



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ EN
BASE A ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA
SOLAR PARA UN CUADRÓN.”

TOAPANTA HEREDIA LUIS OMAR
NÚÑEZ FIALLOS DIEGO MARCELO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:
INGENIERO AUTOMOTRIZ

Año 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: Luis Omar Toapanta Heredia, y

Yo: Diego Marcelo Núñez Fiallos.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ EN BASE A ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR PARA UN CUADRÓN”**, fue desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se hace al pie de página correspondiente, las fuentes se añaden a la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos de lo comprendido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero del 2014.

Luis Omar Toapanta Heredia
CI: 050247088-3

Diego Marcelo Núñez Fiallos
CI: 1804219556

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Freddy Salazar (DIRECTOR)
Ing. Guido Torres (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ EN BASE A ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR PARA UN CUADRÓN**”, realizado por Toapanta Heredia Luis Omar y Núñez Fiallos Diego Marcelo, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos por la ESPE , en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje y a la aplicación de conocimientos por lo que si recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat.

Autorizan a Toapanta Heredia Luis Omar y Núñez Fiallos Diego Marcelo que lo confieran al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Enero del 2014

Ing. Freddy Salazar
DIRECTOR

Ing. Guido Torres
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Yo: Luis Omar Toapanta Heredia, y

Yo: Diego Marcelo Núñez Fiallos.

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ EN BASE A ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR PARA UN CUADRÓN”**, en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Enero del 2014

Luis Omar Toapanta Heredia
CI: 0502470883

Diego Marcelo Núñez Fiallos
CI: 180421955

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con mucho amor y cariño a mis padres Ramón y Marianita que sin escatimar ningún esfuerzo han hecho de mí una persona útil para la sociedad, a Estefy y Aaron que son mi pilar fundamental que cada día me impulsan a sobresalir y por la felicidad que me regalan todos los días, a mis queridos hermanos Xime, Jeaneth y Alejo que sin importar la distancia están siempre conmigo apoyándome incondicionalmente y por último a mi apreciado abuelo Segundo que tengo la suerte de haberlo tenido todo el tiempo conmigo.

Luis Toapanta.

DEDICATORIA

Para mi familia que ha estado a mi lado en todo momento y han inculcado en mí el verdadero amor que los padres tienen a sus hijos, el respeto y sobretodo me han enseñado de nunca darme por vencido hasta conseguir los objetivos planteados para formarme como una persona de bien.

Diego Marcelo

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi madre Stma. Virgen del Quinche por sus bendiciones diarias.

A mis padres por su perseverante paciencia y creer en mí por sus sabios consejos y concebir en mí que nada es imposible.

A la Escuela Politécnica del Ejército con su carrera Ingeniería Automotriz han formado en mí un profesional, también a mis tutores Freddy Salazar y Guido Torres que supieron guiar este proyecto de tesis y así plasmar un sueño tan anhelado.

A mis estimados amigos y compañeros confundidos que juntos pasamos momentos de felicidad y tristeza pero siempre logramos mantener una amistad sincera.

Luis Toapanta.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen Santísima del Tránsito por cuidar de mí, darme la bendición durante mi vida estudiantil y haberme dado fortaleza para vencer los momentos difíciles que se me presentaron para de esta manera poder terminar con éxito mis metas propuestas.

A mi familia quienes han sido mi apoyo incondicional, por el esfuerzo, cariño y sobre todo por su paciencia y comprensión.

A la Escuela Superior Politécnica del Ejercito Sede Latacunga por abrirme sus puertas, a mis maestros quienes me han sabido guiar para consolidar mi formación profesional.

Diego Marcelo

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 ALCANCE	4
1.6 PERFIL DE LA TESIS.....	5
CAPÍTULO 2	7
2.1 GENERALIDADES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (VE).....	7
2.1.1 INICIOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	7
2.2 CONCEPTO E IMPORTANCIA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (VE)	9
2.2.1 TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	12

2.2.2	SISTEMAS Y ELEMENTOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE)..	14
2.2.3	SISTEMA DE TRACCIÓN ELÉCTRICA	15
2.2.4	DIFERENCIAL ELECTRÓNICO	15
2.2.5	MOTOR ELÉCTRICO	16
2.2.6	ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS MOTORES...	18
2.3	ESPECIFICACIONES DEL MOTOR ELÉCTRICO	21
2.3.1	POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	21
2.3.2	FACTORES PARA LA MOTORIZACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	22
2.3.3	MOTORES IMPLEMENTADOS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.	23
2.4	ETAPA DE CONTROL Y POTENCIA.....	24
2.4.1	INVERSOR DE CORRIENTE.....	24
2.4.2	VARIADOR DE FRECUENCIA.....	28
2.5	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECARGA (BATERÍAS)	31
2.5.1	BATERÍA.....	31
2.5.2	CARGADOR DE BATERÍAS	33
2.6	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN.....	34
2.7	PANELES SOLARES	35
2.8	SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	37
2.8.1	BREAKER	37
2.8.2	POTENCIÓMETRO.....	38
2.8.3	INTERRUPTOR TRES POSICIONES	39
2.9	MAGNITUDES ELÉCTRICAS	39
2.9.1	CORRIENTE ELÉCTRICA	39
2.9.2	TENSIÓN ELÉCTRICA	40
2.9.3	RESISTENCIA ELÉCTRICA	40
2.9.4	FRECUENCIA	41
2.9.5	ENERGÍA ELÉCTRICA	41
2.9.6	CORRIENTE CONTINÚA.....	42
2.9.7	CORRIENTE ALTERNA.....	42
2.9.8	LEY DE OHM	44

2.9.9 FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM).....	44
2.9.10 CORRIENTE MONOFÁSICA.....	45
2.9.11 CORRIENTE TRIFÁSICA.....	46
2.9.12 LA CARGA.....	47
2.9.13 EL ARRANQUE.....	48
2.10 EL VELOCÍMETRO.....	52
2.11 SENTIDO DE GIRO DEL MOTOR.....	53
2.11.1 CONTROL VOLTAJE - FRECUENCIA (V/F).....	53
2.11.2 CONTROL VECTORIAL.....	55
2.12 SISTEMA DE FRENO.....	56
CAPÍTULO 3.....	58
3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA MOTRIZ.....	58
3.1 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	58
3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL CUADRÓN ELÉCTRICO.....	58
3.2.1 POTENCIA DEL MOTOR.....	58
3.3 RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO.....	59
3.3.1 RESISTENCIA POR RODADURA.....	60
3.3.2 RESISTENCIA POR EL AIRE FRONTAL.....	61
3.4 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR.....	65
3.5 SELECCIÓN DE LA BATERÍA.....	67
3.6 SELECCIÓN DEL INVERSOR DE VOLTAJE.....	69
3.7 CARGADOR.....	71
3.8 TRANSFORMADOR.....	72
3.9 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	73
3.10 SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	75
CAPÍTULO 4.....	78

4.	CONSTRUCCIÓN PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA MOTRIZ	78
4.1	DESCRIPCIÓN DEL ENSAMBLAJE	78
4.2	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	81
4.3	SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	84
4.3.1	MONTAJE Y CABLEADO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	84
4.4	MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	87
4.4.1.	CARGADOR DE BATERÍA.....	87
4.4.2.	BATERÍA.....	87
4.4.3.	INVERSOR	88
4.4.4.	TRANSFORMADOR	88
4.4.5.	VARIADOR DE FRECUENCIA.....	88
4.4.6.	MOTOR ELÉCTRICO	88
4.4.7.	PANEL SOLAR	88
4.5	PRUEBAS DEL VEHICULO ELÉCTRICO.....	90
4.5.1	AUTONOMÍA	90
4.5.2	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO	93
4.5.3	ANÁLISIS COMPARATIVO CUADRONES ELÉCTRICO – GASOLINA.....	94
	CAPÍTULO 5	97
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1	CONCLUSIONES.....	97
5.2	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	NETGRAFÍA	102
	ANEXO 1. ANÁLISIS DE CARGAS DEL SISTEMA	103
	ANEXO 2. CARÁCTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	108
	ANEXO 3. COSTO ESTIMADO DEL VEHÍCULO	112
	ANEXO 4. PRECAUCIONES DE LA BATERÍA	114

ANEXO 5. ARTÍCULO	116
ANEXO 6. PLANOS.....	- 125 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Los Primeros Ve Edison Electric Car 1923.	7
Figura 2.2 Camille Jenatzy, Coche Eléctrico La Jamais Contente,1899.....	8
Figura 2.3 Partes Del Vehículo Eléctrico.....	9
Figura 2.4 Tipos De Vehículos Eléctricos.	12
Figura 2. 5 Elementos Que Componen Un Vehículo Eléctrico	14
Figura 2.6 Esquema Vehículos Eléctricos.....	15
Figura 2.7 Motores Para Vehículos Eléctricos	16
Figura 2.8 Esquema de las Distintas Configuraciones de Sistemas de Tracción Eléctrica.....	20
Figura 2.9 Inversor De Corriente.....	25
Figura 2.10 Inversor Trifásico	26
Figura 2.11 Onda Cuadrada	26
Figura 2.12 Onda Senoidal	27
Figura 2.13 Variador De Frecuencia	28
Figura 2.14 Esquema De Un Rectificador Controlado Para Motor Cc	29
Figura 2.15 Circuito De Control De Velocidad.....	30
Figura 2.16 Esquema De Principio De Un Convertidor De Frecuencia	30
Figura 2.17 Arrancador Para Motor Asíncrono Y Forma De Onda la Corriente De Alimentación	31
Figura 2.18 Batería Eléctrica	32
Figura 2.19 Cargador De Baterías	33
Figura 2.20 Partes De Una Transformador.	34
Figura 2.21 Transformador De Tensión Ge	35
Figura 2.22 Panel Solar Fotovoltaico	35
Figura 2.23 Circuito Fotovoltaico	37
Figura 2.24 Breaker Eléctrico	38
Figura 2.25 Potenciómetro	39
Figura 2.26 Interruptor Tres Posiciones	39

Figura 2.27 Resistencia Eléctrica.....	40
Figura 2.28 Onda Corriente Directa	42
Figura 2.29 Onda Sinusoidal	42
Figura 2.30 Valores De La Corriente Alterna	43
Figura 2.31 Circuito Básico De Corriente Alterna.....	44
Figura 2.32 Corriente Monofásica.....	45
Figura 2.33 Corriente Trifásica.....	46
Figura 2.34 Potencia Sistema Monofásico Y Trifásico	46
Figura 2.35 Par – Velocidad Motor Eléctrico	48
Figura 2.36 Placa De Bornes Del Motor Eléctrico	48
Figura 2.37 Distribución de los Extremos de Los Bobinados en la placa de Bornes Y Sus Denominaciones.....	49
Figura 2.38 Arranque Directo De Un Motor Trifásico De Forma Manual ..	49
Figura 2.39 Arranque Estrella Triángulo Con Arrancador Manual	50
Figura 2.40 Arrancador Estrella Triángulo Manual	50
Figura 2.41 Arranque De Un Motor Mediante Autotransformador	51
Figura 2.42 Arranque Mediante Resistencias En Serie Con El Estator ...	52
Figura 2.43 Kit Para Instalación De Velocímetro.....	52
Figura 2.44 Curvas Par-Velocidad.....	54
Figura 2.45 Familia De Curvas Características Par-Velocidad.....	55
Figura 3.1 Diagrama De Cuerpo Libre	60
Figura 3.2 Ilustración De Un Cuadrón Sometido A Resistencia Al Aire	62
Figura 3.3 Área Frontal Del Cuadrón.	63
Figura 3.4 Motor Eléctrico Weg.....	65
Figura 3.5 Batería Bosch S4.....	68
Figura 3.6 Identificación De Baterías Bosch	69
Figura 3.7 Inversor De Corriente.....	70
Figura 3.8 Cargador De Batería.....	71
Figura 3.9 Transformador Ge	72
Figura 3.10 Variador De Frecuencia.	74
Figura 3.11 Sistema Fotovoltaico.....	77

Figura 4.1 Chasis Del Vehiculo.....	78
Figura 4.2 Cuadrón Ensamblado Con Los Sistemas Principales	79
Figura 4.3 Base Construida Con Miembro Estructural	79
Figura 4.4 Unión De Soportes	80
Figura 4.5 Acople Para El Motor	80
Figura 4.6 Instalación Del Acople.	81
Figura 4.7 Sistema De Transmisión	81
Figura 4.8 Sistema De Transmisión. Corona	82
Figura 4.9 Sistema De Transmisión Piñón-Corona	83
Figura 4.10 Cuadrón Parte Posterior	83
Figura 4.11 Parte Delantera Del Cuadrón.....	84
Figura 4.12 Panel Solar Parte Delantera Del Cuadrón.....	84
Figura 4.13 Cableado Del Variador De Frecuencia.....	85
Figura 4.14 Cableado Del Motor Weg.....	85
Figura 4.15 Conexión Del Inversor De Voltaje	86
Figura 4.16 Regulador Del Panel Solar.....	86
Figura 4.17 Circuito General Del Cuadrón	87
Figura 4.18 Interruptor Principal Del Sistema Eléctrico	88
Figura 4.19 Inversor De Voltaje	89
Figura 4.20 Elemento De Protección Breaker	89
Figura 4.21 Interruptor De Tres Posiciones	90
Figura 4.22 Potenciómetro (Acelerador)	90
Figura 4.23 Comportamiento De La Batería.....	91
Figura 4.24 Patio Espe-L	92
Figura 4.25 Voltaje Vs Tiempo Cuadrón Eléctrico.....	93
Figura 4.26 Prueba de Velocidad.....	93
Figura 4.27 Cuadrón Suzuki 160	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparativa entre los motores AC y DC.....	17
Tabla 2.2 Tabla Comparativa entre los motores AC y DC.	18
Tabla 2.3 Tipos de motores usados en vehículos eléctricos.	24
Tabla 2.4 Baterías usadas en vehículos eléctricos	32
Tabla 2.5 Características breakers	38
Tabla 3.1 Peso de accesorios del vehículo	59
Tabla 3.2 Coeficientes de rodadura	61
Tabla 3.3 Especificaciones del motor eléctrico WEG	66
Tabla 3.4 Características del Motor.....	67
Tabla 3.5 Resultados obtenidos del CB.....	68
Tabla 3.6 Características Batería	69
Tabla 3.7 Características del inversor de corriente	70
Tabla 3.8 Características del cargador de baterías	72
Tabla 3.9 Características del transformador	73
Tabla 3.10 Características de variador de frecuencia.....	75
Tabla 3.11 Características del panel solar	76
Tabla 3.12 Características del controlador del panel	76
Tabla 4.1 Prueba de velocidad	94
Tabla 4.2 Especificaciones Suzuki 160.....	95
Tabla 4.3 Precios oficiales de combustibles.....	95
Tabla 4.4 Comparación cuadrón (mci) vs cuadrón eléctrico	96

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema motriz en base a energía eléctrica con apoyo de energía solar para un cuadrón, el mismo que se ha realizado con el fin de reducir costos tanto en mantenimiento así como la eliminación total del uso de hidrocarburos.

Hoy en día los problemas de contaminación con el medioambiente son devastadores, que afectan a todos los seres vivos causando enfermedades crónicas, debido al uso excesivo de los vehículos que son impulsados por motores de combustión (M.C.I.).

Para dar solución a estos problemas medio ambientales a través de investigaciones dentro del campo automotriz hemos optado por diseñar un sistema motriz en base a energía eléctrica con apoyo de energía solar para un cuadrón, de esta manera el consumo de hidrocarburos y costos de mantenimientos serían más económicos.

Con este prototipo se trata de reducir los gases contaminantes, el ahorro energético y tratar de solucionar el tráfico en las grandes ciudades.

El presente texto contiene información sobre el avance tecnológico y como ha venido evolucionando los vehículos eléctricos y cuan amigable puede llegar a ser con el medio ambiente, está inmerso también el sistema que contiene el vehículo eléctrico y los diferentes tipos de motores que se puede utilizar para el proyecto.

Consta con la descripción de cada elemento que se instalará sobre el chasis del cuadrón, se han determinado, cálculos y se ha analizado las fuerzas que actúan sobre el mismo, con la ayuda de software se logró simular parámetros como: aerodinámica, resistencia por rodadura, etc., con el fin de optimizar el rendimiento.

Incluye los pasos que se realizaron al momento de acoplar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, constan con las respectivas pruebas para el consumo energético, resistencia y de autonomía a una velocidad constante y a una determinada distancia.

ABSTRACT

This project aims to design and implement a drive system based on electric energy with to support of solar energy for a four wheeler, the same that has been done in order to reduce both maintenance costs and the total elimination of the use of hydrocarbons.

Nowadays, the problems of environmental pollution are devastating wich are affecting all living so they are causing chronic diseases to excessive use of vehicles that are powered by combustion engines.

To solve these environmental problems through research within the automotive field we have chosen to design a drive system based on electric energy with to support of solar energy for a four wheeler, so oil consumption and maintenance costs would be more economical.

With this prototype we are going to try to reduce greenhouse gases, energy savings and try to solve the traffic in big cities.

This text contains information about technological advancement and as has been evolving the electric vehicles and how friendly can become with the environment, in this text is involved also the system that contains the electric vehicle and the different types of engines that can be used to the project.

It consists in the description of each item that will be installed on the chassis of the four wheeler, for that it has been determined, calculations and it has analyzed the forces acting on it, with the help of software it was able to simulate parameters such as aerodynamics, rolling resistance, etc., in order to optimize performance.

It includes the steps that were performed at the time of coupling the mechanical elements, electrical and electronic with the respective tests for the power consumption, endurance and autonomy at a constant speed and at a certain distance.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Automóvil Eléctrico se muestra en las últimas décadas como la alternativa del futuro en cuanto a transporte urbano se refiere. Las comparaciones que se realizan con su inmediato contendiente, el Automóvil de Combustión, se inclinan siempre hacia el lado de estos últimos por razones económicas, de prestaciones, y referentes a la infraestructura.

A pesar de ello, su desarrollo e investigación está más que concedido. Ninguna de las grandes compañías de automóviles quiere perder el tren del futuro, y por ello se sigue trabajando en el Automóvil Eléctrico como elección a los problemas derivados de los automóviles existentes.

El automóvil eléctrico posee innumerables beneficios en lo que a tráfico en grandes ciudades se refiere, trae consigo además una deducción considerable del consumo energético y sobre todo trae como consecuencia la disminución de la contaminación medioambiental en las grandes metrópolis.

Sin embargo, este tipo de vehículos no se ha introducido en el mercado todavía, puesto que además de tener un gran contendiente como es el vehículo de combustión interna, se forma un círculo vicioso en el cual los posibles compradores no lo hacen debido a la poca oferta que hay hoy en día en el mercado, y los constructores, no fabrican vehículos eléctricos porque que no hay esperanzas de venta.

1.2 ANTECEDENTES

Cualquier tipo de vehículo sobre la tierra, aunque elemento clave en el funcionamiento de la sociedad moderna, puede convertirse en un importante agente de contagio ambiental. Eliminar elementos contaminantes siempre será una tarea muy difícil y costosa, por lo que las medidas preventivas tienen gran categoría en este aspecto.

En la actualidad transitan por las carreteras del mundo millones de vehículos (automóviles, motocicletas, camiones y autobuses). El ciclo vital de un automóvil, desde su producción hasta su destrucción, es en sí mismo contaminante; sin embargo, no por ello se expone la guerra a este fabuloso aparato. Es más, se debe optimizar su uso y reducir así mismo su impacto en el medio ambiente.

Durante la primera década del siglo XXI, la industria automovilística se ha hecho cómplice de este problema, al menos en lo que se refiere al combustible utilizado, lanzando al mercado modelos de móviles híbridos, menos contaminantes. Las grandes metrópolis poseen un gran parque automotor. A veces se escucha decir que el automóvil es sinónimo de progreso, pero en el caso de muchas ciudades se convierten en un verdadero problema.

Los efectos de la contaminación ambiental sobre el ser humano y sobre los seres vivos son destructores; las emisiones dañinas de los motores de automóvil ocasionan desde problemas leves, como son dolores de cabeza, reducción de la capacidad de reacción y concentración, falta de visibilidad, ennegrecimiento de las casas y monumentos, hasta serios trastornos en la salud y enfermedades crónicas de las vías respiratorias, pulmones, corazón, sistema digestivo.

Hay que tomar en cuenta también un factor muy importante que es la falta de seriedad ecológica de la ciudadanía y de los conductores de vehículos, de no exigir un mejor control del nivel de las emisiones tóxicas, así como de evitar el aumento de éste. Al sector productivo también le compete una gran responsabilidad de adecuarse a los proyectos de protección del medio ambiente.

Para reducir en buena parte esta contaminación que cada vez toma mayor fuerza es ideal optar por autos impulsados por energías amigables con el ambiente siendo el vehículo eléctrico el medio que sin escatimar esfuerzos ha logrado posesionarse como el adecuado para circular en la ciudad y que además los motores de los vehículos eléctricos tienen una eficiencia que ronda el 75 por ciento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA MOTRIZ EN BASE A ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR PARA UN CUADRÓN.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los diferentes componentes de los vehículos eléctricos para poder entender su funcionamiento.
- Rediseñar el sistema mecánico del cuadrón.
- Diseñar el sistema eléctrico-electrónico.
- Implementar el sistema mecánico, eléctrico y electrónico.
- Realizar pruebas de consumo de energía para el cuadrón.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de este tipo de vehículos especiales, al momento no existe en el país, por lo que es un factor de mucha importancia que involucra a personas que se encuentran inmersos en el área automotriz, con el fin de buscar la aplicación de las nuevas tecnologías preservando el medio ambiente y reduciendo el consumo de combustible.

Además de ello el proyecto está al alcance del desarrollo automotriz que se vive en la actualidad, con ello el análisis de parámetros de funcionamiento y pruebas realizadas, para posteriormente conocer que tan fiable puede llegar hacer la inversión en este tipo de sistema innovador.

El desarrollo de este proyecto será de gran ayuda para poder determinar la utilidad de este tipo de sistema en el país, al ser sometidos a nuestro medio y así las personas que utilizan un cuadrón común puedan optar por este tipo que no perderá sus características esenciales.

En la realización de este proyecto es necesario efectuar labores interdisciplinarias en el amplio ámbito de la ingeniería mecánica además de otras áreas de apoyo, generando todo un reto y compromiso con la institución y la sociedad en general.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto contiene información detallada de los elementos eléctricos y electrónicos, además de los circuitos que conforman cada uno de ellos se incluye también planos del motor eléctrico utilizado.

El modelo de motor de corriente alterna utilizada es el ideal para este proyecto ya que cumple con los requerimientos y prestaciones, además es de fácil manipulación tomando en cuenta las seguridades y especificaciones detalladas por el fabricante.

El variador, contiene una programación básica, y se enfatiza la representación de los componentes de electrónica de potencia y se supone un comportamiento ideal de las señales de control.

El análisis mecánico se realiza mediante un modelo cinemático básico que incluye la resistencia aerodinámica y de rodadura del vehículo, además se considera una velocidad constante para el cálculo de la potencia del motor eléctrico.

Esta implementación contiene resultados de las pruebas de consumo de energía, además de su respectivo análisis como también de las mediciones tomadas de los circuitos eléctricos.

1.6 PERFIL DE LA TESIS

Este trabajo está estructurado en cinco capítulos temáticos. A continuación se presenta una breve reseña de cada uno de ellos.

El capítulo uno es de carácter introductorio detalla los objetivos que pretendemos con este proyecto además de antecedentes, justificación, alcance.

El segundo capítulo data los inicios de los vehículos eléctricos tipos, elementos y avances tecnológicos además de cuan amigable resulta esta tecnología con el medio ambiente. Incluyendo los sistemas que contienen los vehículos eléctricos para su correcto rendimiento.

Recalcando los diferentes motores eléctricos que se pueden utilizar en este sistema y su respectivo control de potencia.

El tercer capítulo describe los componentes a implementar en nuestro sistema previo un análisis y cálculos realizados por el grupo de trabajo mediante investigación. Se detalla además las características de cada elemento (voltaje de entrada, corriente de carga, potencia).

Se analiza las fuerzas o resistencias actuantes en el vehículo incluyendo los parámetros (densidad del aire, constante del aire, coeficiente de rodadura) que influyen en el movimiento del vehículo.

El capítulo cuatro se refiere al procedimiento que se lleva a cabo en la construcción del cuadrón los ensambles de cada uno de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos con sus respectivas conexiones y circuitos en las posiciones indicadas al chasis. Además de las pruebas realizadas como el consumo de energía, velocidad máxima en una distancia determinada.

El capítulo cinco se redacta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo al finalizar el proyecto.

CAPÍTULO 2

2.1 GENERALIDADES DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (VE)

2.1.1 Inicios de los vehículos eléctricos

El coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, uno de ellos se ilustra en la figura 2.1, hasta el punto que existieron eléctricos anteriores al motor de cuatro tiempos sobre el que Diesel (motor diesel) y Otto (gasolina), basaron el automóvil actual.

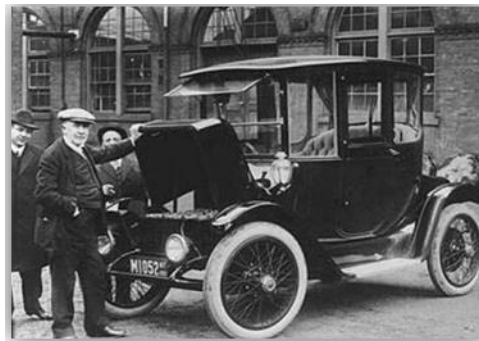


Figura 2.1 Los primeros VE Edison Electric Car 1923.

Fuente: www.cleanvehicle.eu

Entre 1832 y 1839, el hombre de negocios escocés Robert Anderson, inventó el primer vehículo eléctrico puro. El profesor Sibrandus Stratingh de Groninga, en los países bajos, diseñó y construyó con la ayuda de su asistente Christopher Becker vehículos eléctricos a escala reducida en 1835.

Según Kampman (2010) “La mejora de la pila eléctrica, por parte de los franceses Gaston Planté en 1865 y Camille Faure en 1881, allanó el camino para los vehículos eléctricos. En la Exposición Mundial de 1867

en París, el inventor austriaco Franz Kravogl mostró un ciclo de dos ruedas con motor eléctrico. Francia y Gran Bretaña fueron las primeras naciones que apoyaron el desarrollo generalizado de vehículos eléctricos. En noviembre de 1881 el inventor francés Gustave Trouvé demostró un automóvil de tres ruedas en la Exposición Internacional de la Electricidad de París”. (pág. 21) Green Power for Electric Cars.

Justo antes de 1900, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, entre los que destacan la ruptura de la barrera de los 100 km/h uno de ellos en la figura 2.2, de Camille Jenatton el 29 de abril de 1899, que alcanzó una velocidad máxima de 105,88 km/h.



Figura 2.2 Camille Jenatton, coche eléctrico La Jamais Contente, 1899.

Fuente: www.mascoche.net

Los automóviles eléctricos, producidos en los Estados Unidos por Anthony Electric, Baker, Detroit, Edison, Studebaker, y otros durante los principios del siglo XX tuvieron relativo éxito comercial. Debido a las limitaciones tecnológicas, la velocidad máxima de estos primeros vehículos eléctricos se limitaba a unos 32 km/h.

La introducción del arranque eléctrico del Cadillac en 1913 simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, que antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo eléctrico.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas introducidos en 1923 por Yale, toros elevadores de batería eléctrica, o más recientemente carros de golf eléctricos, con los primeros modelos de Lektra en 1954.

2.2 Concepto e importancia de los vehículos eléctricos (VE)

Los vehículos eléctricos son vehículos de propulsión alternativa impulsado por un motor eléctrico alimentado por energía eléctrica proveniente de baterías como se ilustra en la figura 2.3.

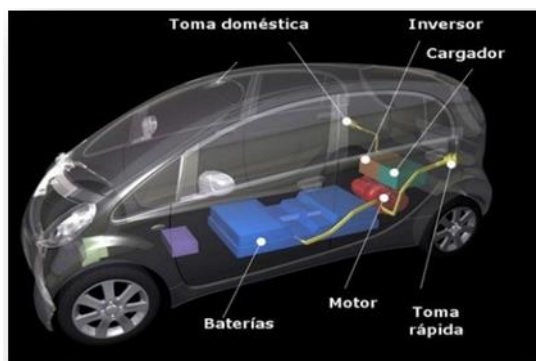


Figura 2.3 Partes del vehículo eléctrico.

Fuente: <http://www.motorspain.com>

Aunque los primeros automóviles fueron eléctricos, el último siglo fue el siglo del motor de combustión interna. Hoy transporte es igual a petróleo. La primera (1973) y la segunda crisis del petróleo (1979) supusieron el desplazamiento del petróleo en la generación de electricidad. La tercera (2008) implica su desplazamiento del transporte por carretera, un proceso que, al igual que el precedente de la generación de electricidad, llevará varias décadas, y habrá un largo periodo de coexistencia.

Una política de transporte sostenible debe promover la reducción de la demanda, los transportes no motorizados el transporte público y por ferrocarril, tanto de pasajeros como de mercancías y el coche compartido, además de mejorar la eficiencia de los vehículos. Pero como ya existen unos 800 millones de vehículos y la aspiración a la movilidad motorizada individual está profundamente arraigada, pesar de sus muchas externalidades y los costos de todo orden, y cada año habrá más por el desarrollo de China e India, entre otros países, en 2030 habrá más de 1.500 millones y hacia 2050, si se mantienen las tendencias previsibles, circularán 3.000 millones de vehículos, se hace necesario dar una solución viable y complementaria de las ciudades, y esa es el automóvil eléctrico conectado a la red, siempre que la mayor parte de la electricidad provenga de energías renovables, por razones de costo y de recursos.

Según: Ceña A., Santa Martha J. (2009) "La descarbonización del sistema energético, y del transporte en particular, requiere la electrificación del transporte, y una nueva economía basada en el electrón, y no en un hipotético hidrógeno, abandonando despacio, pero sin pausa, la economía de los hidrocarburos. El ciudadano demanda kilómetros motorizados, no gasolina ni gasóleo". (s.f.) El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente.

Las razones para hacerlo son obvias: la inseguridad del abastecimiento del petróleo ya que el 95% de la energía consumida en el transporte proviene del petróleo y hacia 2050 apenas cinco países monopolizarán el abastecimiento de petróleo y gas natural: Rusia, Irán, Arabia Saudí, Irak y Qatar, los altos precios y sus consecuencias sobre el déficit comercial, la inflación y la actividad económica en general, los conflictos militares ya que la mayor parte de los conflictos de las últimas décadas se deben al petróleo, las emisiones de CO₂, la contaminación atmosférica y el ruido. La lámpara eléctrica de Edison sustituyó a las lámparas de queroseno en la iluminación a finales del siglo XIX, que a su vez habían sustituido a los biocombustibles es decir la grasa de ballena y en la próxima década podemos asistir a un proceso similar de electrificación en el transporte al que tuvo lugar en la iluminación hace más de un siglo.

Según: Ceña A., Santa Marta J. (2009) “La contaminación provoca la muerte prematura de dos millones de personas y unas 16.000 personas en España, cuatro veces más que las producidas en accidentes de tráfico”.

La electrificación del transporte requiere implantar y aplicar las políticas y medidas que lo hagan posible, desde desgravaciones fiscales a la adquisición de vehículos eléctricos a compras verdes por las administraciones para su parque móvil, y el apoyo a las nuevas infraestructuras que serán necesarias como puntos de recarga, estaciones de cambio de baterías, además de normas y leyes. El despegue de un nuevo sector como el de los vehículos eléctricos, tan beneficioso para el transporte en todos los órdenes, como lo son también las energías renovables, requiere de un importante apoyo inicial, y la colaboración con el sector privado que hará posible tal transformación. (s.f.) El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente

2.2.1 Tipos de vehículos eléctricos

A diferencia de un vehículo con un motor de combustión interna, que está diseñado específicamente para funcionar quemando combustible, un vehículo eléctrico obtiene la tracción de los motores eléctricos, pero la energía puede ser suministrada de diferentes modos tres de ellos en la figura 2.4 dando así los siguientes tipos:

- Alimentación externa del vehículo durante todo su recorrido, como es común en el tren eléctrico y el trolebús.
- Energía proporcionada al vehículo en forma de un producto químico almacenado en el vehículo que, mediante una reacción química producida a bordo, produce la electricidad para los motores eléctricos.
- Energía generada a bordo usando energía nuclear, como son el submarino y el portaaviones nuclear.

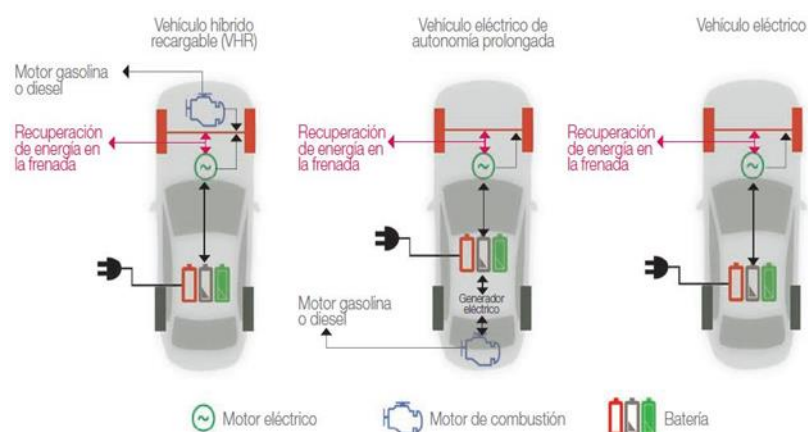


Figura 2.4 Tipos de vehículos eléctricos.

Fuente: <http://www.elobservatoriocetelem.es>.

- Energía generada a bordo usando energía solar generada con placas fotovoltaicas, que es un método no contaminante durante la producción eléctrica, mientras que los otros métodos descritos dependen de si la energía que consumen proviene de fuentes renovables para poder decir si son o no contaminantes.
- Energía eléctrica suministrada al vehículo cuando está parado, que es almacenada a bordo con sistemas recargables, y que luego consumen durante su desplazamiento. Las principales formas de almacenamiento son:
 - Energía química almacenada en las baterías como en el llamado vehículo eléctrico de batería, especialmente en baterías de litio que parece ser la tecnología más madura hoy por hoy
 - Energía eléctrica almacenada en súper-condensadores tecnología aún muy experimental.
 - Almacenamiento de energía cinética, con volante de inercia sin rozamiento.
- También es posible disponer de vehículos eléctricos híbridos, cuya energía proviene de múltiples fuentes, tales como: almacenamiento de energía recargable y un sistema de conexión directa permanente y almacenamiento de energía recargable y un sistema basado en la quema de combustibles, incluye la generación eléctrica con un motor de explosión y la propulsión mixta con motor eléctrico y de combustión.

2.2.2 SISTEMAS Y ELEMENTOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE)

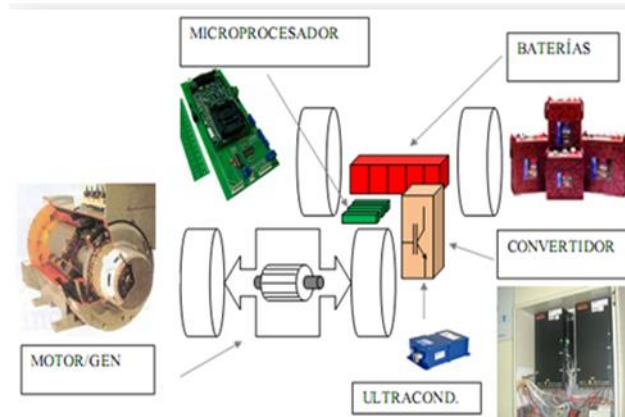


Figura 2. 5 Elementos que componen un vehículo eléctrico
Fuente: Tecnología del vehículo eléctrico Jaime Rodríguez.

El vehículo eléctrico está formado por los siguientes sistemas, que engloban la totalidad del vehículo eléctrico

- Sistema de Tracción
- Propulsión Eléctrica (Motor)
- Control y etapa de potencia
- Sistema de alimentación y recarga (Baterías)
- Sistema de freno.

El siguiente esquema 2.6 muestra la disposición general de los sistemas principales de un vehículo eléctrico.

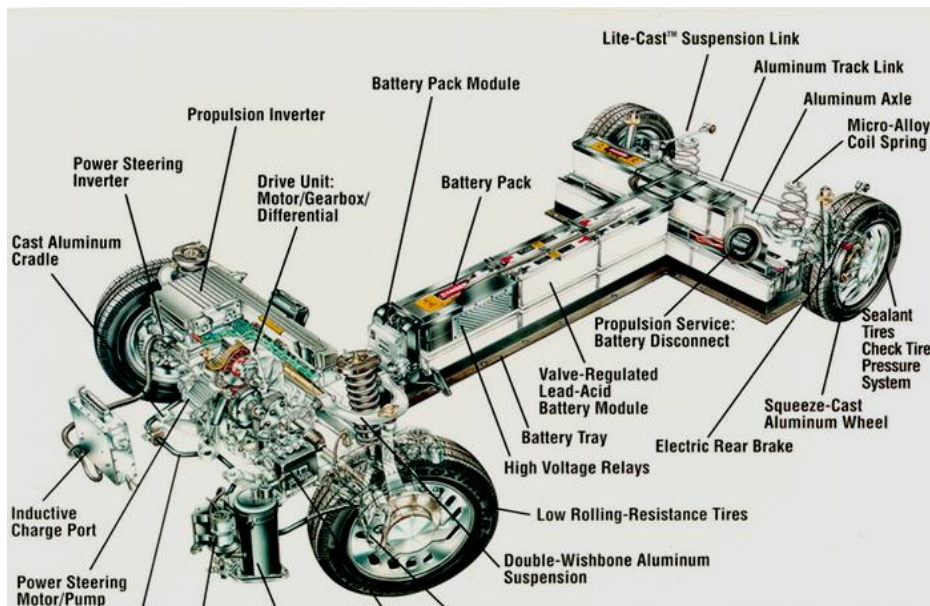


Figura 2.6 Esquema vehículos eléctricos

Fuente: <http://www.directindustry.es>

2.2.3 Sistema de tracción eléctrica

Antes de empezar con el análisis de alternativas de tracción para un vehículo eléctrico es conveniente entender qué es un diferencial electrónico, ya que los vehículos eléctricos pueden hacer uso del mismo.

2.2.4 Diferencial electrónico

El diferencial electrónico es usado en configuraciones que tienen dos o más motores, para disminuir las pérdidas mecánicas producidas por el diferencial mecánico.

Un diferencial electrónico básico emula las funciones de diferencial mecánico. Esto significa que en línea recta debe mantener la misma velocidad en las ruedas y en curva debe variar la velocidad manteniendo

el torque constante. La incorrecta implementación del diferencial electrónico producirá que el vehículo vibre, se desestabilice y sea difícil su conducción. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos93/motores>.

Tomando en cuenta el vehículo eléctrico suministrado por energía eléctrica cuando está parado ósea energía química almacenada con sistemas recargables tenemos:

2.2.5 Motor eléctrico

El motor eléctrico es el encargado de mover al vehículo, al igual que haría el motor térmico. No es comparable directamente con el motor térmico en términos de potencia absoluta, eficiencia y prestaciones, algunos de ellos en la figura 2.7. La potencia nominal puede ser duplicada e incluso triplicada en cortos periodos de tiempo. Recuperado de coiina.files.wordpress.com/2011/06/documentacion-total.pdf.



Figura 2.7 Motores para vehículos eléctricos

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/fracmo/motores>.

Existen dos tipos de motores eléctricos, el motor de corriente continua (DC) y el motor de corriente alterna (AC), los cuales son usados para entregar potencia a un vehículo eléctrico.

Un motor de corriente continua tiene tres componentes principales:

1. Un sistema de bobinas de campo alrededor del perímetro del motor que crea fuerzas electromagnéticas que proporcionan el torque.
2. Un rotor o una armadura montada en el centro del motor que gira producto de la interacción electromagnética entre el rotor y la bobina de campo.

El motor de corriente alterna y el motor de corriente continua cuentan con un sistema de bobinas de campo y rotor. Hay que tomar en cuenta que un motor no puede ser considerado superior a otro, ya que ambos tienen ventajas y desventajas, las que se presentan a continuación en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Comparativa entre los motores AC y DC.

<u>MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA (AC)</u>	<u>MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA (DC)</u>
Diseño para velocidad única	Diseño para Multi-Velocidad
Baja relación peso/potencia (livianos)	Alta relación peso/potencia (pesados)
Bajo costo	Mediano costo
95% de eficiencia a carga completa	85-95% de eficiencia a carga completa
Controlador complejo y de alto costo	Controlador simple y de bajo costo
Sistema Motor-Controlador-Inversor de alto costo	Sistema Motor-Controlador de bajo costo

Fuente: Grupo de investigación.

Las características de los motores AC y DC se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Tabla Comparativa entre los motores AC y DC.

<u>Características</u>	<u>Motor DC c/escobillas</u>	<u>Motor DC s/escobillas (con imán permanente)</u>	<u>Motor de Inducción AC</u>
Eficiencia	85-89%	95-97%	94-95%
Eficiencia con el 10% de Carga	80-87%	73-82%	93-94%
Máxima RPM	4000-6000	4000-10000	9000-15000
Costo por HP en eje	US\$ 100-150	US\$ 100-130	US\$ 50-75
Relación Costo Controlador/ Costo motor	1	3-5	6-8

Fuente: Grupo de investigación.

2.2.6 Alternativas para la disposición de los motores

El análisis para motores eléctricos es muy distinto que para un vehículo de combustión, principalmente porque el motor eléctrico no tiene vibraciones importantes y posee peso concentrado. También existe mayor libertad en cuanto al posicionamiento del motor dentro del vehículo posibilitando así prescindir de cadenas de transmisión compuesta por ejes, reductores y componentes mecánicos.

Existen numerosas configuraciones de sistemas de tracción que se pueden utilizar, dependiendo de la aplicación específica en la que se utilizará. Las diferencias entre estas son la cantidad de motores, el tipo de inversores y los sistemas mecánicos que tenga cada modelo, como el diferencial, la caja de cambios y el embrague.

a) Sistema de motor-diferencial con transmisión a dos ruedas. Es el sistema más parecido a la tracción de un vehículo de combustión interna convencional, solo usa un motor eléctrico accionado por un inversor similar al diferencial electrónico. .

b) Sistema de motor-diferencial con transmisión a dos ruedas en los dos ejes. Este modelo consta de dos motores uno en el eje delantero y otro en el eje trasero, se utiliza dos diferenciales mecánicos para transferir el movimiento a las ruedas. Esta configuración generalmente se utiliza con motores diferentes, uno con buenas prestaciones para bajas velocidades y otro para altas velocidades. Este modelo de doble tracción puede ser útil en ciertas aplicaciones, pero mantiene la desventaja del diferencial mecánico y además aumenta el costo del vehículo por tener un motor adicional.

c) Sistema de dos motores para ruedas (traseras o delanteras) con dos inversores independientes.- Es una de las configuraciones más utilizadas en los sistemas de tracción para vehículos eléctricos. Generalmente utiliza dos motores de tracción trasera alimentado por dos inversores independientes, controlados por un único sistema de control. La principal ventaja es la eliminación del diferencial mecánico y la aparición del diferencial electrónico que es una implementación de software dentro del controlador.

d) Sistema tipo integral permite implementar estrategias de control para mejorar la calidad de manejo, estabilidad del vehículo y cumple las funciones del diferencial mecánico sin sus desventajas. El costo es semejante a la configuración anterior pero la confiabilidad aumenta gracias a la eliminación de partes móviles.

A continuación en la figura 2.8, se ilustra las diferentes configuraciones para la disposición del motor en vehículos eléctricos.

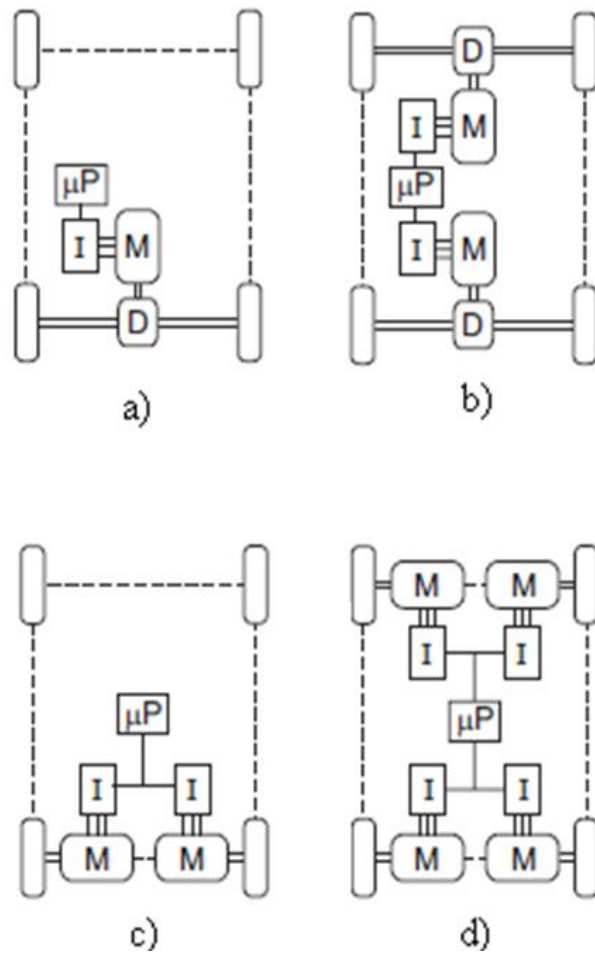


Figura 2.8 Esquema de las distintas configuraciones de sistemas de tracción eléctrica.

Fuente: <http://www.directindustry.es>

Donde:

M.- Motor eléctrico.

I.- Inversor.

μM.-Microprocesador.

El uso de mayor cantidad de accionamientos aumenta las prestaciones, pero incrementa también el costo del sistema. Aumentar el número de motores eléctricos disminuye las partes móviles lo que contribuye a aumentar la confiabilidad del sistema. Idealmente el motor se acopla directamente a la rueda lo que reduce al mínimo las partes mecánicas. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml#Relacionados>

2.3 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR ELÉCTRICO

Los motores eléctricos transforman la energía eléctrica en mecánica, por medio de voltajes y corriente generando campos magnéticos giratorios, presenta una menor cantidad de piezas mecánicas que el motor de combustión, siendo menos propenso a fallos. La potencia del motor eléctrico esta dado por la cantidad de corriente y voltaje que soportan los devanados.

Los motores eléctricos son más ágiles que los de combustión en lo que respecta a variación de potencia y pueden pasar instantáneamente desde la posición de reposo a la de funcionamiento al máximo. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/16722267/Cursos-de-Mecanica-y-Electricidad-del-Automovil>.

2.3.1 Potencia del motor eléctrico

La potencia de un motor eléctrico viene dado por el producto de la velocidad por el torque como se muestra en la ecuación 2.

$$r = Rt *V (2)$$

Dónde:

Pr = potencia del motor [W]

R_t = torque del motor [Nm]

V = velocidad al eje [rad/seg]

Como se puede observar de la fórmula anterior la velocidad y el torque están relacionados de forma inversa y para el mismo rango de potencias, se podrá obtener un torque alto a una baja velocidad o viceversa.

Este juego de torque y velocidad es útil para determinar, si el sistema de tracción eléctrica necesita un reductor de velocidad para tener el torque y la velocidad requerida por el diseño.

2.3.2 Factores para la motorización de un vehículo eléctrico

Los aspectos más relevantes que influyen en la elección del tipo de motorización de un vehículo eléctrico son:

- La curva característica de torque-velocidad en estado estable y su reacción ante sobrecargas.
- Elección de la configuración del sistema de tracción
- Robustez y problemas de funcionamiento
- Problemas de refrigeración del motor
- Problemas de implementación y aspectos constructivos
- Rendimiento del motor
- Problemas relacionados con el mantenimiento

Con respecto al motor los aspectos más relevantes son:

- Velocidad del motor que afecta su peso
- Torque eléctrico afecta el peso del motor
- La eficiencia, que afecta su peso y refrigeración
- La influencia de la temperatura en la potencia del motor

Con respecto a la electrónica de potencia:

- Elección del nivel de voltaje de las baterías
- Elección del tipo de motor
- Elección del tipo de regulación y control
- Estructura del circuito electrónico de potencia.

2.3.3 Motores implementados en vehículos eléctricos

Según Kelly P. (2008) "Las características básicas que debe tener un motor de un vehículo eléctrico son: estructura compacta, alta eficiencia, buena fiabilidad y un bajo costo. Adicionalmente debe tener las características que satisfaga la carga, es decir alto torque a bajas velocidades para el arranque, funcionar en amplio rango de velocidades y robustez para soportar variación de temperatura, humedad, polvo y toda condición de uso". (s.f.) Guía Práctica sobre Dispositivos de Energía-Libre.

Cabe mencionar al Nissan "Leaf" con un motor sincrónico AC de 80 Kw, al Mitsubishi "i-Miev" con un motor Sincrónico PM (imán permanente) de 49 Kw y al "REVA 1" con un motor AC asincrónico de 12 Kw, que son vehículos eléctricos que ya son comercializados en el 2012, son un referente para la selección del motor de una conversión. Se espera que estos vehículos tengan una gran aceptación por las buenas prestaciones que presentan.

A continuación se citan algunos ejemplos de vehículos eléctricos comerciales y el motor usados por ellos en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tipos de motores usados en vehículos eléctricos.

<u>Vehículo</u>	<u>Tipo de Motor</u>	<u>Potencia Max (Kw)</u>
Nissan "Leaf"	AC Sincrónico	80
Mitsubishi "i-Miev"	AC Sincrónico PM	49
REVA 1	AC Asincrónico	12
Chrysler EPIC	AC Induction	73
Citroën Berlingo	DC SeparatelyExcited	28
Citroën Saxo Electric	DC SeparatelyExcited	20
Ford 103 Ecostar	AC Induction, 3 phase	56
Ford Ranger EV	AC Induction, 3 phase	81

Fuente: Manual de conversión Autolibre

2.4 ETAPA DE CONTROL Y POTENCIA

Los elementos eléctricos y electrónicos que permiten controlar la energía eléctrica de las baterías hasta transformarla en energía mecánica permitiendo que el vehículo eléctrico se desplace a la velocidad requerida por el conductor.

2.4.1 Inversor de corriente

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual es utilizado para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada.

Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal deberían ser sinusoidales.



Figura 2.9 Inversor de corriente

Fuente: www.amazon.com

Los inversores trifásicos mostrados en la figura 2.9, son utilizados para la alimentación de cargas trifásicas que requieran corriente alterna. Algunas de las aplicaciones de estos inversores son las siguientes:

- Fuentes de tensión alterna trifásica sin interrupciones
- Puesta en marcha de motores de corriente alterna trifásicos
- Conexión de fuentes que producen energía en continua con las cargas trifásicas como paneles fotovoltaicos.

En la figura 2.10 se ilustra el circuito de un inversor trifásico.

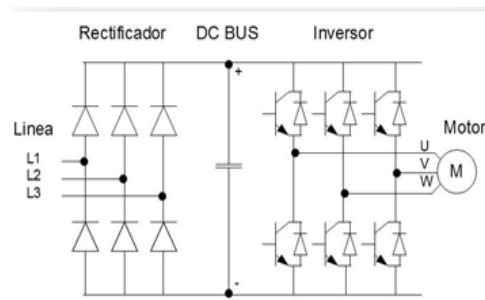


Figura 2.10 Inversor Trifásico

Fuente: www.infopl.net

Tenemos tres tipos de inversores uno de tipo onda cuadrada, de tipo onda senoidal modificada y el otro de onda senoidal que se detalla:

- Los inversores de tipo onda cuadrada son los inversores que funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez.

A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces cada segundo. La corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 50 ciclos por segundo, ver figura 2.11.



Figura 2.11 Onda cuadrada

Fuente: <http://www.energiasverdes.com>

La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es cuadrada, representada en la figura 2.11.

- Los inversores de onda senoidal modificada son los más sofisticados, y se utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. En el gráfico se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.
- Por último tenemos el inversor de onda senoidal, esta se basa en una onda electrónica más elaborada como se ilustra en la figura 2.12. Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor añadido como telecontrol, contaje de energía consumida, selección de batería.

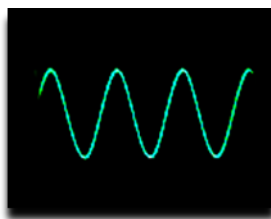


Figura 2.12 Onda senoidal

Fuente: <http://www.energiasverdes.com>

El controlador es el cerebro del auto, este permite arrancar, frenar, acelerar de una manera dócil que impida que el motor sufra de golpeteos innecesarios, que disminuya su tiempo de vida y afecten al sistema de tracción.

2.4.2 Variador de frecuencia

Es un sistema que controla la velocidad rotacional de un motor por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.



Figura 2.13 Variador de frecuencia

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/mitsubishi-automation/>

A continuación se describe tipos de variadores más utilizados:

- Rectificador controlado motor de corriente continua

Es un variador que proporciona, a partir de una red de corriente alterna monofásica o trifásica, una corriente continua con control del valor medio de la tensión como el que se muestra en la figura 2.13.

Los semiconductores de potencia constituyen un puente monofásico o trifásico. El puente puede ser mixto diodos/tiristores o completo sólo

tiristores. Esta última solución es la más frecuente porque permite un mejor factor de forma de la corriente suministrada.

El motor más utilizado tiene la excitación separada, salvo para pequeñas potencias, en las que suelen usarse frecuentemente motores de imán permanente.

La utilización de este tipo de variadores de velocidad se adapta bien a todas las aplicaciones. Los únicos límites vienen impuestos por el propio motor de corriente, en especial por la dificultad de conseguir velocidades elevadas y la necesidad de mantenimiento su esquema se detalla en la figura 2.14.

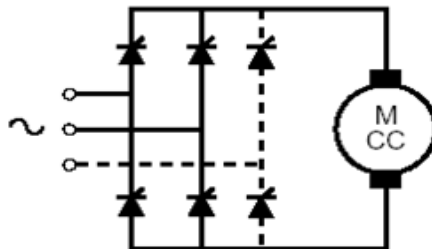


Figura 2.14 Esquema de un rectificador controlado para motor CC
Fuente:<http://www.elblogdelinstalador.com>

- Convertidor de frecuencia para motor asíncrono

Según Garay F. (2013) “Suministra, a partir de una red de corriente alterna de frecuencia fija, una tensión alterna trifásica, de valor eficaz y frecuencia variables. La alimentación del variador puede ser monofásica para pequeñas potencias orden de magnitud de algunos kW y trifásica para los mayores.

Ciertos variadores de pequeña potencia como el de la figura 2.15, aceptan indistintamente tensiones de alimentaciones mono y trifásicas. La

tensión de salida del variador es siempre trifásica. De hecho, los motores asíncronos monofásicos no son adecuados para ser alimentados mediante convertidores de frecuencia”. (s.f.) Convertidor de frecuencia para motor asíncrono.



Figura 2.15 Circuito de control de velocidad
Fuente: <http://www.elblogdelinstalador.com>

Los convertidores de frecuencia alimentan los motores de jaula estándar con todas las ventajas de estos motores: estandarización, bajo costo, robustez, estanqueidad, ningún mantenimiento, el esquema se detalla en la figura 2.16. Puesto que estos motores son auto-ventilados, el único límite para su empleo es el funcionamiento a baja velocidad porque se reduce esta ventilación. Si se requiere este funcionamiento hay que prever un motor especial con una ventilación forzada independiente,

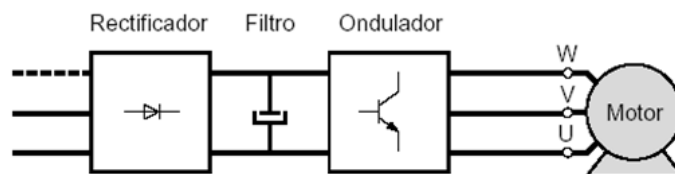


Figura 2.16 Esquema de principio de un convertidor de frecuencia
Fuente: <http://www.gstriatum.com>

- Regulador de tensión para el arranque de motores asíncronos

Suministra, a partir de una red de corriente alterna, mediante el control del valor eficaz de la tensión como se ilustra en la figura 2.17, modificando el ángulo de retardo de disparo de los semiconductores de potencia es decir dos tiristores montados en anti-paralelo en cada fase del motor.

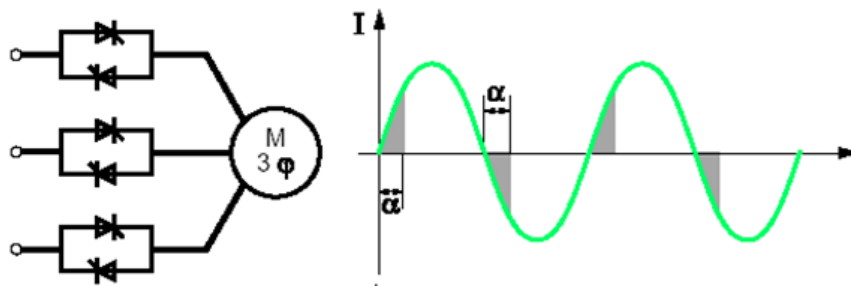


Figura 2.17 Arrancador para motor asíncrono y forma de onda de la corriente de alimentación

Fuente: <http://www.quiminet.com>

2.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y RECARGA (BATERÍAS)

2.5.1 Batería

La batería es un componente principal de los vehículos eléctricos. Una batería está formada por dos o más células eléctricas unidas entre sí, que transforman energía química en eléctrica. Las células están formadas por dos electrodos, uno positivo y uno negativo, unidos mediante un electrolito como se detalla en la figura 2.18. Según. Vargas I (2003) "La reacción química entre los electrodos y el electrolito genera energía eléctrica en forma de corriente continua. Si la batería es secundaria, quiere decir que esta reacción se puede revertir y recargar la batería

utilizando energía eléctrica”. (s.f.) Conversión electromecánica de la energía.

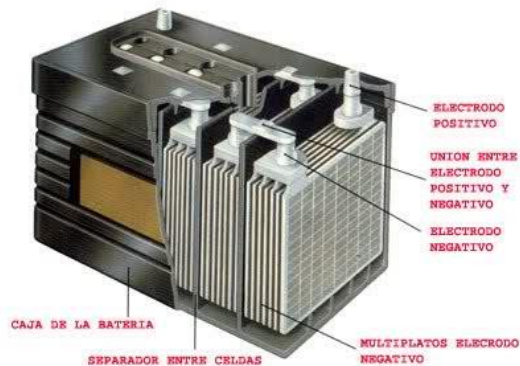


Figura 2.18 Batería eléctrica

Fuente: www.catalogomac.com

Existen solo unos pocos tipos de baterías recargables, secundarias, que pueden ser usadas en vehículos. Estas son las de plomo ácido, baterías de base de níquel, de base de sodio, de litio y las baterías de metal aire o celda de combustible. En vehículos eléctricos las baterías utilizadas son diversas tomando en cuenta el material que las componen además peso y voltaje según se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Baterías usadas en vehículos eléctricos

<u>Modelo</u>	<u>Batería</u>	<u>Peso [Kg]</u>	<u>Voltaje [V]</u>
Citroën Berlingo	Ni/Cd	350	162
Citroën Saxo Electric	Ni/Cd	255	
Ford Ecostar	Na/S		240
Ford Ranger EV	Pb/Ac		312
Ford Ranger EV	NiMH		
General Motors EV1	Pb/Ac	533	312

Fuente: <http://www.xataka.com>

Existe la batería de arranque, estas baterías (también llamadas SLI - Starting, Lighting, Ignition) se utilizan generalmente para el arranque y el funcionamiento de los motores de combustión interna. Por lo tanto la principal característica de estas baterías es precisamente la capacidad de proporcionar fuertes corrientes o varias decenas de amperios por un tiempo relativamente corto o unos pocos segundos durante el arranque de un motor.

Este tipo de batería se caracteriza por la presencia de un gran número de electrodos más o menos sutiles, con el fin de maximizar la superficie en contacto entre el electrodo y el electrolito, para proporcionar corrientes eléctricas muy intensas durante períodos cortos. Recopilado de http://www.batterycontroller.com/es/info_baterias_y_tecnologia.html

2.5.2 Cargador de baterías

El sistema de carga y recarga de los vehículos eléctricos es una parte importante en el ciclo de energía del vehículo. Los vehículos serán recargados en residencias particulares o empresas conectándose a la red doméstica como el que se muestra en la figura 2.19.



Figura 2.19 Cargador de baterías
Fuente: <http://cochesyautos.com>

La función del cargador es directamente lo opuesto que la función del inversor. Si el inversor transforma DC a AC, el cargador transforma la energía suministrada por la red eléctrica (AC) en energía que las baterías de los vehículos eléctricos puedan aceptar (DC). Recuperado de <http://www.free-energy-info.com/eBookS.pdf>

2.6 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

Los transformadores son dispositivos usados en circuitos eléctricos para cambiar el voltaje de la electricidad que fluye en el circuito. Los transformadores se pueden utilizar para aumentar (llamado "intensificación") o disminuir ("reducción") el voltaje.

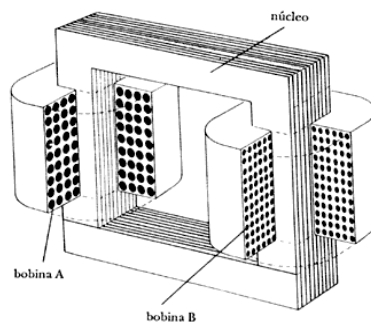


Figura 2.20 Partes de una transformador.

Fuente: <http://www.windows2universe.org>

El principio de inducción electromagnética es lo que hace que los transformadores trabajen. Cuando una corriente atraviesa un alambre, crea un campo magnético alrededor del alambre. De la misma manera, si un alambre está en un campo magnético que está cambiando, fluirá una corriente por el alambre. En un transformador, un conductor lleva corriente a un lado, como se muestra en la figura 2.20. Esa corriente crea un campo magnético, que a cambio produce una corriente en el conductor al otro lado del transformador.

La segunda corriente fluye fuera del transformador y podemos verificar inmediatamente como se muestra en la figura 2.21.

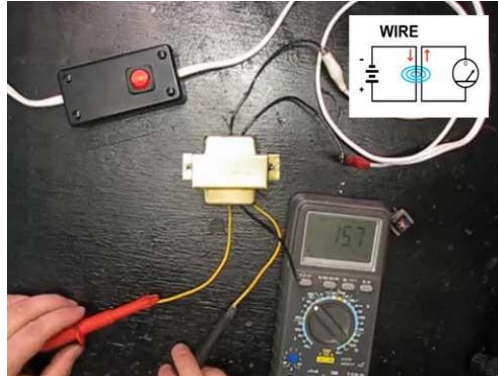


Figura 2.21 Transformador de tensión GE
Fuente: <http://www.breakerelectric.com.mx>.

2.7 PANELES SOLARES

Es un conjunto de células solares fotovoltaicas que captan la radiación luminosa procedente del sol para luego transformarla en corriente continua a baja tensión como se ilustra en la figura 2.22.



Figura 2.22 Panel solar fotovoltaico
Fuente: <http://es.aliexpress.com>

Existen diferentes tipos de paneles solares los mismos que detallamos a continuación:

- Paneles solares termodinámicos

Según Bermúdez A (2012) “Los paneles solares termodinámicos son la solución más popular últimamente, debido a su mayor eficiencia, mejor precio y mayor versatilidad. Son más eficientes debido a que son capaces de captar energía de cualquier estado meteorológico, la lluvia, el viento, la luna, etc. Son más versátiles por el peso de los paneles, mucho más ligeros que las demás alternativas. Además de estas ventajas, tanto los equipos como su instalación tienen un coste menor”. (s.f.) Principios básicos de la termodinámica.

- Paneles solares térmicos

Los paneles solares térmicos son los que funcionan de forma más simple. Consiste en que los rayos del sol calientan los paneles, que contienen un líquido calo portador que circula hacia el interior de la vivienda. Estos son recomendables para zonas que tengan recepción directa del sol a altas temperaturas, preferiblemente en zonas rurales, donde hay espacio suficiente, ya que necesitan un tamaño mayor debido a la menor eficiencia de este tipo de panel.

- Paneles solares fotovoltaicos

Según Tostados M (2007) “Los paneles solares fotovoltaicos fueron una revolución cuando se inventaron. Este tipo de sistema consiste en que la energía de la radiación solar se transmite a los electrones de los materiales semiconductores de los paneles, que consiguen así separarse del núcleo y trasladarse, creando una corriente eléctrica”. (s.f) Paneles Solares Fotovoltaicos.

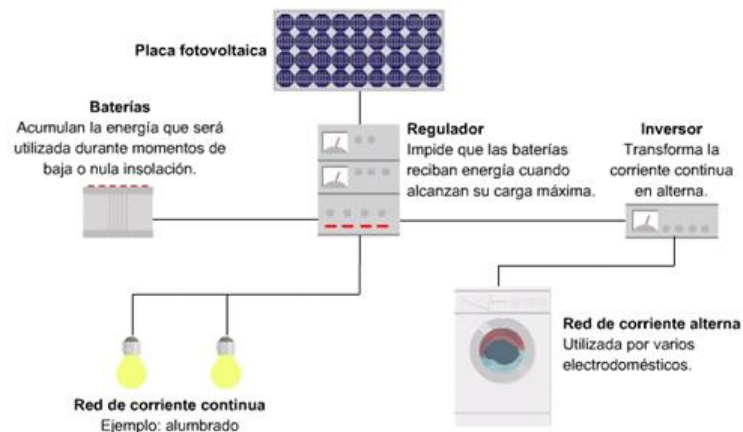


Figura 2.23 circuito fotovoltaico

Fuente: <http://www.cleanergysolar.com>

Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad como se ilustra en la figura 2.23. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semi - conductos próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente.

2.8 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

2.8.1 Breaker

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos este elemento se ilustra en la figura 2.24.



Figura 2.24 Breaker eléctrico
Fuente: breakerelectrico.com

Para adquirir un breaker se debe tomar en cuenta los siguientes especificaciones que se puede apreciar en la siguiente tabla 2.5.

Tabla 2.5 Características breakers

<u>Breakers para riel din</u>	
Numero de polos	2
Voltaje	220V
Corriente	32 ^a

Fuente: Grupo de investigación.

2.8.2 Potenciómetro

Es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie este elemento se muestra en la figura 2.25.

2.8.3 Interruptor tres posiciones

Un interruptor de palanca de tres posiciones como el q se muestra en la figura 2.26, tiene una variedad de aplicaciones dentro de un vehículo, desde controlar luces a alimentar motores eléctricos y la activación de sistemas hidráulicos. La instalación de este tipo de interruptor requiere entender la aplicación y hacer las conexiones correctas para evitar inconvenientes al momento de activarlo.



Figura 2.25 Potenciómetro
Fuente: Sites.google.com



Figura 2.26 Interruptor tres posiciones
Fuente: Sites.google.com

2.9 MAGNITUDES ELÉCTRICAS

2.9.1 Corriente eléctrica

La corriente eléctrica o intensidad eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas normalmente electrones en el interior del material. En el Sistema Internacional de unidades se expresa en C/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio.

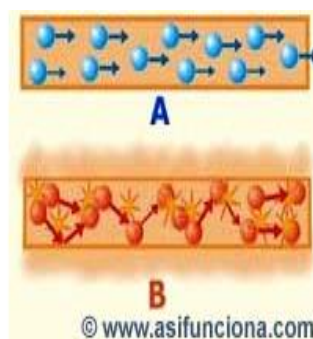
2.9.2 Tensión eléctrica

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

A mayor diferencia de potencial sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

2.9.3 Resistencia eléctrica

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones como se muestra en la figura 2.27. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.



A.- Electrones fluyendo por un buen conductor eléctrico, que ofrece baja resistencia. B.- Electrones fluyendo por un mal conductor

Figura 2.27 Resistencia eléctrica

Fuente: www.asifunciona.com

2.9.4 Frecuencia

Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Para determinar la frecuencia de la corriente alterna producida por un generador eléctrico se utiliza la siguiente ecuación 2.1:

$$F = P_o * V_g / 120 \quad (2.1)$$

Dónde:

F: frecuencia (en Hz)

P_o: número de polos (siempre deben ser pares)

V_g: velocidad de giro (en rpm).

2.9.5 Energía eléctrica

Se define como energía eléctrica al trabajo desarrollado en un circuito eléctrico durante un tiempo determinado. La energía eléctrica se representa por la letra E y su unidad es el julio, que a su vez se representa de forma abreviada con la letra J. La ecuación 2.2 que la relaciona es la siguiente:

$$E = P \times t \quad (2.2)$$

$$1J = 1w \times 1seg$$

Siendo:

E: Energía eléctrica (J)

P: Potencia eléctrica (w)

t: Tiempo (seg)

2.9.6 Corriente continúa

La corriente directa (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM) como se ilustra en la figura 2.28, tal como ocurre en las baterías, los dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

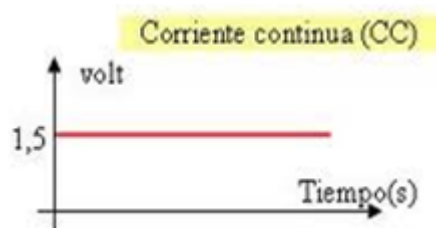


Figura 2.28 Onda corriente directa

Fuente: www.educarchile.cl

2.9.7 Corriente alterna

Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una oscilación sinusoidal como se ilustra en la figura 2.29, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

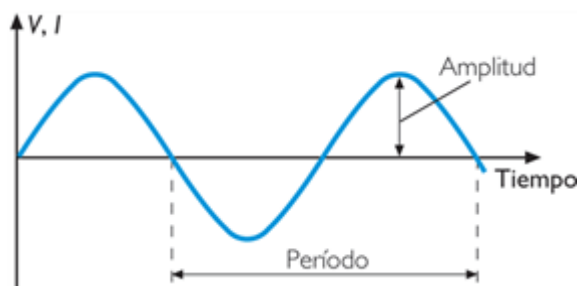


Figura 2.29 Onda sinusoidal

Fuente: www.kalipedia.com

Ventajas:

- Es más fácil para transportar a lo largo de grandes distancias que la corriente continua.
- Puede ser fácilmente convertida entre distintos valores de tensión, ya sea aumentándolos o disminuyéndolos, a través de transformadores.
- Las máquinas de corriente alterna son más económicas y sencillas que las de corriente continua.

Valores de la corriente alterna se ilustra en la siguiente figura 2.30:

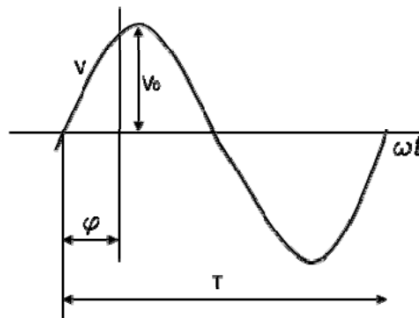


Figura 2.30 Valores de la corriente alterna

Fuente: <http://www.oscusbarcelona.org>

Dónde:

$$V = V_{\max} \cdot \text{sen}(\alpha)$$

V_{\max} = Valor máximo

α = Ángulo y se mide en grados o radianes.

T = es el periodo medido en segundos y es lo que tarda la onda en completar un ciclo completo.

F = es la frecuencia y es la cantidad de ciclos en 1 segundo y se mide en Hertzios (Hz)

Se cumple la ecuación 2.3 que:

$$T = 1/f \quad (2.3)$$

2.9.8 Ley de Ohm

Según Resnick R; Halliday D; Krane K; AlatorreE (2002) “La ley de Ohm dice que la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos. Esta constante es la conductancia eléctrica, que es la inversa de la resistencia eléctrica” (s.f.) Física

$$I = GV = \frac{V}{R} \quad (2.4)$$

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia y R es la resistencia en ohmios (Ω) se puede observar en la ecuación 2.4. Específicamente, la ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente de la corriente.

2.9.9 Fuerza electromotriz (fem)

A la energía por unidad de carga suministrada por el generador se le denomina fuerza electromotriz y se mide en voltios.

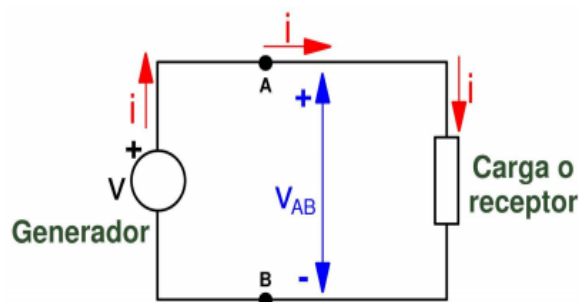


Figura 2.31 Circuito básico de corriente alterna

Fuente: <http://personales.unican.es/rodrigma/PDF>

La fem de un generador tiene el mismo valor que la tensión entre sus bornes V_{ab} cuando no circula corriente ($i=0$) es decir cuando el generador se encuentra en circuito abierto como se muestra en la figura 2.31.

Nótese que la fem, a pesar de su nombre no es una fuerza sino una energía por unidad de carga.

2.9.10 Corriente monofásica

Según Legard (1997) “La corriente monofásica es un sistema de distribución de corriente alterna generalmente de tipo doméstico en el que la electricidad circula por dos conductores denominados fase y neutro. La tensión es de 230V a 50Hz”. (s.f.) Distribución y potencia hasta 4000 A.

En la figura 2.32 se observa que:

Fase (cable negro o marrón), proporciona la electricidad. Se le denomina L1.

Neutro o retorno (cable azul).Se denomina N.

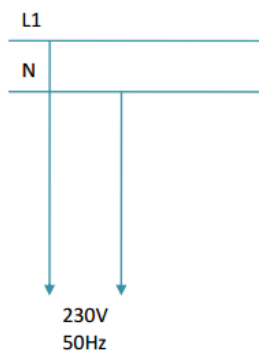


Figura 2.32 Corriente monofásica

Fuente: <http://www.oscusbarcelona.org>

2.9.11 Corriente trifásica

La corriente trifásica es un sistema de distribución de corriente alterna en el que la electricidad circula por tres conductores denominados fase y por uno de retorno llamado neutro como se detalla en la figura 2.33.

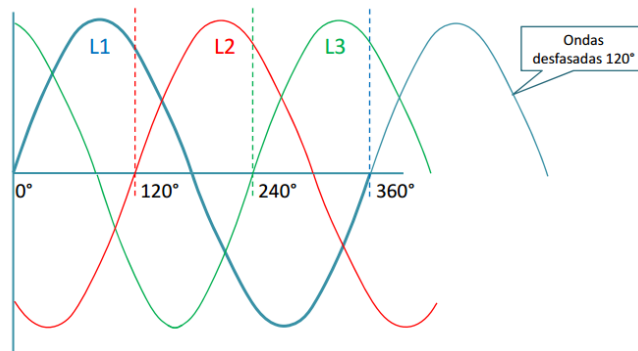


Figura 2.33 Corriente trifásica

Fuente: www.oscusbarcelona.org

La potencia proporcionada por un sistema monofásico cae tres veces por ciclo. La potencia proporcionada por un sistema trifásico nunca cae a cero por lo que la potencia enviada a la carga es siempre la misma. La línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica como se muestra en la siguiente figura 2.34.

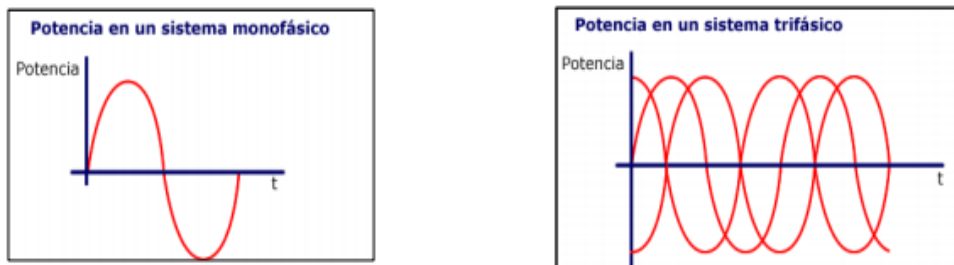


Figura 2.34 Potencia sistema monofásico y trifásico

Fuente: <http://blog.educastur.es/tecnoaller/files/2012/03/alterna-mono-y-polifasica.pdf>

2.9.12 La carga

La carga es la que define la potencia y velocidad del motor. En la gran mayoría de aplicaciones, el motor jaula de ardilla puede atender cualquier carga en su eje, pero es conveniente hacer un estudio detallado de cuál será el momento de inercia, la curva Par-Velocidad de la carga como se muestra en la figura 2.35. Estos puntos nos ayudan a definir cómo será el comportamiento dinámico del motor con su máquina de trabajo y cuáles serán los tiempos de arranque.

Es ideal conocer las condiciones de la carga durante la especificación del motor, pues el comportamiento varía, dependiendo de ésta. Recuperado de <http://www.slideshare.net/mecanno/001-electrotecnia>.

El torque de salida de un motor trifásico de inducción, $T_{3\phi}$, se puede calcular a través de la ecuación (2.5), donde V_1 es el voltaje aplicado por fase, R_1 es la resistencia del estator, R_2 es la resistencia del rotor referida al primario, X_1 inductancia del estator, X_2 inductancia del rotor referida al primario, s es el deslizamiento, N_s es la velocidad sincrónica.

$$T_{3\phi} = \frac{3R_2 * V_1^2}{N_s * s * \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2 \right]} \quad (2.5)$$

La ecuación implica que el torque de salida de la máquina de inducción depende solo de N_r , independientemente de la frecuencia del estator, f_s , siempre que la relación V_1/f_s se mantenga constante. Esta relación es la amplitud máxima de flujo, Ψ_m como se observa en la ecuación 2.6.

$$\Psi_m = \frac{V_1}{f_s} \quad (2.6)$$

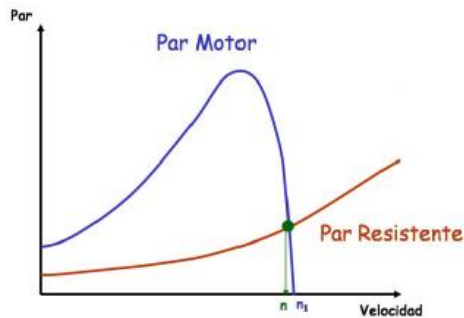


Figura 2.35 Par – Velocidad motor eléctrico

Fuente: Motores de tracción para vehículos eléctricos Jaime Rodríguez

2.9.13 El arranque

Según Grote K. (2012) “Uno de los momentos más críticos para el motor, la red y la carga es el arranque. Por sus características propias, el motor jaula de ardilla consume durante el arranque una corriente que puede oscilar entre 5 y 8 veces la corriente nominal. El arranque es el periodo en el que el motor hace la transición desde su estado de reposo hasta su velocidad de régimen” (pág. 3) Selección Y Aplicación De Motores Eléctricos.

Para facilitar el conexionado en la placa de bornes del motor y los extremos de bobinado inductor se disponen como muestra en la siguiente figura 2.36 y 2.37.



Figura 2.36 Placa de bornes del motor eléctrico

Fuente: www.mcgraw-hill.es

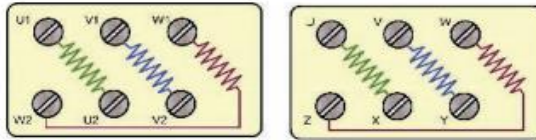


Figura 2.37 Distribución de los extremos de los bobinados en la placa de bornes y sus denominaciones.

Fuente: www.mcgraw-hill.es

En general, el tipo de arranque de cada aplicación debe ser analizado adecuadamente para lograr el mejor equilibrio entre las tres partes mencionadas previamente. Las características de curva de carga y momento de inercia tanto de motor como de carga. Junto con criterios técnicos se considerarán criterios económicos.

Existen los siguientes tipos de arranque:

- Arranque directo

El motor tendrá una corriente de arranque normal (hasta ocho veces la corriente nominal) y un par de arranque normal. Su puesta en marcha se realiza de una forma simple y sencilla mediante un interruptor manual tripolar como se detalla en la figura 2.38, estos interruptores han de estar diseñados para la intensidad del motor.

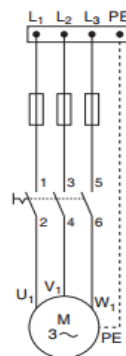


Figura 2.38 Arranque directo de un motor trifásico de forma manual

Fuente: www.mcgraw-hill.es

- Estrella-Triángulo.

La corriente y el torque se reducen a la tercera parte hasta tres veces la corriente nominal. Consiste en conectar el motor en estrella durante el periodo de arranque y una vez lanzado, conectarlo en triángulo para que quede conectado a la tensión nominal como se muestra en la figura 2.39.

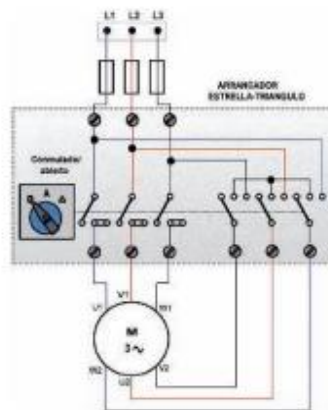


Figura 2.39 Arranque estrella triángulo con arrancador manual

Fuente: www.mcgraw-hill.es

En el diseño de un arrancador estrella triángulo se utiliza un temporizador y tres conectores red, triángulo y estrella se ilustra en la figura 2.40.

Los terminales de red y triángulo deben tener la capacidad de operar un 58% de la intensidad nominal del motor y el térmico debe ajustar la misma capacidad.



Figura 2.40 Arrancador estrella triángulo manual

Fuente: www.mcgraw-hill.es

- Por Autotransformador

El autotransformador es fabricado para entregar al motor una tensión menor de la nominal y se muestra e la figura 2.41. Esta tensión puede estar entre el 30% y el 70% dependiendo de la aplicación. La corriente y el torque variarán en proporción cuadrática a la tensión de alimentación.

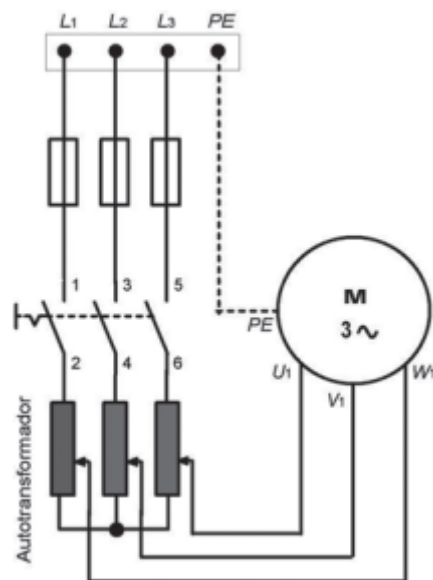


Figura 2.41 Arranque de un motor mediante autotransformador

Fuente: www.mcgraw-hill.es

- Resistencias en serie con el bobinado del estator.

Es un procedimiento poco empleado que consiste en disponer un reóstato variable en serie con el bobinado estatórico.

La puesta en marcha se hace con el reóstato al máximo de resistencia y se va disminuyendo hasta que el motor queda conectado a la tensión de la red.

Con este tipo de arranque de la figura 2.42 se tiene que la tensión se reduce en función de la corriente, el arranque es bastante suave, el inconveniente son las pérdidas óhmicas en las resistencias adicionales, y en motores mayores se utilizan reactancias para minimizar pérdidas.

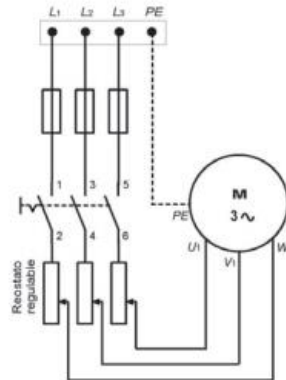


Figura 2.42 Arranque mediante resistencias en serie con el estator
Fuente: www.mcgraw-hill.es

2.10 EL VELOCÍMETRO

Un velocímetro es un instrumento que mide el valor de la rapidez media de un vehículo como el que se muestra en la figura 2.43. Debido a que el intervalo en el que mide esta rapidez es generalmente muy pequeña se aproxima mucho a la magnitud de la Velocidad instantánea, es decir la rapidez instantánea.



Figura 2.43 Kit para instalación de velocímetro
Fuente: <http://es.accelectric.org>

2.11 SENTIDO DE GIRO DEL MOTOR

Para efectuar el cambio de sentido de giro de los motores eléctricos de corriente alterna se siguen unos simples pasos tales como:

Para motores monofásicos únicamente es necesario invertir las terminales del devanado de arranque, esto se puede realizar manualmente o con relés conmutadores.

Para invertir el sentido de giro de un motor asíncrono trifásico, basta con invertir el sentido de giro del campo magnético giratorio, para lo cual hay que intercambiar dos fases cualesquiera entre sí.

2.11.1 Control Voltaje - Frecuencia (V/f)

Cuando se trabaja a velocidades inferiores a la velocidad base del motor es necesario reducir el voltaje aplicado a los terminales del estator. El voltaje aplicado debe disminuir linealmente con la disminución de la frecuencia. Este proceso se conoce como degradación.

Si esto no se hace, se satura el acero del núcleo del motor de inducción y fluyen corrientes de magnetización excesivas en la máquina. Una justificación matemática se obtiene al calcular el flujo en el núcleo de un motor de inducción aplicando la ley de Faraday.

$$v(t) = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.7)$$

Si se aplica un voltaje $v(t) = V_m \text{sen}(wt)$ al núcleo, el flujo ϕ resultante es.

$$\phi(t) = -\frac{V_M}{wN_p} \text{cos}wt \quad (2.8)$$

La frecuencia eléctrica aparece en el denominador de la ecuación. Entonces, si la frecuencia eléctrica aplicada al estator disminuye en 10%, mientras que la magnitud del voltaje aplicado al estator permanece constante, el flujo en el núcleo del motor se incrementa cerca del 10%, al igual que la corriente de magnetización como se ilustra en la figura 2.44.

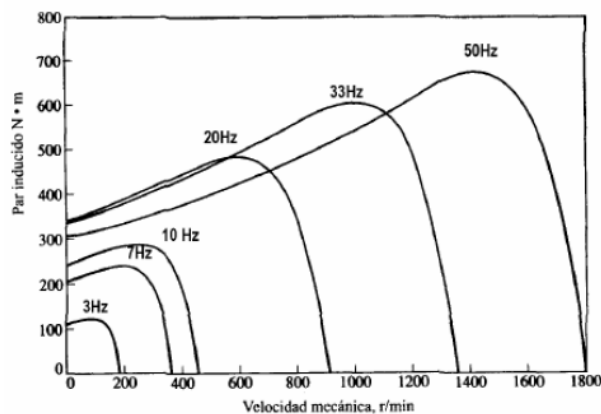


Figura 2.44 Curvas par-velocidad

Fuente: SpeedControlUsingVoltage-FrequencyRelation.

Cuando el voltaje aplicado a un motor de inducción varía linealmente con la frecuencia por debajo de la velocidad base, el flujo en el motor permanece aproximadamente constante.

La figura muestra una familia de curvas características par-velocidad del motor de inducción para velocidades menores que la velocidad base suponiendo que la magnitud del voltaje del estator varía linealmente con la frecuencia.

Cuando la frecuencia eléctrica aplicada al motor excede su frecuencia nominal, el voltaje del estator es mantenido constante en el valor nominal. Cuanto mayor sea la frecuencia eléctrica sobre la velocidad base, mayor es el denominador de la ecuación. Puesto que el término del numerador se mantiene constante cuando se trabaja sobre la frecuencia nominal,

disminuyen el flujo resultante en la máquina y el par máximo como se indica en la figura 2.45.

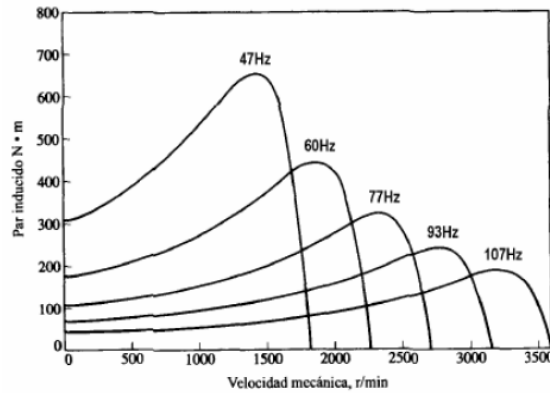


Figura 2.45 Familia de curvas características par-velocidad
Fuente: Speed Control Using Voltage-Frequency Relation.

La figura muestra una familia de curvas características par-velocidad del motor de inducción a velocidades por encima de la nominal, si el voltaje del estator permanece constante.

2.11.2 Control vectorial

En un control escalar las variables de control tienen valores escalares y pueden ser voltajes, corrientes, frecuencias, velocidades, flujos magnéticos, