (τ) potencia (P) de un motor eléctrico casi coincide con la curva ideal para un automóvil así el comportamiento del mismo será muy próximo al ideal.

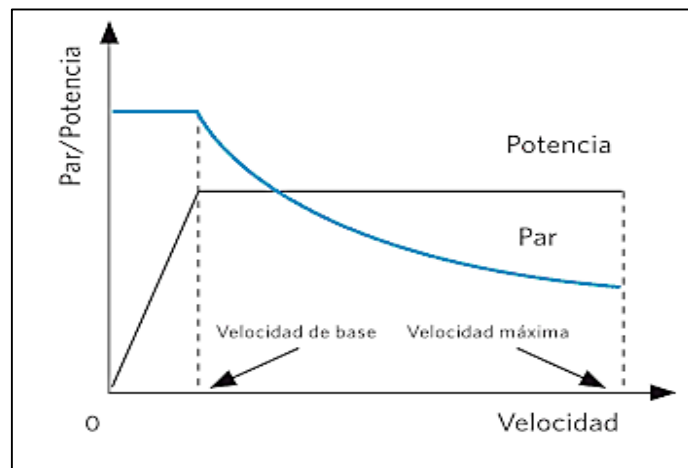


Figura 30-2. Perfil ideal de relación Par/potencia de los vehículos eléctricos

Fuente: (Barrera y Ros, 2017, p.15)

Una característica fundamental de los autos eléctricos como ventaja comparativa a los autos de combustión interna es la capacidad de sobrecarga, en los m.c.i están diseñados y dimensionados para que su potencia máxima que pueda entregar sea su potencia nominal y en un auto eléctrico admite picos de potencia de hasta el doble de la potencia nominal en periodos cortos de tiempo, es decir que su dimensión del motor así sea de menor tamaño va a poder disponer de una potencia elevada en distintas ocasiones puntuales diferentes a su funcionamiento normal. (Barrera y Ros, 2017, p.15)

CAPITULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque

La presente investigación se encuentra de un enfoque cualitativo, ya que:

- Busca comprender el origen de fenómenos sociales.
- Da énfasis en los procesos realizados.

Además, se encuentra dentro de un enfoque cuantitativo, porque:

- Indaga las causas y explicación de los acontecimientos que se estudia.
- Énfasis en los resultados.

3.2 Norma aplicable

3.2.1 *NTE INEN 2204:2016*

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por motores que utilizan gasolina, e implican algunas características de gases expuestos por este combustible, ya que el motor es de 5.5 hp tiene un consumo según el trabajo generado.

Tabla 1-3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina

Categoría	Peso bruto del vehículo Kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	PM	Ciclos de prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
M1		2,3	0,2	-	0,15	-	ECE 15 + EUDC	2
N1	CL1 ≤ 1305	2,3	0,2	-	0,15	-		2
	CL2 > 1350 < 1760	4,17	0,25	-	0,18	-		2
	CL3 > 1760 ≤ 3500	5,22	0,29	-	0,21	-		2
* Prueba realizada a nivel del mar.								

Fuente: (NTE INEN 2204:2016, p.4)

Realizado por: Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN

3.3 Modalidad de la investigación

3.3.1 Bibliográfica

La investigación es bibliográfica ya que para fortalecer el estudio se recurre a libros, publicaciones, artículos, internet y otros mismos que son citados en la bibliografía de este trabajo.

3.3.2 Experimental

La modalidad de investigación es experimental ya que determina la reducción de emisiones contaminantes producidas por el motor de combustión interna lo que permitirá determinar la viabilidad de nuestra investigación.

3.4 Tipo de investigación

3.4.1 *Descriptiva*

El estudio es descriptivo porque se busca informar los resultados alcanzados de la investigación entre la comparación de parámetros obtenidos de los diferentes componentes involucrados en nuestra propuesta.

3.4.2 *Exploratoria*

El estudio pasa por el nivel de investigación exploratorio porque el tema planteado es poco estudiado y casi desconocido, se trata de recopilar información que permita al investigador conocer de mejor manera el objeto de estudio.

3.5 Árbol de problemas

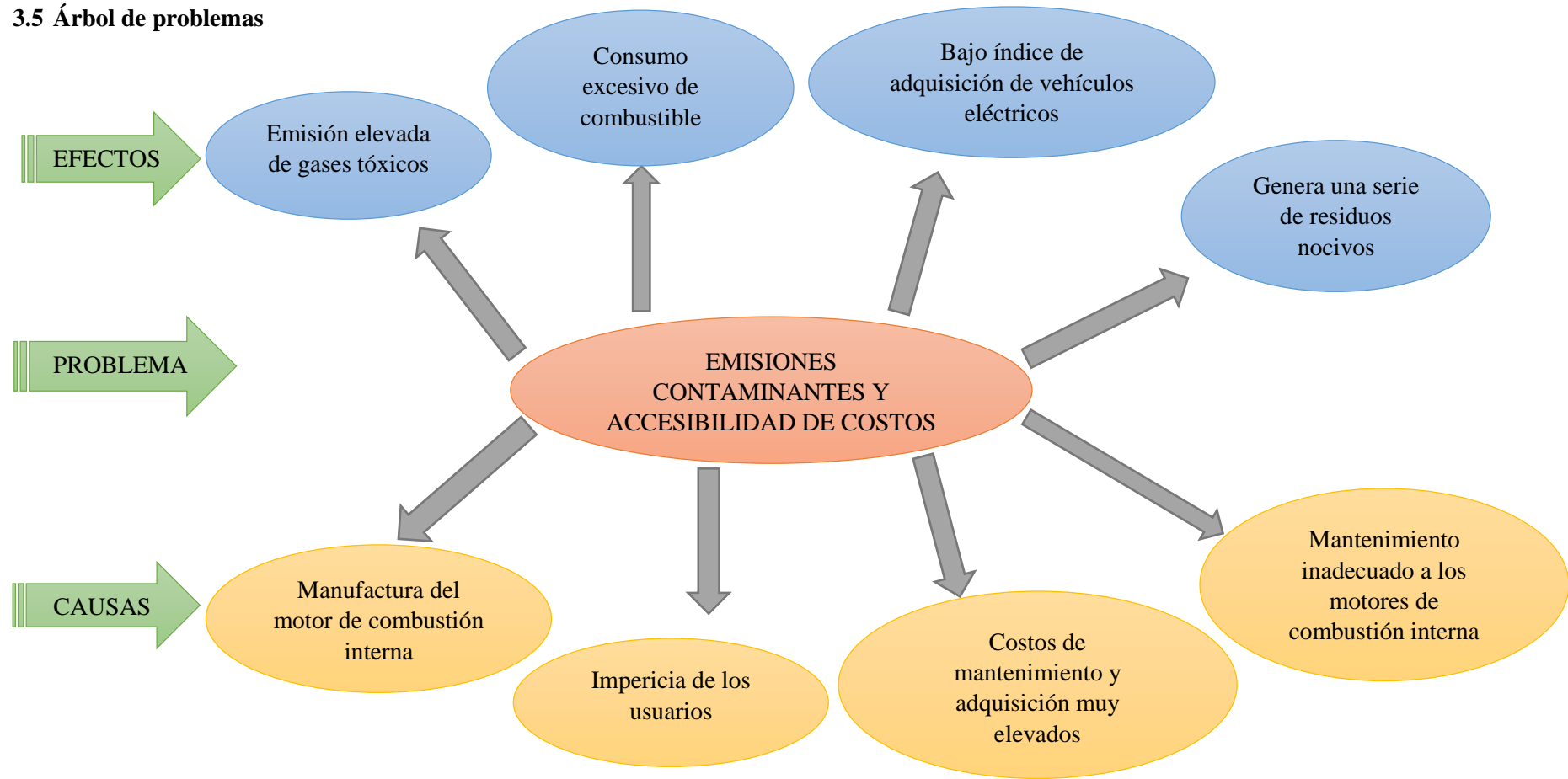
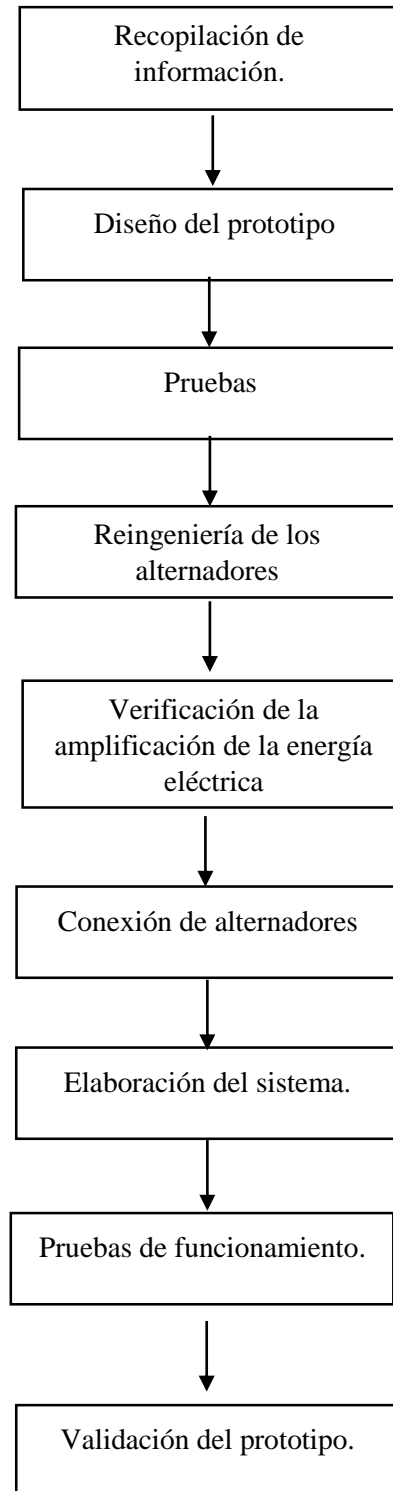


Gráfico 1-3. Árbol de problemas

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

3.6 Procesos de construcción

3.6.1 Diagrama de las etapas del prototipo



3.6.2 Reingeniería del Alternador

En esta sección se compuso una red de 2 alternadores los cuales fueron sometidos a una reingeniería en su interior (Inducido e inductor) para aumentar su intensidad y así poder generar la corriente necesaria. La reingeniería se hizo mediante pruebas las cuales se realizaron a 3600 rpm, la velocidad máxima que alcanza el motor de combustion interna. Los dos alternadores utilizados son de vehiculos Chevrolet y Ford, son los cuales se sometieron a los cambios reingenieriles.

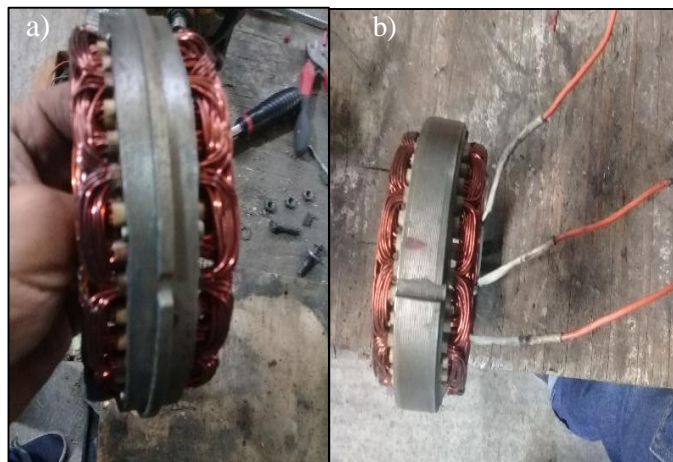


Figura 1-3. Estator rebobinado: a) Chevrolet b) Ford

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019



Figura 2-3. Rotor rebobinado: a) Chevrolet b) Ford

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

En generadores trifásicos, se necesitan al menos 3 fases con desfases de 120° y un acomodo distinto de las bobinas del estator, las mismas son conectadas de fase a fase neutro o fase. En la Figura 3-3 se muestra el principio de funcionamiento en el tiempo de generadores trifásicos, donde las bobinas A, B y C representan las bobinas conectadas de fase y neutro de forma correspondiente y $-A$, $-B$ y $-C$ conectadas en forma inversa (neutro a fase). (Sánchez Leonel, 2016, p.11)

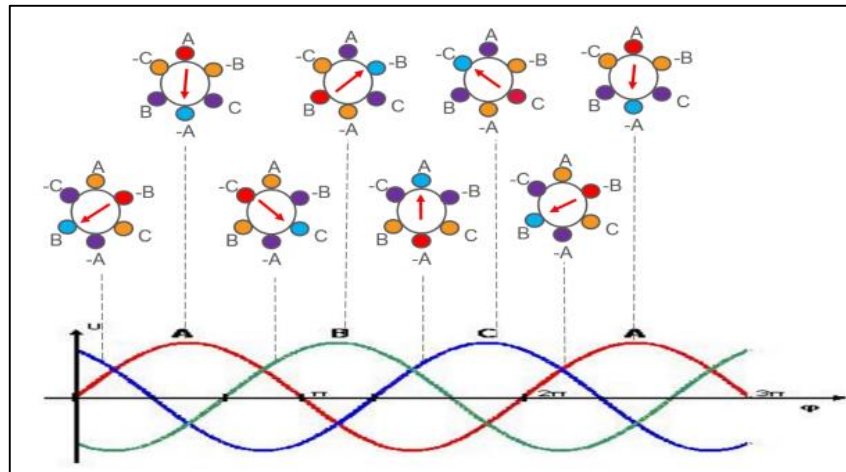


Figura 3-3. Representación campo magnético giratorio en generadores AC

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.11)

Los embobinados de un generador son la parte principal, ya que crean y hacen el cambio de energía eléctrica y magnética para generar un par mecánico. En el caso de inducción la finalidad de los embobinados que están en el estator es crear un campo magnético giratorio. Hay muchas características de los embobinados de un generador, como por la forma de las bobinas y la manera de organizarlas a lo largo del estator sobre las ranuras.

Los embobinados de los generadores se pueden conectar a otras iguales, obteniendo entonces una sección de madejas excéntricas; si las madejas son desiguales se obtiene una sección de madejas concéntricas (Sánchez Leonel, 2016, p.14)

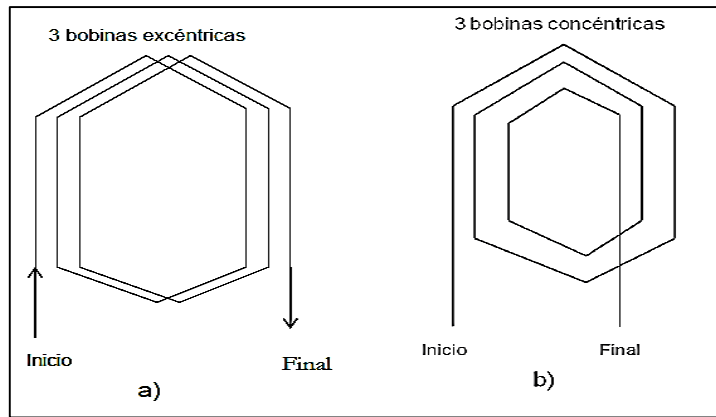


Figura 4-3. a) madejas excéntricas b) madejas concéntricas

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.15)

3.6.2.1 Secciones superpuestas

Existen dos categorías diferentes para acomodar las secciones de un embobinado sobre el estator. De tal manera que cambia el proceso de embobinar, las características de las secciones con respecto al tamaño. A continuación la descripción de cada caso.

- **Secciones superpuestas de bobinas concéntricas:** Como ya se dijo, estas secciones están formadas por bobinas desiguales; en su interior queda un cierto número de ranuras libre y sin ocupar por la sección, llamándose a este conjunto de ranuras amplitud. Estas secciones quedan invadidas por secciones de las otras fases
- **Secciones superpuestas de bobinas excéntricas:** Están formadas de bobinas iguales y en su interior queda cierto número de ranuras libres sin ocupar por la sección. (Sánchez Leonel, 2016, p.15)

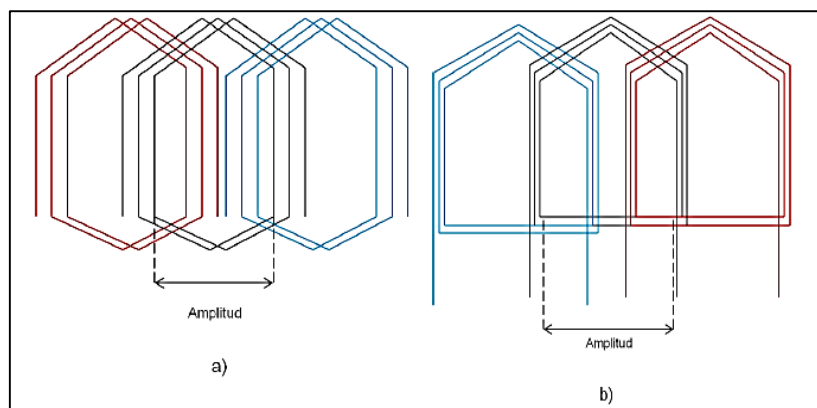


Figura 5-3. a) Bobinas excéntricas b) bobinas concéntricas

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.16)

Según la manera de conexión de los grupos de bobinas de una misma fase pueden ser:

- **Bobinados por polos:** Son aquellos bobinados en los que en cada fase hay tantos grupos como número de polos, por lo tanto:

$$G_f = 2p$$

$$G = 2pq$$

Las fem generadas son alternativamente de sentido contrario, de manera que si en un grupo el sentido es horario, en el siguiente será anti horario.

- **Bobinados por polos consecuentes:** Un bobinado se dice ejecutado por polos consecuentes cuando el número de grupos que lo componen es igual al número de pares de polos. Por tanto tendremos:

$$G_f = p$$

$$G = pq$$

La característica constructiva de estos bobinados es que todos los lados activos de una misma fase colocados bajo un mismo polo, son unidos a los lados activos de esa misma fase situados frente a un sólo polo vecino al primero, sea el anterior o el posterior. Esto da lugar a que todos los lados activos de los grupos de una misma fase, generen fems, con el mismo sentido instantáneo, bien sea horario o anti horario. De acuerdo con lo anteriormente expuesto, existen dos reglas para la correcta conexión de los grupos de una fase. (Hoyos García, 2008, p.7)

En los bobinados por polos se unirá el final del primer grupo con el final del segundo grupo, el principio de este con el principio del tercero, el final del tercero con el final del cuarto, etc. Se une final con final y principio con principio. . (Hoyos García, 2008, p.8)

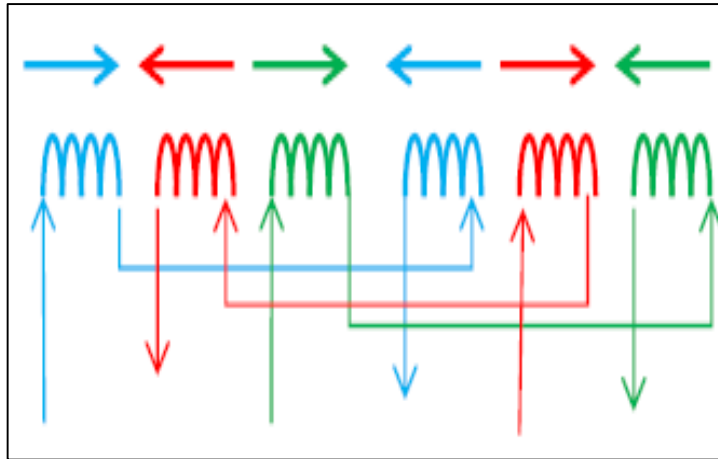


Figura 6-3. Unión de secciones para bobinados por polos

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.18)

En los bobinados por polos consecuentes se unirá el final del primer grupo con el principio del segundo; el final de este con el principio del tercero, el final del tercero con el principio del cuarto, etc. Es decir, se une final con principio. . (Hoyos García, 2008, p.8)

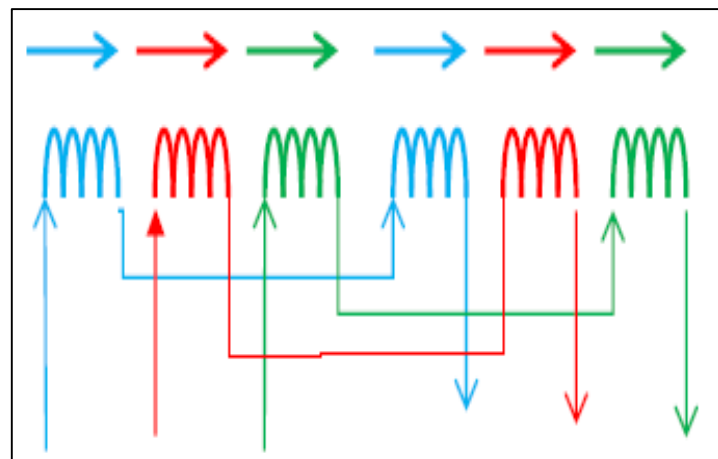


Figura 7-3. Unión de secciones para bobinados por polos consecuentes

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.19)

3.6.2.2 Desplazamiento entre fases para un sistema trifásico

Indica el principio de cada fase, el devanado o bobinado del inducido está compuesto por 3 bobinas independientes entre sí. Las corrientes alternas generadas por estas bobinas

independientes son llamadas fases. Estas 3 fases se conectan entre sí para estar enlazadas, las conexiones más utilizadas son estrella o triángulo.

- **Desplazamiento**

El desplazamiento entre fases, que debe ser lo más próximo posible a 120° eléctricos (2/3 del paso polar), será:

$$a = \frac{2}{3} \frac{N}{2p} = \frac{N}{3p}$$

Dónde: N= número de ranuras

- **Amplitud**

Para determinar la amplitud (m) de un bobinado se realiza mediante la fórmula:

$$m = \frac{K}{6p}$$

Dónde: K= Constante de Nagaoka

- **Paso polar**

A cada polo existe un número de ranuras y la distancia entre las mismas por polo, la formulas es:

$$P.P = \frac{\# \text{ de ranuras}}{2 * \text{ pares de polos}} = \frac{N}{2p}$$

- **Paso de ranura o de bobina.**

El paso de ranura se llama diametral o paso completo cuando coincide con el paso polar, es decir:

$$Y_k = PP$$

- **Pasos de unión.**

Los Pasos de unión son el número de ranuras que se tiene que avanzar para llegar al próximo lado activo de cada bobina de una fase, con la finalidad de construir las secciones, a continuación, se explican:

Pasos posteriores (Yx): Son los pasos o ranuras a avanzar para llegar a los finales de cada bobina.

Pasos anteriores (Yy): Son los pasos o ranuras avanzar para llegar a los principios de cada bobina.

Numero de pasos de la sección (Y): El número de pasos que se tienen que realizar antes de pasar a la siguiente sección. (Sánchez Leonel, 2016, pp.19-21)

3.6.2.3 *Embobinado imbricado*

Los bobinados imbricados están realizados con bobinas de igual tamaño y forma. En los bobinados imbricados, un grupo polar se obtiene conectando en serie varias bobinas de una misma fase, todas ellas correspondientes al mismo polo. Por esta razón, en estos bobinados hay que retroceder para conectar el final de una bobina con el principio de la siguiente. Estos bobinados pueden ser de una o dos capas, de paso diametral, alargado o acortado y siempre se ejecutan por polos. Cuando un bobinado imbricado es de una sola capa el paso de bobina medido en número de ranuras, debe ser impar. Esto se debe a que en las ranuras se van colocando alternativamente el lado derecho de una bobina, el lado izquierdo de la otra bobina, el lado derecho y así sucesivamente. Por consiguiente, una bobina tendrá uno de sus lados en una ranura par y el otro en una ranura impar y el paso de bobina, es, pues, impar. (Murillo y Serna, 2010, p.20)

El bobinado imbricado de dos capas es otro tipo de bobinado de bobinas iguales, pero con la característica de estar superpuesto en cada ranura dos lados activos de bobinas distintas. En este tipo de bobinado no existe condición que forzosamente imponga un determinado valor al ancho de bobina o paso de ranura, pudiendo ser elegido tanto diametral como acortado, según convenga.

3.6.2.4 *Bobinados en la práctica*

En la práctica con fines constructivos o por las características finales que tiene cada tipo embobinado, se suelen escoger y realizar cada tipo de bobinado. Algunos autores mencionan el uso de algunos tipos de bobinado para las siguientes aplicaciones:

- Embobinados a dos capas: Suelen utilizarse para la construcción de generadores trifásicos. (Ilcapo, 2009)
- Embobinados Concéntricos: suelen hacerse bobinados concéntricos para generadores monofásicos, trifásicos, generadores pequeños de carcasa rodada.
- Bobinados fraccionarios o bobinas desiguales: suelen utilizarse en alternadores, para obtener una señal senoidal más precisa. (Murillo y Serna, 2010, p.17)

3.6.2.5 Cálculo y obtención de parámetros de diseño

En el diseño de Embobinados lo primero que se requiere es determinar el número de fases del motor (q), número de Ranuras (N), el número de pares de polos en base a la velocidad síncrona requerida (p) y el diseño que se tiene pensado ejecutar. Posteriormente se procede a calcular los parámetros de diseño. A continuación, se explica el proceso para calcularlos y las formulas correspondientes. (Sánchez Leonel, 2016, p.31)

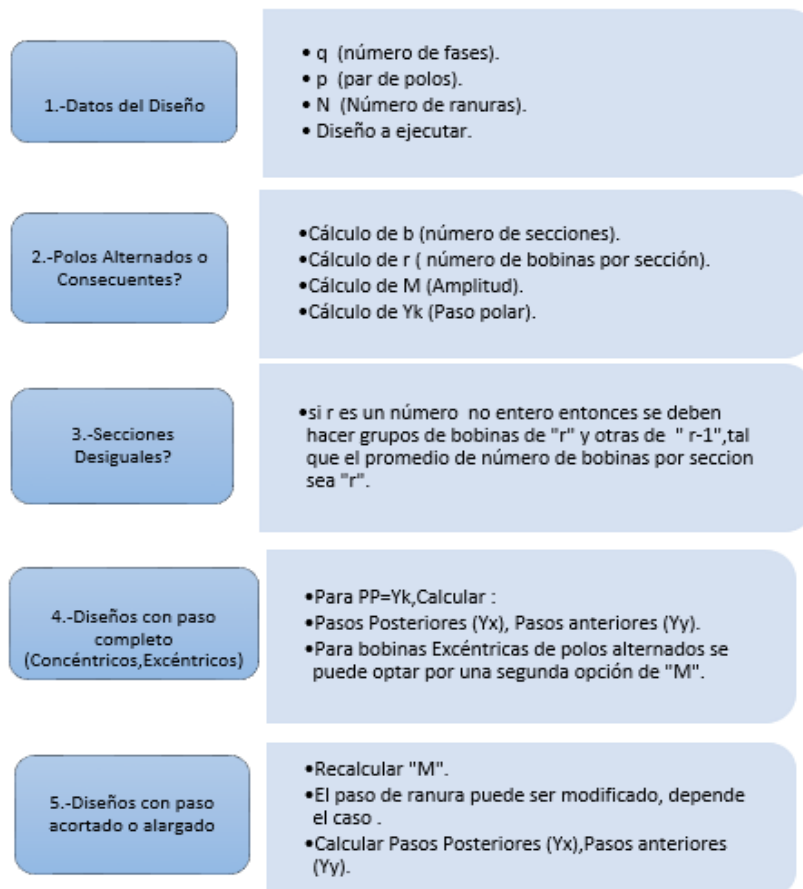


Figura 8-3. Método para obtener parámetros de diseño de embobinado

Fuente: (Sánchez Leonel, 2016, p.31)

3.6.3 Motor Yamada

Para nuestra investigación hemos utilizado un motor de combustión marca Yamada como el referencial para generar movimiento circular estacionario y a la vez generar movimiento mediante una polea a la red establecida por 2 alternadores.

3.6.3.1 Características

Tabla 2-3. Características motor Yamada.

Modelo	YMD/GX160
Tipo de motor	Válvula superior, 4 tiempos, cilindro simple
Dimensión	12 x 13.4 x 12.5 pulgadas
Desplazamiento (ml)	9.9 Cu-in [2.7 x 1.8 in]
Peso	33.1 lbs
Bujía	LD: F7RTC NGK: BPR6ES
Brecha de la bujía	0.028 -0.031
Potencia máxima (HP/rpm)	5.5/3600
Torque máximo (N.m/rpm)	8.0/2500
Sistema de encendido	Magneto Transistorizado
Aceite de motor	SAE 10W-30, API SJ ó SL Para uso general
Depósito de combustible	0.79 gal
Capacidad de aceite	0.63 qt
Sistema de refrigeración	Fuerza de aire
Sentido de giro	Horario

Fuente: (Semeru Teknik, 2019)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

3.6.4 Bateria

En nuestro prototipo se tuvo la necesidad de utilizar una fuente de energía (batería) para producir el campo magnético en los alternadores, para que mediante el movimiento del motor de combustión interna trasladado mediante una banda trapezoidal hacia los alternadores generen energía eléctrica

3.6.4.1 Características

Tabla 3-3. Características batería

Marca	Ecuador
Voltaje	12 voltios
Capacidad	55Ah

Fuente: (Baterias Ecuador, 2019)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

3.6.5 Transformador EVL

El transformador es un aparato electromagnético que es capaz de convertir la corriente de alta tensión y baja intensidad en una de baja tensión y alta intensidad, o viceversa, llamado también como convertidor de voltaje no es más que un dispositivo compuesto por un material conductor que es utilizado para aumentar o disminuir el voltaje de la electricidad, esta compuesto por una, dos bobinas enrolladas sobre un núcleo magnético. Los dos bobinados se denominan devanado primario al que recibe el voltaje de entrada y bobina secundaria aquella que entrega la capacidad de voltaje transformado o el voltaje de salida necesario. Existen varios tipos de transformadores, por lo cual el utilizado fue un monofásico que son capaces de convertir de 110 a 220V, los cuales llegan a soportar desde 100 hasta 3000 W de consumo, su uso es principalmente no sobrepasar la cantidad y regular a una corriente eléctrica necesaria que sea tomada como máxima para que sea factible la aplicación y utilizable al diseño planteado en nuestra tesis.

Hemos visto la necesidad de colocar este elemento para una aplicación que requerimos para el funcionamiento eléctrico y secuencial de la estructura del estudio, la cantidad de capacidad no fue la deseada por ese motivo elevamos la energía eléctrica mediante un transformador.

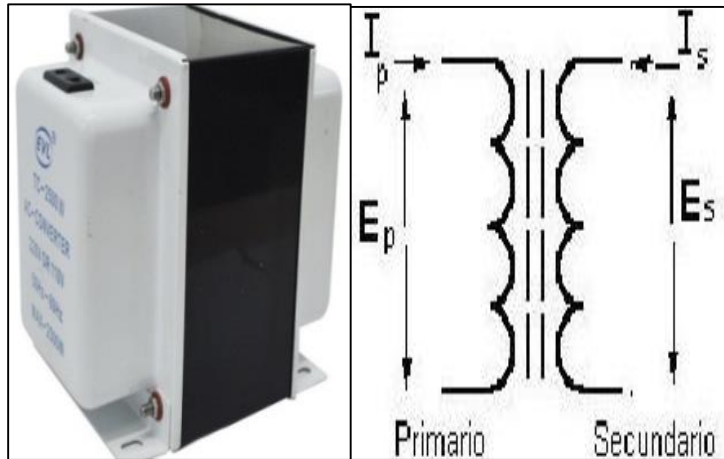


Figura 9-3: Transformador EVL 500W

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

3.6.5.1 Características

Tabla 4-3. Características transformador

Marca	EVL
Convertidor de voltaje	110V Ac a 220V Ac o viceversa
Carcasa	Metálica
Enchufe	110V ac y 220V Ac.

Fuente: (Grupo Velasco, 2019)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Con las características expuestas podemos reconocer que tipo de transformador utilizamos y la capacidad que nos puede abastecer. Este transformador se eligió por que los elementos conectados requieren de esta capacidad para tener la conversión exacta y no tenga caídas de tensión.

3.6.6 Motor Eléctrico

La parte final de la estructura de nuestro estudio fue conectado hacia un motor eléctrico el cual mediante todos los elementos mencionados anteriormente se realizó la conexión para demostrar el movimiento final del mismo.

En la investigación de nuestro tema se colocó un motor eléctrico de tipo universal con escobillas, compuesto por ciertas piezas que se dividen en dos subsistemas: uno eléctrico y otro mecánico. El subsistema eléctrico contiene componentes que suministran y controlan el flujo de energía, mientras que el subsistema mecánico tiene la finalidad de transferir, trasladar o aplicar fuerzas.

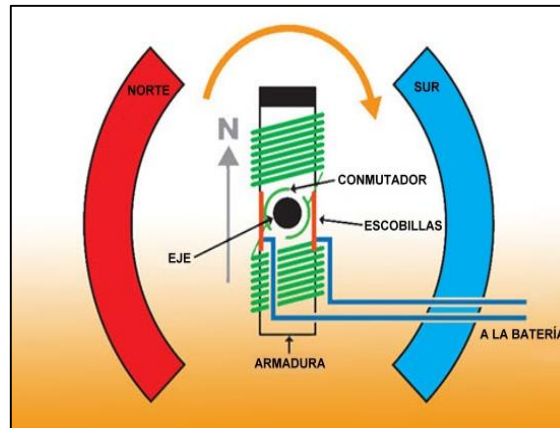


Figura 10-3. Motor eléctrico

Fuente: (Suárez, 2011)

La explicación de un motor eléctrico se basa en las características similares a toda herramienta eléctrica tradicional, podemos explicar que la figura 10-3 tiene varios componentes que hacen que el funcionamiento sea el correcto y secuencial. Podemos explicar que la armadura conocida como rotor (devanado) tiene un grupo de bobinas que actúan como electroimán de dos polos. Cuando la corriente circula por los devanados de la armadura (rotor), se crea un campo magnético que interactúa con los imanes fijos permanentes (norte y sur) o también conocido como estator que es la parte externa del conjunto, el cual es capaz de realizar o producir el movimiento rotatorio en el eje del motor eléctrico. Las escobillas se componen de un material de cobre, plata o grafito y su principal funcionamiento es convertir la electricidad en movimiento, cuando hacen contacto con un interruptor mecánico giratorio comúnmente llamado conmutador.



Figura 11-3. Motor eléctrico Thors

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

3.6.6.1 Características

Tabla 5-3: Características motor eléctrico

Marca	Thors
Fabricación	U.S.A Thor power tool company
Carcasa	Metálica
Velocidad	500 rpm
Amperaje	5 A
Voltaje	115 V

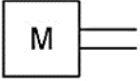

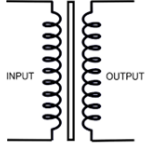

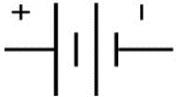
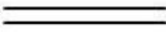
Realizado por: Alex Vega, Walter Rodríguez. 2019.

3.6.7 Funcionamiento del prototipo

La conexión de los componentes utilizados en el diseño se basa en que el motor de combustión interna de 4 tiempos genera movimiento mecánico hacia los dos alternadores, el movimiento lo atribuye mediante una banda que conecta los 3 elementos, una vez generado el movimiento, la fuente de alimentación para los alternadores es una batería la misma que es activada mediante un interruptor, podemos observar que los alternadores se magnetizan y comienzan a producir energía eléctrica que es dirigida hacia un convertidor, el mismo que ayuda a que el voltaje resultante de los componentes conectados se incremente, para de esta manera permitir que la energía eléctrica resultante fluya y así poder conseguir que el motor eléctrico de corriente alterna (Thors) funcione correctamente, siempre y cuando se active un interruptor para este elemento.

Para demostrar el movimiento mecánico efectuado por el motor eléctrico de corriente alterna se acopló un diferencial ya que es un mecanismo que necesita una potencia considerable para su funcionamiento rotatorio. Podemos demostrar que los alternadores mediante la conexión eléctrica correcta producen la energía eléctrica necesaria para que los consumidores sean factibles.

Tabla 6-3. Símbolos eléctricos.

Símbolo	Denominación
	Motor de combustión interna
	Motor eléctrico AC
	Transformador
	Interruptor
	Batería
	Conexión mecánica

Fuente: (Castillo, 2017)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

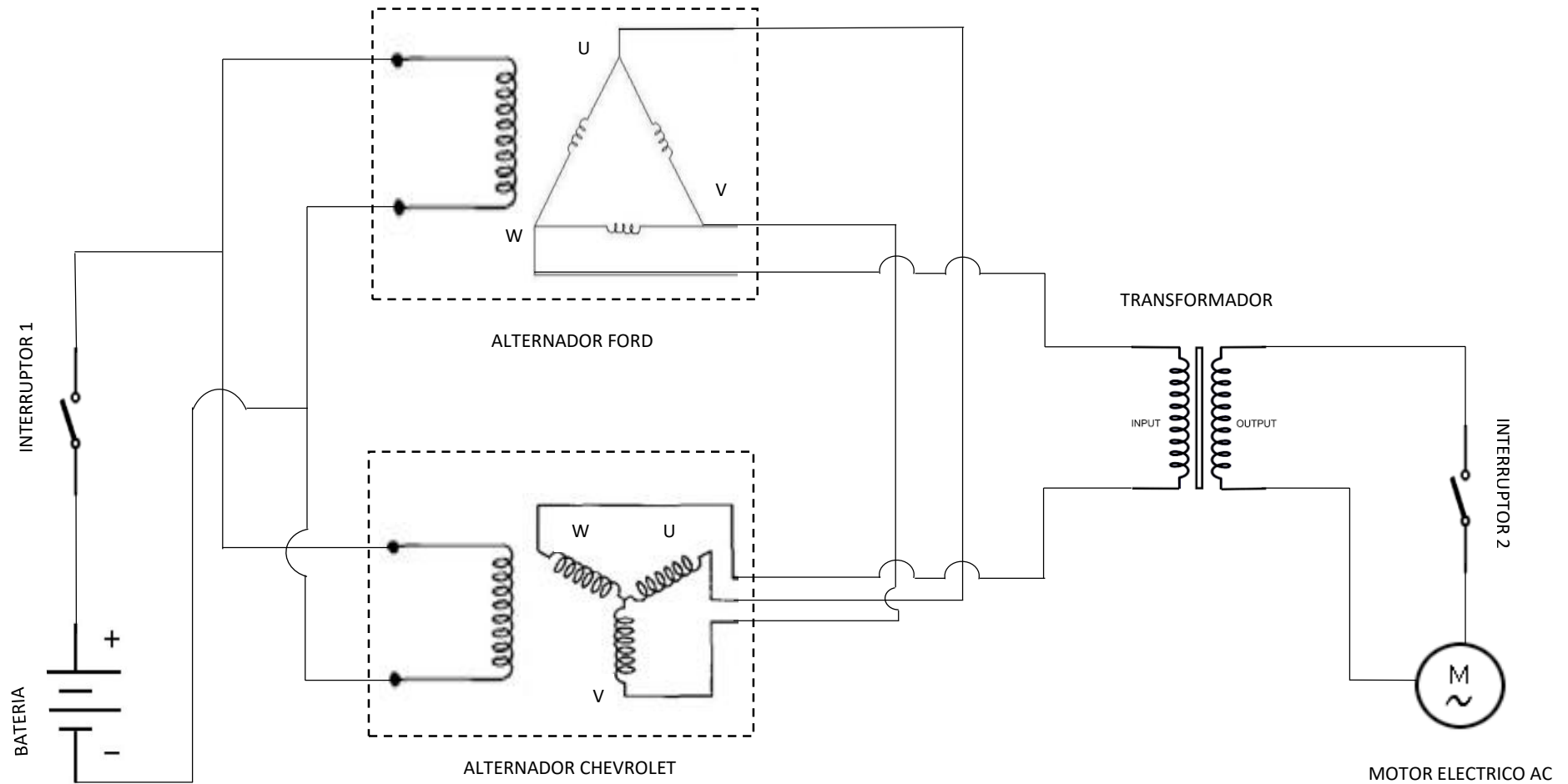


Figura 12-3. Esquema de componentes eléctricos del prototipo

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

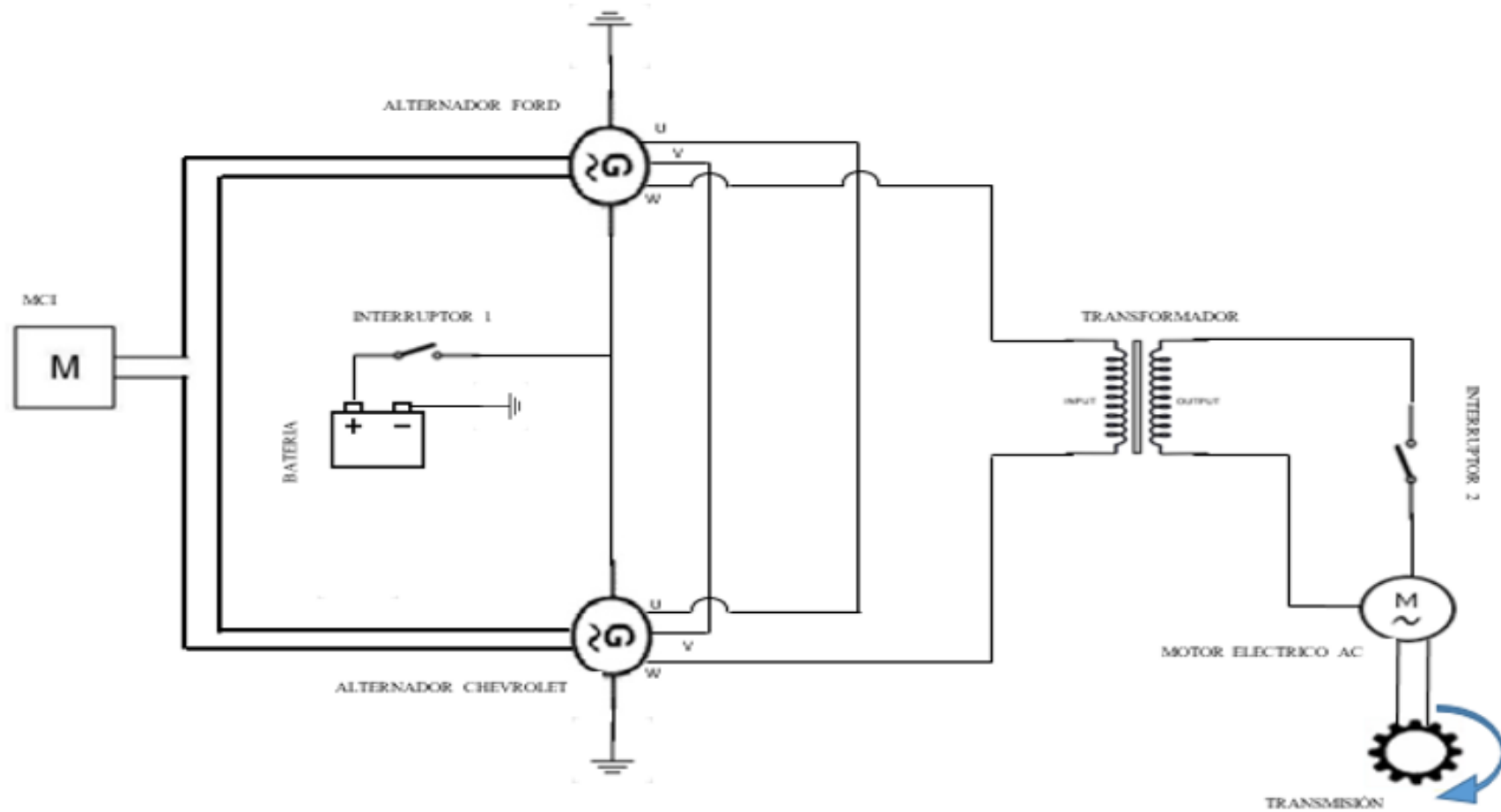


Figura 13-3. Diagrama de componentes del prototipo

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

CAPITULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Alternador Ford

4.1.1 Rotor

Entre los polos del rotor existe una bobina inductora de hilo de cobre denominado devanado de excitación, envuelto sobre un carrete termoplástico, es la única parte que fue modificada en este elemento.

Los anillos colectores están conectados a los extremos del devanado de excitación o bobinado interno, envuelto dentro de los polos o ruedas polares. Cada masa polar tiene su orientación norte o sur, en este caso tenemos polos intercalados es decir 6 polos con polaridad norte y 6 polos con polaridad sur, 12 polos en total.

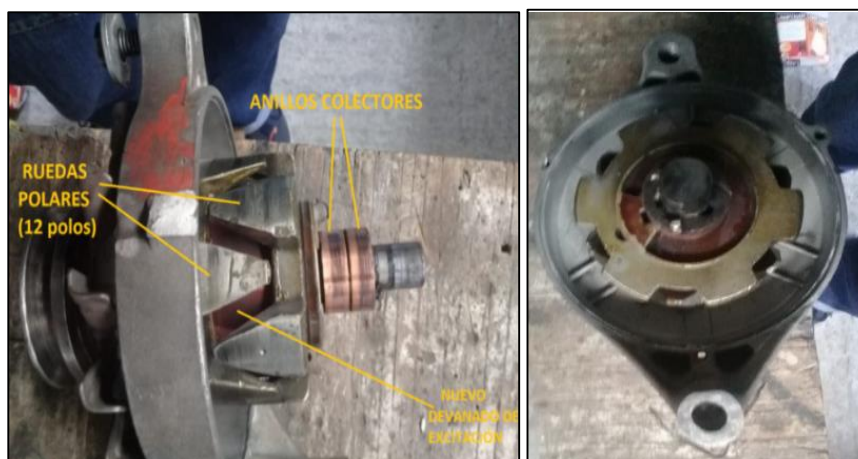


Figura 1-4. Rotor o inductor Ford 12 polos, devanado de excitación modificado

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Tabla 1-4: Características del diseño original y rediseño del rotor

	Diseño original	Rediseñado
Polos	12	12
Número de vueltas	498	300
Número de alambre del bobinado	23	20

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.1.2 Estator

Las fases del estator del alternador Ford tienen una conexión en triángulo, ya que esta conexión nos facilita el aumento de un cierto porcentaje de corriente en las intensidades de fase, esto quiere decir que la intensidad de la fase es igual a la suma de la intensidad de dos bobinados.

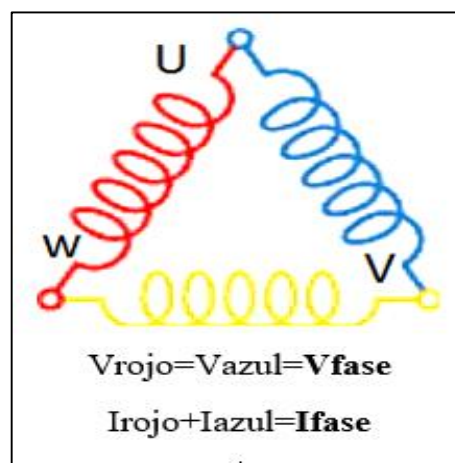


Figura 2-4. Conexión en triángulo

Fuente: (Turnero, 2014, p.1)

Para realizar a la reingeniería del alternador investigamos algunas mejoras que pueden ser posibles y aplicables, la mejor tomada es aumentar la cantidad de bobinado, ya que otros aspectos tenían que someterse a regímenes muy elevados.

Los bobinados 6 positivos y 6 negativos (12) irán agrupados de 4 y en serie, entonces este procedimiento aumentará las corrientes en las fases existiendo 12 alternancias por vuelta.

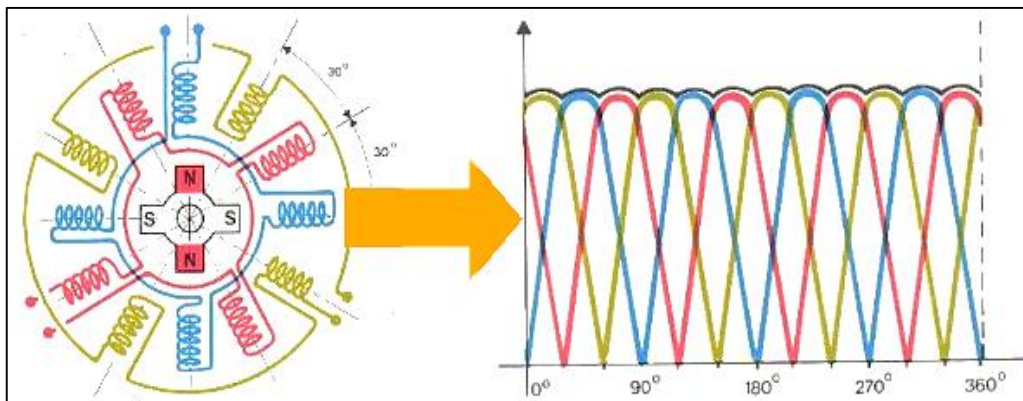


Figura 3-4. Alternador, Estator de 12 bobinados

Fuente: (Turmero, 2014, p.1)

La conexión triángulo de las fases en el alternador se genera en el estator ya que es aquel que induce la corriente alterna, será un voltaje más desfasado, fruto de la corriente generada mediante el electromagnetismo. Este tipo de conexión la realizamos uniendo el final de una bobina con el inicio de la siguiente así hasta cerrar la conexión formando un triángulo o también conocida como conexión delta (Δ).

El alternador Ford utilizado fue rebobinado para aumentar la cantidad de energía y así generar el voltaje e intensidad que deseamos para proceder y proveer de corriente a los demás elementos que están conectados a los alternadores.

Podemos constatar los cambios que sufren las partes del inducido, la conexión y variantes del devanado, entonces mediante datos nos aseguramos que los estatores tienen un aumento de las características detalladas en cada inducido de cada uno de los alternadores.

Tabla 2-4. Características del diseño original y rediseño del estator

	Diseño original	Rediseñado
Número de vueltas	5	11
Numero de alambre de cobre esmaltado	15	17

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Estructuralmente la conexión triángulo no solo cumple su función como conexión ya que interfieren algunos elementos como el tipo de bobinado, material, número de alambre para el devanado. En la conexión triángulo existe parámetros que son expuestos, valores nominales que son variantes para el cálculo de intensidad y voltaje en su dirección de flujo.

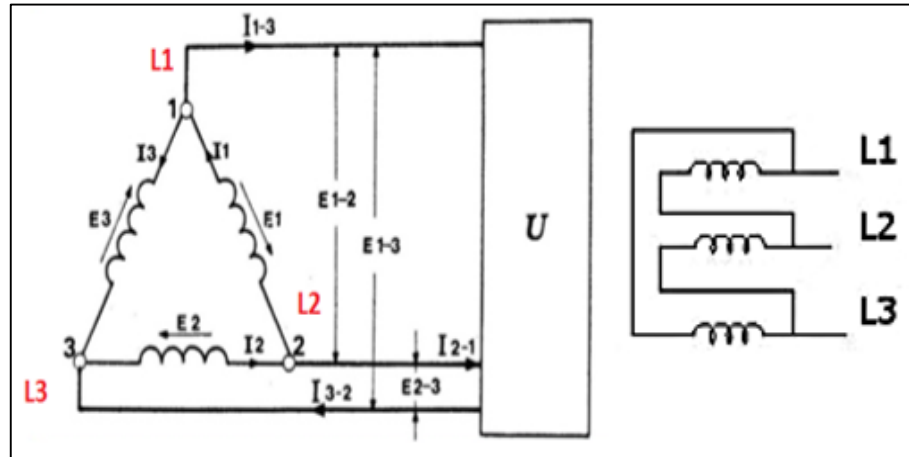


Figura 4-4. Conexión de los devanados en triángulo

Fuente: (Tarrillo Mendoza, 2013, p.11)

Corrientes de fase: Circulan en las bobinas $I_1 - I_2 - I_3$

Corrientes de línea: Circulan en los conductores de línea $I_{1-3} - I_{2-1} - I_{3-2}$

Tensión de cada fase es igual a la tensión de línea $E_1=E_{1-2} - E_2=E_{2-3} - E_3=E_{1-3}$



Figura 5-4. Estator de alternador Ford

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

En este tipo de conexión es fácil visualizar que las tensiones de línea y las tensiones de fase son iguales, debido a que los conductores de línea surgen de los vértices del triángulo y la tensión generada entre ellos es producida por la bobina correspondiente. Es una conexión sin neutro.

Tabla 3-4. Datos de alternador Ford (diseño original) a 3600 rpm, sin consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (mA)
u-v	25	U	0.09
u-w	25	V	0.09
v-w	24	W	0.09

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.2 Alternador Chevrolet

4.2.1 Rotor

En el rotor de este alternador lo único que se modificó fue el número de vueltas del bobinado de excitación. este alternador también es de polos intercalados y cuenta con 7 polos con polaridad norte y 7 polos con polaridad sur, 14 polos en total.



Figura 6-4. Rotor o inductor Chevrolet, devanado de excitación modificado

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Tabla 4-4. Características del diseño original y rediseño del rotor

	Diseño original	Rediseñado
Polos	14	14
Número de vueltas	320	390
Número de alambre del bobinado	20	20

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.2.2 *Estator*

Las fases del estator del alternador Chevrolet tienen una conexión en estrella, ya que esta conexión nos facilita el incremento de voltaje, en este tipo de conexión las bobinas estarán conectadas de modo que cada una se comportará de una forma monofásica y así producir un voltaje simple y la tensión compuesta aparecerá mediante las fases unidas (entrefases).

En el inducido del alternador Chevrolet se produjo un cambio en el número de alambre de cobre esmaltado, pero sin embargo nos da la cantidad necesaria para realizar nuestro estudio.

Tabla 5-4. Características del diseño original y rediseño del estator

	Diseño original	Rediseñado
Número de vueltas	10	10
Número de alambre de cobre esmaltado	17	18

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

La tensión que se genera en cada una de las fases es igual a la suma de la tensión de dos bobinados

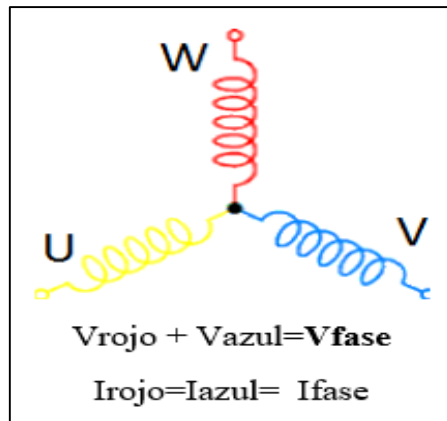


Figura 7-4. Conexión estrella

Fuente: (Turnero, 2014, p.1)

Como la conexión estrella de un alternador también fue mejorada de la misma manera que la conexión triángulo, los bobinados 7 positivos y 7 negativos (14) irán agrupados y en serie, entonces este procedimiento aumentará las corrientes en las fases existiendo 14 alternancias por vuelta, así es como se realizó en el alternador Ford.

La conexión se la realizó en el estator teniendo en cuenta que los bornes deben tener una posición horizontal a diferencia de la conexión delta que tiene vertical. Para este tipo de conexión se conecta los devanados de la forma que se muestra en la figura 8-4, lleva los parámetros definidos como estrella también conocido como conexión "Y", en esta conexión las corrientes de línea son iguales a las corrientes de fase, además tienen la característica de que requieren un menor nivel de aislamiento.

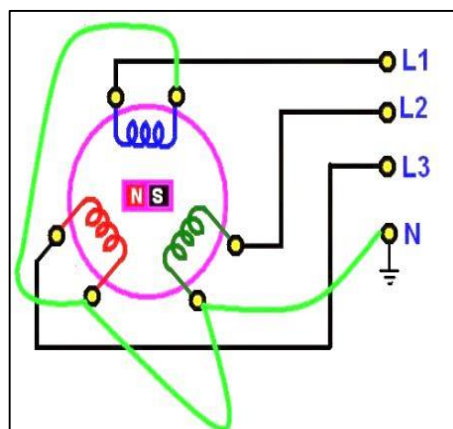


Figura 8-4. Conexión punto neutro

Fuente: (Arellano, 2017, p.12)

Debemos tener en cuenta que la conexión estrella tiene un devanado mas son 4 alambres de cobre que sobresalen, pero uno es neutro, por lo que éste puede ser aislado para no generar descargas.



Figura 9-4. Estator de alternador Chevrolet

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

En la conexión estrella los extremos de las bobinas del estator se conectan juntos, tienen un punto comun llamado centro de estrella.

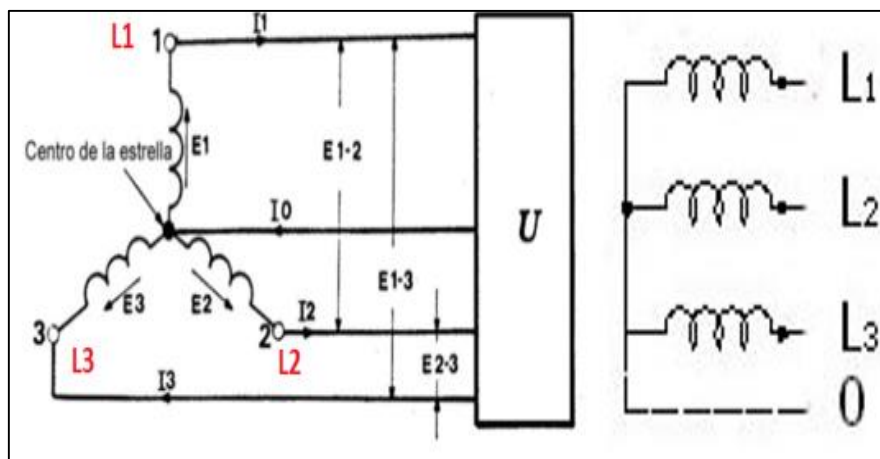


Figura 10-4. Conexión de los devanados en estrella

Fuente: (Tarrillo Mendoza, 2013, p.10)

Tensiones de fase en estrella: Medidas entre una fase y el neutro. $E_1 - E_2 - E_3$

Tensiones de línea o enlazadas : Medidas entre dos fases. $E_{1-2} - E_{2-3} - E_{1-3}$.

Las corrientes en línea son las mismas que circulan en las respectivas bobinas. $I_1 - I_2 - I_3$

La corriente I_0 es la que circula en el centro de la estrella llamado comunmente punto neutro.

Tabla 6-4. Datos de alternador Chevrolet (diseño original) a 3600 rpm, sin consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (mA)
u-v	27	u	0.09
v-w	26	v	0.09
u-w	25	w	0.09

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.3 Conexión de alternadores en paralelo

Mediante la conexión en paralelo de los dos generadores se pudo constatar que la intensidad de corriente se incrementó mientras que la tension electrica se promedió, los datos obtenidos de la realización de los análisis correspondientes se representan a continuacion:

Tabla 7-4. Datos de alternador Ford (rediseñado) a 3600 rpm, sin consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (A)
u-v	74	u	0.03 (s/c)
v-w	73	v	19.7
u-w	74	w	19.8

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Tabla 8-4. Datos de alternador Chevrolet (rediseñado) a 3600 rpm, sin consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (A)
u-v	164	u	19.1
v-w	160	v	19,6
u-w	161	w	0.01 (s/c)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

En las siguientes tablas observamos los valores que se recolectaron, en las fases de cada uno de los alternadores los cuales estan conectados entre sí en paralelo, alimentados por una fuente de 12 voltios y con el respectivo consumidor (motor eléctrico AC) activado, a una velocidad de 3600 rpm que nos brinda el motor de combustión interna.

Tabla 9-4. Datos de alternador Ford (rediseñado) a 3600 rpm, con consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (A)
u-v	52	u	6.63 (c.c)
v-w	49	v	18.38
u-w	54	w	19.65

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Tabla 10-4. Datos de alternador Chevrolet (rediseñado), con consumidor

Fases	Voltios	Fases	Intensidad (A)
u-v	77	u	19.49
v-w	70	v	18.18
u-w	73	w	6.49 (c.c)

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Los datos que se obtuvieron fueron a la capacidad máxima del motor de combustión interna de 5.5 hp., lo cual pudimos apreciar que nuestro prototipo generaba un voltaje de 133 voltios al ingreso del bobinado primario del transformador y 270 voltios a la salida del bobinado secundario, lo cual nos permite el funcionamiento optimo del motor eléctrico.



Figura 11-4. Voltaje al ingreso de bobinado

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019



Figura 12-4. Voltaje a la salida de bobinado

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.4 Cálculos en alternadores

Los siguientes datos son proporcionados y calculados en cada una de las fases de los estatores con el prototipo en funcionamiento.

4.4.1 Cálculos de alternador Ford

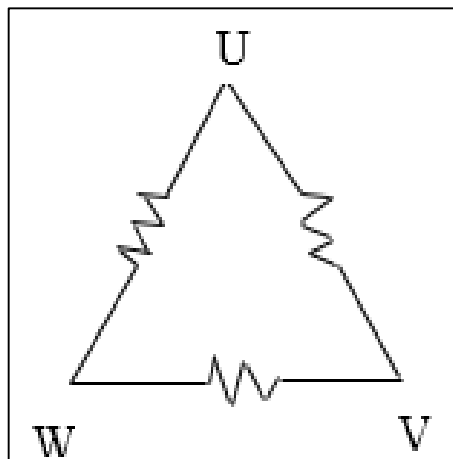


Figura 13-4. Fases de estator Ford.

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Tensión de cada fase es igual a la tensión de línea.

$$\text{Voltaje fase (V}_F\text{)} = \text{Voltaje línea (V}_L\text{)}$$

$$V_L(u-v) = 52 \text{ V}$$

$$V_F = V_L \longrightarrow V_L(u-v) = V_F(u-v) = 52$$

$$V_L(v-w) = 49 \text{ V}$$

$$V_F = V_L \longrightarrow V_L(v-w) = V_F(v-w) = 49 \text{ V}$$

$$V_L(u-w) = 54 \text{ V}$$

$$V_F = V_L \longrightarrow V_L(u-w) = V_F(u-w) = 54 \text{ V}$$

Relación corrientes de línea y fase

$$I_L = \sqrt{3} I_F$$

Corrientes de línea: Circulan en los conductores de línea,

Corriente de línea (I_L),

$$U \longrightarrow 6,63 \text{ A}$$

$$V \longrightarrow 18,38 \text{ A}$$

$$W \longrightarrow 19,65 \text{ A}$$

Corrientes de fase: Circulan en las bobinas.

Corriente de fase (I_F)

$$U \longrightarrow I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{6,63 A}{\sqrt{3}} = 3,8278 A$$

$$V \longrightarrow I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{18,38 A}{\sqrt{3}} = 10,6116 A$$

$$W \longrightarrow I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{19,65 A}{\sqrt{3}} = 11,3449 A$$

4.4.2 Cálculos de alternador Chevrolet

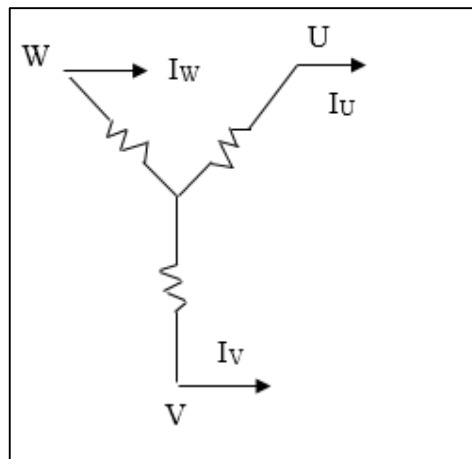


Figura 14-4. Fases de estator Chevrolet

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Las corrientes en línea son las mismas que circulan en las respectivas bobinas

$$I_{\text{Línea}} (I_L) = I_{\text{Fase}} (I_F)$$

$$I_U = 19,49 \text{ A}$$

$$I_V = 18,18 \text{ A}$$

$$I_W = 6,49 \text{ A}$$

Tensiones de línea o enlazadas: Medidas entre dos fases

Voltaje de línea o enlazadas

$$V_{(U-V)} = 77 \text{ V}$$

$$V_{(V-W)} = 70 \text{ V}$$

$$V_{(U-W)} = 73 \text{ V}$$

Relación de voltaje de línea con voltaje de fase

$$V_L = \sqrt{3} V_F$$

Tensiones de fase o en estrella: Medidas entre una fase y el centro de la estrella

$$V_{L(U-V)} = \sqrt{3} V_{F(U-V)}$$

$$V_{F(U-V)} = \frac{V_{L(U-V)}}{\sqrt{3}} = \frac{77 \text{ V}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{F(U-V)} = 44,4559 \text{ V}$$

$$V_{L(V-W)} = \sqrt{3} V_{F(V-W)}$$

$$V_{F(V-W)} = \frac{V_{L(V-W)}}{\sqrt{3}} = \frac{70 \text{ V}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{F(V-W)} = 40,4145 \text{ V}$$

$$V_{L(U-W)} = \sqrt{3} V_{F(U-W)}$$

$$V_{F(U-W)} = \frac{V_{L(U-W)}}{\sqrt{3}} = \frac{73 \text{ V}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{F(U-W)} = 42,1465 \text{ V}$$

4.5 Análisis de gases de escape

El análisis de las emisiones se realizó en la ciudad de Riobamba, ubicada a 2750 msnm. El dispositivo que fue utilizado para obtener las emisiones del motor de combustión interna fue MET 6.3 ANALIZADOR COMBINADO, sus características principales son:

- Fuente de alimentación 110V-230V, 50/60 Hz.
- Sonda de medición de enrejado de acero 600 mm, manguera de sonda 2000 mm.
- Medición de gases de escape posible para motores de CNG, LPG, gasolina y diésel.
- Analizador de gases con poco peso y tamaño compacto.
- Comprobación y/o diagnóstico rápido y sin complicaciones de la opacidad/concentración de partículas mediante procedimiento de corriente parcial con aceleración libre o bajo carga del motor.
- Ampliable para la medición adicional de NOx.
- Una sola sonda común para diésel y gasolina.
- Análisis preciso de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂ con cálculo del valor lambda.



Figura 15-4. Analizador de gases, MAHA

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Las emisiones de gases contaminantes contribuyen a los estudios sobre mejoras en los combustibles, los mismos que son empleados para generar algún tipo de energía mecánica, en nuestro motor utilizamos gasolina extra.

Las normas ecuatorianas establecidas son directrices de la OMS (organización mundial de la salud), esta organización establece que cada país debe considerar normas de calidad de aire que de una u otra forma protejan la salud de los ciudadanos y nuestro medio ambiente, acorde a cada economía, técnica y realidad social de cada país.

En Ecuador existen normas que regularizan los niveles de contaminación según su tipo de combustible, para el análisis de gases nos vamos a regir a la norma del instituto ecuatoriano de normalización NTE INEN 2204:2016 segunda revisión, esta norma establece todos los parámetros que debemos cumplir para que los gases contaminantes emitidos por nuestro motor Yamada estén en el rango establecido.

4.5.1 Monóxido de carbono (CO)

Es un gas inodoro, incoloro e inflamable y altamente tóxico. Es uno de los principales contaminantes expulsados por los motores de combustión interna sus mayores concentraciones se ven reflejadas en las características ambientales, estas características son producidas en horas y meses con temperatura bajas. El período que han sido más frecuentes las emisiones y la concentración de este gas es en abril, mayo, octubre y noviembre, debido a que se genera mayor

efecto del arranque en frío. En la norma NTE INEN 2204 segunda revisión establece un máximo de 2.3 (g/km) de CO.

4.5.2 Óxido de Nitrógeno (NO_x)

Se forma durante la combustión, tiene aspecto amarillento. Es un gas irritante, tóxico y consecuente en la formación de nitratos, que con llevan a la creación y disipación de ácidos en el ambiente. Los NO_x son procedentes de la suma del dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxido nítrico (NO).

Estas emisiones, óxidos de nitrógeno contienen un porcentaje muy elevado de monóxido de nitrógeno un 80%, los mismos que se transforman rápidamente en dióxido de nitrógeno. La cantidad de NO₂ en el NO_x aumenta cuando en el ambiente existe mayor ozono, debido a que este genera una aceleración en el proceso químico donde NO se convierte en NO₂. En la norma NTE INEN 2204 segunda revisión, establece un máximo de 0.15 (g/km) de NO_x.

4.5.3 Hidrocarburos (HC)

Son denominados hidrocarburos, la combinación de gases hidrógeno y carbono. Son generados por los combustibles no quemados o quemados parcialmente que son expulsados por el tubo de escape. Los de combustibles a gasolina son los que tienen la mayor cantidad de HC en comparación al diésel. Entre los HC se encuentra del benceno altamente tóxico y gas cancerígeno. La principal fuente que genera benceno en el ambiente, es por la utilización de motores y perdidas por evaporación de la gasolina. En la norma NTE INEN 2204 segunda revisión, establece un máximo de 0.20 (g/km) de HC.

4.5.4 Material Particulado (Pm)

Provenientes de la combustión incompleta que se produce en la quema del combustible, se caracterizan por ser partículas muy pequeñas líquidas y sólidas. Existen partículas consideradas grandes que al emitirse por el tubo de escape no toman una distancia de emanación que afecten considerablemente ya que se alojan cerca del conducto, a diferencia de las partículas mínimas,

estas son las que producen afectaciones hacia el ser humano y al ecosistema ya que se desplazan a grandes distancias.

Mediante la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire y Ambiente (NCAA) procede a designar mediante un promedio anual un máximo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.6 Resultados de análisis de gases

Mediante el analizador se realizó 4 pruebas en el motor de combustión interna: dos a ralentí (1500rpm) sin carga / con carga y 2 a capacidad máxima (3600rpm) con carga/sin carga.

4.6.1 *Marcha mínima Ralentí 1500 rpm*

Motor Yamada ralentí 1500 rpm sin consumidor. Valores medidos.



Figura 16-4. Análisis de gases a 1500 rpm sin consumidor

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Motor Yamada ralenti 1500 rpm activado el consumidor. Valores medidos.



Figura 17-4. Análisis de gases a 1500 rpm con consumidor

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Se realizó la toma de datos para establecer un análisis y mantener una relación de gases emanados por el motor. Se consideró diferentes factores y se mantuvo una relación que nos permitió verificar con que factor se obtiene una mayor o menor cantidad de gases emanados, esto dependió de sus regímenes de prueba. Estos resultados fueron realizados a una velocidad de 1500 rpm (ralenti).

Tabla 11-4. Datos de emisión de gases a 1500 rpm

ANÁLISIS DE GASES MOTOR YAMADA A 1500 RPM (RALENTI) SIN CONSUMIDOR		
GASES		DATOS
CO	% Vol	6,45
CO korr	% Vol	9
HC	ppm	554
PM	mg/m3	8,06
CO ₂	% Vol	4,3
O ₂	% Vol	9,26
λ		1,264

ANÁLISIS DE GASES MOTOR YAMADA 1500 RPM (RALENTI) CON CONSUMIDOR		
GASES		DATOS
CO	% Vol	2,33
CO korr	% Vol	7,89
HC	ppm	170
PM	mg/m3	0
CO ₂	% Vol	2,1
O ₂	% Vol	20,52
λ		0

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

De acuerdo a los valores obtenidos y registrados en nuestro estudio podemos hacer referencias de los valores tomados en las dos pruebas realizadas y establecer diferencias mediante la siguiente tabla representativa que nos permita ver la cantidad de gases emanados por la combustión del motor de combustión interna.

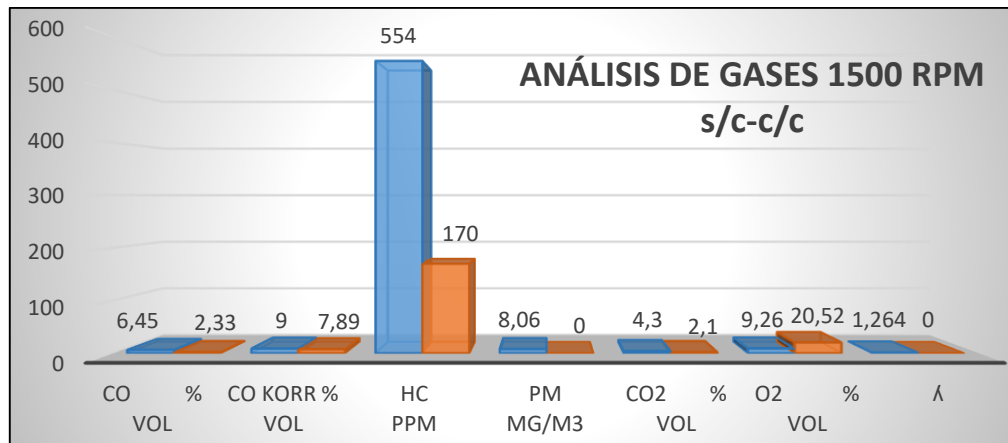


Gráfico 1-4. Cantidades de gases emanados a 1500 rpm

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.6.2 Máxima capacidad 3600 rpm

Los valores medidos se efectuó bajo regímenes diferentes a la anterior, ya que el motor tiene su mayor capacidad de revoluciones en su máxima carga, se efectuó el análisis de gases para verificar la variedad y cantidad de emanacion en los dos estudios realizados a 3600 rpm.

Motor Yamada a 3600 rpm sin consumidor. Valores medidos.



Figura 18-4. Análisis de gases a 3600 rpm sin consumidor

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Motor Yamada máx 3600 rpm activado el consumidor.

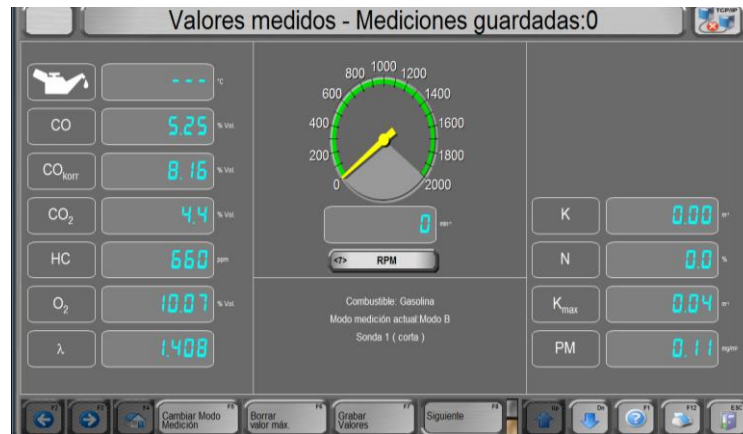


Figura 19-4. Análisis de gases a 3600 rpm con consumidor.

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

En la segunda prueba se realizó la toma de datos de los gases emanados a una capacidad máxima de 3600 rpm. Mediante el tipo de prueba, los gases emanados tomaron diferentes cantidades ya que dependió de la capacidad que se encontraba trabajando el motor. Se consideró todos los datos de los gases que nos emitió el equipo de análisis, así podemos verificar la cantidad de una y otra para hacer un seguimiento. Según el régimen en el que se encuentre emana mayor cantidad de gases, algunos contaminantes y otros no contaminantes.

Tabla 12-4. Datos de emisión de gases a 3600 rpm.

ANÁLISIS DE GASES MOTOR YAMADA A 3600 RPM SIN CONSUMIDOR			ANÁLISIS DE GASES MOTOR YAMADA 3600 RPM CON CONSUMIDOR		
GASES		DATOS	GASES		DATOS
CO	% Vol	5,96	CO	% Vol	5,25
CO korr	% Vol	9,35	CO korr	% Vol	8,16
HC	ppm	512	HC	ppm	660
PM	mg/m3	0,11	PM	mg/m3	0,11
CO2	% Vol	3,6	CO2	% Vol	4,4
O2	% Vol	12,29	O2	% Vol	10,07
λ		1,539	λ		1,408

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

Mediante la emisión de gases se obtuvo resultados que podemos analizarlos y determinar una comparación entre dos pruebas a este tipo de régimen. Los valores medidos toman diferentes nomenclaturas, que difiere según el tipo de gas que está analizando el equipo, mediante el siguiente gráfico se pudo establecer las diferencias de todos los gases expulsados por el motor variando su tipo de carga.

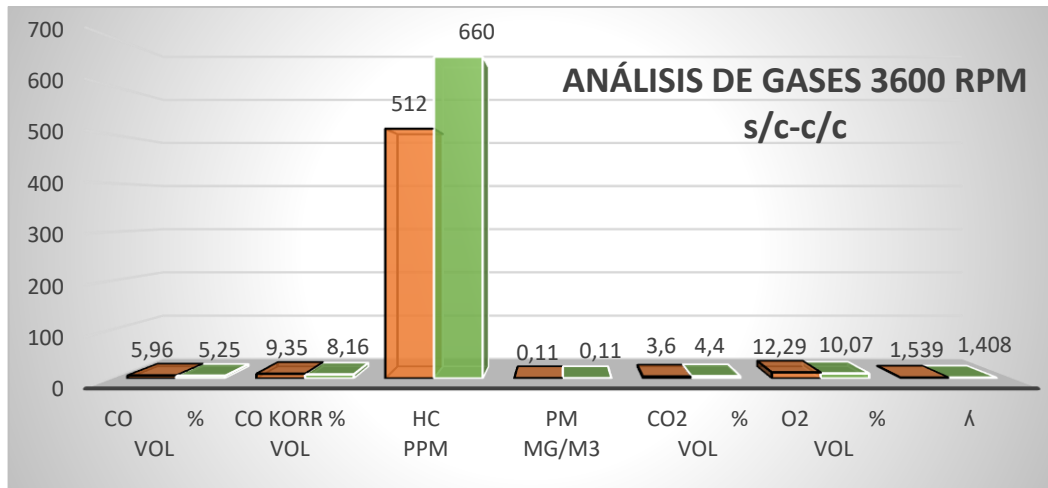


Gráfico 2-4. Cantidades de gases emanados a 3600 rpm

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

4.7 Interpretación de gases contaminantes

Se interpreta los gases tóxicos mediante la norma NTE INEN 2204, relación que se da a ralentí y a plena carga, las dos pruebas se realizaron con el consumidor (motor eléctrico) activado. Aquí se tomó como referencia el análisis con carga ya que el motor ejerce mucha mayor energía.

Los gases contaminantes fueron controlados mediante rangos y porcentajes, dependiendo de cuál fue analizado ya que alguno se tuvo que modificar las cantidades establecidas por el análisis porque el equipo utilizado no nos facilitaba las unidades necesarias.

Los datos obtenidos son regularizados mediante normas y cantidades establecidas en el Ecuador, en las siguientes tablas los primeros valores son rangos máximos establecidos por la norma nacional, el segundo dato son las cantidades que fueron obtenidas en las pruebas con el equipo, y el tercer dato es un comparativo del porcentaje en que se eleva o disminuye las cantidades de gases tóxicos.

Tabla 13-4. Datos de emision de gases a 1500 rpm con consumidor

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION NTE INEN 2204			
ANÁLISIS DE GASES CONTAMINANTES MOTOR YAMADA			
RALENTÍ 1500 RPM CON CONSUMIDOR			
GASES	MAX. NTE 2204	ANALISIS DE EMISIONES	%
CO (g/km)	2,3	0,0536	2,330
PM (µg/m3)	50	0	0
HC (ppm)	650	170	26,1538

Realizado por: Alex Vega, Walter Rodríguez. 2019

Con los resultados obtenidos en la sección anterior se realizó una comparación con los valores establecidos por la norma nacional, misma que fue satisfactoria ya que según el análisis estamos bajo el rango predeterminado, y el porcentaje que generan los gases contaminantes hacia el ecosistema son muy inferiores, enfatizando que el motor está a un régimen de 1500 rpm con consumidor.

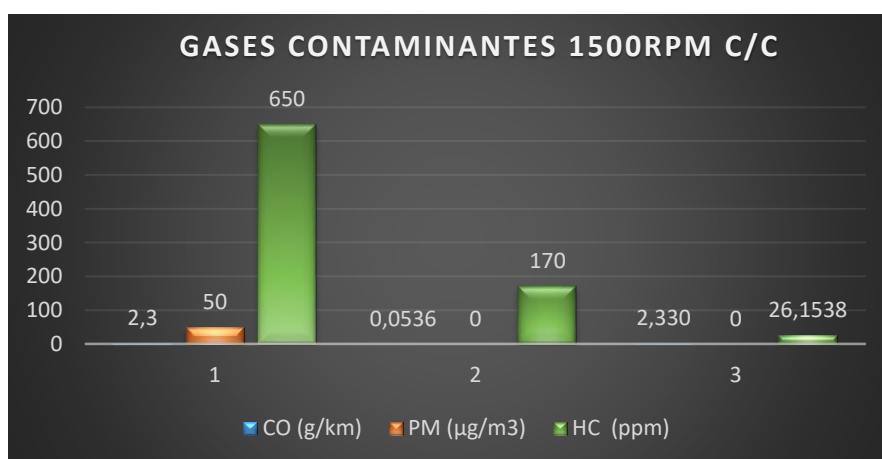


Gráfico 3-4. Cantidad de gases contaminantes emanados a 1500 rpm

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

El procedimiento en esta prueba se hizo igual que la anterior con 3 tipos de datos los cuales son representados en una tabla que contiene los gases contaminantes que se pudo visualizar en el equipo que se utilizó, de igual manera se hace una inspección a los valores dados para coordinar si están en el rango establecido y el porcentaje de aumento o disminución de los contaminantes.

Tabla 14-4. Resultados gases contaminantes emanados, 3600 rpm con consumidor

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION NTE INEN 2204			
ANÁLISIS DE GASES CONTAMINANTES MOTOR YAMADA			
MAX. 3600 RPM CON CONSUMIDOR			
GASES	MAX. NTE 2204	ANALISIS DE EMISIONES	%
CO (g/km)	2,3	0,12075	5,25
PM (µg/m ³)	50	110	220
HC (ppm)	650	660	101,5385

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

El gráfico a continuación establece una comparación de valores según la norma nacional, los análisis proporcionaron datos que son nocivos para el medio ambiente. En este caso se enfatizó que el motor este a plena carga con el consumidor activado y mediante la sonda del equipo se obtuvo resultados desfavorables en dos tipos de gases, hidrocarburos y material particulado. Los resultados tienen un alto nivel de porcentaje de emanación de contaminantes hacia la atmósfera, que sobrepasan los rangos establecidos en la Norma INEN.

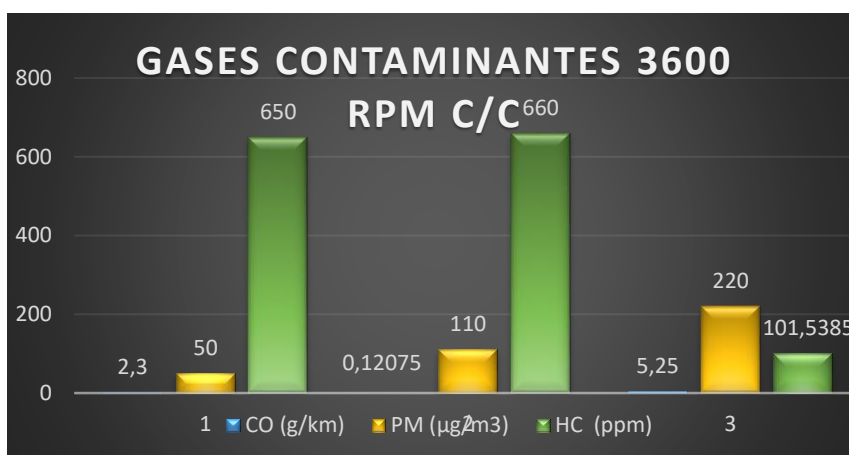


Gráfico 4-4. Cantidad de gases contaminantes emanados a 3600 rpm

Realizado por: Walter Rodríguez, Alex Vega. 2019

CONCLUSIONES

Se realizó un estudio técnico y bibliográfico, en base a la información obtenida se logró incrementar la energía eléctrica de los generadores mediante parámetros adecuados que permitieron que la intensidad de corriente generada aumente y la tensión eléctrica se promedie logrando una mayor efectividad en el prototipo.

Con el prototipo utilizado se logró incrementar la energía eléctrica mediante la aplicación de la reingeniería de dos generadores de corriente alterna del vehículo que permite obtener energía cinética, logrando el accionamiento de un conjunto diferencial.

Podemos concluir que el prototipo que se ejecutó demuestra que las emisiones contaminantes de un motor de combustión interna se lograron disminuir, aunque se debe trabajar en adicionar sistemas que aporten a eliminar la totalidad de emisiones para de esta manera poder contribuir con el medio ambiente.

El proyecto implementado es factible bajo algunas condiciones que deben ser trabajadas y desarrolladas en su totalidad debido a que el funcionamiento del motor de combustión interna a regímenes distintos genera una emisión de gases que en algunas ocasiones ciertas sustancias se incrementan o reducen.

RECOMENDACIONES

La propuesta presentada en este trabajo de titulación para que sea factible en su totalidad sería la realización de una nueva propuesta de estudio utilizando la implementación de otro motor de combustión interna con mejores características de funcionamiento.

Implementar un sistema de recirculación de gases de escape que permitan la disminución de agentes contaminantes que podría ayudar a los respectivos ajustes de fabricación del prototipo.

Debido a que el prototipo presentó ciertas anomalías en la emisión de gases contaminantes se requiere la implementación de un catalizador que permitirá la disminución de sustancias tóxicas.

BIBLIOGRAFÍA

ARELLANO, María. *Conexiones trifásicas* [en línea]. República Bolivariana de Venezuela, 9 de marzo de 2017. [Consulta: 18 de enero de 2019]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/mariaarellano8/conexiones-trifasicas>

ARTÉS, David. *El coste de producción de un coche eléctrico más que duplica a un gasolina equivalente* [en línea]. 12 de enero de 2012. [Consulta: 3 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://www.diariomotor.com/tecmovía/2012/01/04/el-coste-de-produccion-de-un-coche-electrico-mas-que-duplica-a-un-gasolina-equivalente/>

AUTOLAB. *Qué es y para qué sirve la correa de accesorios* [blog]. 31 de agosto de 2018. [Consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://autolab.com.co/blog/correa-accesorios/>

BALLESTER, Eduard; & PIQUÉ, Robert. *Electrónica de Potencia Principios Fundamentales y Estructuras Básicas*. Barcelona-España: Marcombo S.A, 2011. 978-84-267-1873-0, pp. 1-3

BARRERA DOBLADO, Oscar; & ROS MARÍN, Joan Antoni. *Vehículos eléctricos e híbridos*. Madrid-España: Paraninfo, 2017. pp. 8-15

BATERIAS ECUADOR. *Baterías Ecuador*. [En línea], 2019. [Consulta: 8 de Mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.bateriasecuador.com/2017/04/17/e3-42-fe/>

BENITEZ, Wilson. *Autos Eléctricos, mitos, realidades y ¿qué pasa en Ecuador?* [En línea]. 16 de mayo de 2017. [Consulta: 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.inacorpsa.com/autos-electricos/>

BOSCH, Robert. "Electricidad y Electronica del automóvil". *Alternadores*, vol. 2, (2000) (Alemania) pp. 4-8.

CASTILLO, Yonnathan. *Normas y símbolos de uso general en esquemas de control de motores.* [en línea]. Maracaibo-Venezuela: 2017. [Consulta: 25 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/Yonnathancastle/normas-y-simbolos-de-controles-electricos-1>

CELIS, Enrique. *Alternadores* [en línea]. 5 de agosto de 2008. [Consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.clubseat1500.org/cgi-bin/ComoFuncionaUnAlternador.htm>

CUADRADO, Carlos; et al. *Electrónica Industrial: apuntes, prácticas y problemas,* [en línea]. 2012, pp. 2-4. [Consulta: 31 de octubre de 2018]. Disponible en: http://www.ehu.es/electronica-industrial/ElectronicaIndustrial_Automatica/apuntes/EI2012.pdf

DE CASTRO VICENTE, Miguel. *Nueva enciclopedia del automovil el motor de gasolina.* Barcelona-España: Ceac S.A, 1997. 84-329-1180-1. P.11

EL TELÉGRAFO. *Control de emisiones de gases en los vehículos.* [En línea]. Ecuador, 24 de Junio de 2014. [Consulta: 26 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/el-control-de-emision-de-gases-en-los-vehiculos-sera-diferenciado-infografia>

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales* [En línea]. México: Limusa, 2005. [Consulta: 20 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=8YvPNzKOOIAC&printsec=frontcover&dq=El+ABC+de+las+instalaciones+el%C3%A9ctricas+industriales.&hl=es-419&sa=X&ved%20=0ahUKEwjF77jwgdvjAhUhxVkJHTpsCR4Q6AEIJzAA#v=onepage&q=El%20ABC%20de%20las%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas%20industriales.&f=false>

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. 2004. *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos* [En línea]. México: Limusa, 2004. [Consulta: 3 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&dq=el+libro+practico+de+los+generadores+enriquez+harper&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi%20E05m6iNvjAhXyzVkJHfltDAkQ6wEIKDAA#v=onepage&q=el%20libro%20practico%20de%20los%20generadores%20enriquez%20harper&f=false>

EUROTALLER. *Polea libre del alternador: Qué es, para qué sirve y cuándo sustituirla* [En línea]. 12 de Diciembre de 2013. [Consulta: 20 de Abril de 2019]. Disponible en: <https://www.eurotaller.com/noticia/polea-libre-del-alternador-que-es-para-que-sirve-y-cuando-sustituirla>

GRUPO VELASCO. *Convertidor 500W 220-110* [En línea]. [Consulta: 18 de Abril de 2019]. Disponible en: <http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=1146>

HERMOSA DONATE, Antonio. *Principios de electricidad y electrónica II* [En línea]. Barcelona-España: Marcombo, 1999. [Consulta: 25 de junio de 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=OBGdJcvSvCQC&pg=SA1-PA38&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false

HOYOS GARCÍA, Juan José. *Bobinado de motorres electricos de corriente alterna* [En línea]. 20 de abril de 2008. [Consulta: 27 de junio de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/RobertoChamie/adjuntos-fichero-408733>

ILCAPO. *El motor eléctrico* [En línea], 12 de noviembre de 2009. [Consulta: 20 de julio de 2018]. Disponible en: https://www.taringa.net/+ebooks_tutoriales/todo-para-bobinado-de-motores-electrico_12wg8y

MAFLA ALVEAR, Myriam Jeanneth; & ORTIZ GUACHAMIN, Mayra. *Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros.* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador: 2007. pp. 9-10. [Consulta: 30 de junio de 2019]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/515/1/CD-1034.pdf>

MATEOS APARICIO, Juan Pedro. *Para qué sirve un alternador y cómo funciona* [En línea]. 15 de julio de 2019. [Consulta: 20 de Julio de 2019]. Disponible en: <https://www.autofacil.es/tecnica/2014/11/13/sirve-alternador-funciona/21469.html>

MECAFENIX. *¿Qué es un alternador automotriz? para que sirve y sus tipos* [En línea]. 12 de Abril de 2019. [Consulta: 4 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automotriz/alternador-automotriz/>

MEGANEBUY, Dani. "Alternadores y reguladores de tensión". *Aficionados a la mecánica*. [En línea]. 2014. [Consulta: 12 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/alternador-funcionam.htm>

MERINO, María; & PÉREZ PORTO, Julián. *Definición de prototipo* [En línea]. 2015. [Consulta: 11 de Diciembre de 2017]. Disponible en: <https://definicion.de/prototipo/>

MUJAL ROSAS, Ramón. *Tecnología Eléctrica* [En línea]. Catalonia-España: UPC, 2000. 84-8301-716-7. pp. 26-28.

MURILLO HURTADO, Jorge Enrique; & SERNA GRISALES, Alejandro . *Manual para el rebobinado de motores eléctricos de inducción* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería) Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología. Pereira-Colombia: 2010. pp. 12-26. [Consulta: 20 de julio de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/carlosante28/bobinado-de-motores>

NAVARRETE, José. *Funcionamiento del alternador* [blog]. [Consulta: 30 de Junio de 2019]. Disponible en: <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-del-alternador/>

NTE INEN 2204:2016. *Gestión ambiental. aire. vehiculos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan gasolina. 2016.*

OSCARO. *Tapa lado accionamiento, alternador* [En línea]. [Consulta: 22 de Abril de 2019]. Disponible en: <https://www.oscaro.es/cojinete-de-accionamiento-alternador-bosch-f-00m-136-244-1103809-2190-p>

RASHID, Muhammad H. *Electrónica de potencia circuitos, dispositivos y aplicaciones*. 3ra ed. Naucalpan de Juárez-México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, 1995. 968-880-586-6. pp. 1-2

SÁNCHEZ LEONEL, Iván. *Desarrollo de prácticas para el embobinado de un motor de inducción* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería) Universidad Nacional Autónoma de México. México: 2016. pp. 8-22. [Consulta: 12 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10551/Tesis.pdf?sequence=1>

SEMERU TEKNIK. *Motor yamada YMD GX160 & YMD GX200* [En línea]. [Consulta: 19 de abril de 2019]. Disponible en: http://www.semeruteknik.com/product.php?id_product=195

SIERRA, Marcos. *La fabricación de baterías eléctricas como las de Tesla genera tanto CO2 como conducir un coche tradicional 8 años* [En línea]. 15 de septiembre de 2017. [Consulta: 3 de Marzo de 2018]. Disponible en: https://www.vozpopuli.com/economia-y-finanzas/empresas/fabricacion-baterias-electricas-Tesla-tanto-CO2-coche-tradicional_0_1062794865.html

SIGNIFICADOS. *Significado de estudio* [En línea]. 14 de marzo de 2017. [Consulta: 31 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://www.significados.com/estudio/>

TARRILLO MENDOZA, Stalyn Jaer. *Alternador constitucion-funcionamiento* [En línea], 17 de noviembre de 2013. [Consulta: 28 de enero de 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/stalyn20/alternador-constitucionfuncionamiento?fbclid=IwAR1%20dydnpSM79OcLyW7cnJD2Yny9imijoEp2gYp5zzWR9IpQorrcQOgtma7M>

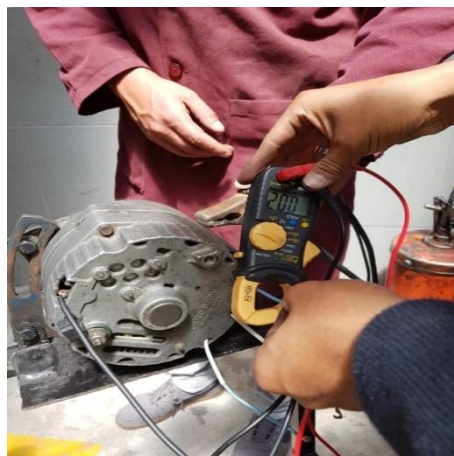
TURMERO, Pablo. 2014. *Generadores de corriente alterna en automoción. El alternador* [Blog]. [Consulta: 10 de Febrero de 2019]. Disponible en https://www.monografias.com/trabajos107/generadores-corriente-alterna-automocion-alternador/generadores-corriente-alterna-automocion-alternador2.shtml?fbclid=IwAR3onnOuSHaz2gk7QwDneX_4Tj0fPH8ow64WmDkVZs8qWu6P_TSwf4cIHAs.

ANEXOS

Anexo A Estructura de montaje.



Anexo B Pruebas previas antes del rediseño del alternador.



Anexo C Desmontaje de alternadores Chevrolet y Ford



Anexo D Estator y rotor Ford rediseñado



Anexo E Estator y rotor Chevrolet rediseñado



Anexo F Motor eléctrico



Anexo G Diferencial



Anexo H Prototipo Final



Anexo I Resultado obtenido a la salida del transformador





Materiales para el bobinador

AWG - Diametro

TABLA DE EQUIVALENCIAS

AWG	Diametro mm	Seccion mm2	AWG	Diametro mm	Seccion mm2
0000	11,7	107,5134	19	0,91	0,6504
000	10,4	84,9489	20	0,81	0,5153
00	9,26	67,3462	21	0,72	0,4072
0	8,25	53,4563	22	0,64	0,3217
1	7,35	42,4293	23	0,57	0,2552
2	6,54	33,5928	24	0,51	0,2043
3	5,83	26,6949	25	0,45	0,1590
4	5,19	21,1556	26	0,40	0,1257
5	4,62	16,7639	27	0,36	0,1018
6	4,11	13,2671	28	0,32	0,0804
7	3,67	10,5785	29	0,29	0,0661
8	3,26	8,3469	30	0,25	0,0491
9	2,91	6,6508	31	0,23	0,0415
10	2,59	5,2685	32	0,20	0,0314
11	2,30	4,1548	33	0,18	0,0254
12	2,05	3,3006	34	0,16	0,0201
13	1,83	2,6302	35	0,14	0,0154
14	1,63	2,0867	36	0,13	0,0133
15	1,45	1,6513	37	0,11	0,0095
16	1,29	1,3070	38	0,10	0,0079
17	1,15	1,0387	39	0,09	0,0064
18	1,02	0,8171	40	0,08	0,0050

Anexo K Resumen de fórmulas para obtener parámetros de diseño de embobinado.

Tipo de Embobinado	Amplitud M	Número secciones b	Bobinas por sección r	Número de bobinas n	Número Ranuras N	Pasos Posteriores Y _x	Pasos Anteriores Y _y	Pasos Totales Y _n	Paso de ranura Y _k =PP
Polos Reales o Alternados	$M=2r(q-1)$	$b=2pq$	$r=N/(4pq)$		$N=4pqr$				$Y_k=N/2p$
Polos Consecuentes	$M=r(q-1)$	$b=pq$	$r=N/2pq$		$N=2pqr$				$Y_k=N/2p$
1 capa				$n=N/2$					
2 capas	$M'=M/2$		$r'=r*2$ r' es r corregida	$n=N$	$N'=N*2$ N' =Medias ranuras				$Y_k=N/2p$
Secciones desiguales	Se calcula M _n (cada caso)		$r = \frac{\sum r_i}{t}$ Secciones desiguales			Se calcula para cada valor de r	Se calcula para cada valor de r	Se calcula para cada valor de r	
Bobinas Concéntricas						$Y_x=2r-x$ X=1,3,5	$Y_y=-(2r-1)$ Y=2,4,6	$Y_n=2r-1$	
Bobinas Excéntricas	Polos Reales a) $M=r(q-1)/2$ b) $M=r(q-1)$					$Y_x=r$ X=1,3,5	$Y_y=-(r-1)$ Y=2,4,6	$Y_n=2r-1$	
Secciones Superpuestas						$Y_x=n+Y_x$	$Y_y=Y_y-m$		
Secciones separadas	$M=0$								
Imbricado	$M=Y_k-1$					$Y_x=Y_k$ No importa si son secciones desiguales	1 capa: $Y_y=-(Y_x-2)$ 2 capas $Y_y=-(Y_x-1)$ No importa si son secciones desiguales	$Y_n=2r-1$	Y_k puede ser acortado o alargado Acortar si PP es par Y_k debe ser impar (1 capa)
Ondulado	$M=Y_k-1$					$Y_x=Y_k$ $Y_x=m+1$	$Y_y=Y_k$	$Y_n=1$	Y_k puede ser alargado o acortado

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07/11/2019

INFORMACIÓN DEL AUTORES
<ul style="list-style-type: none">• Walter Marcelo Rodríguez Tunduama• Alex Javier Vega Zurita
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
f. Documentalista responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo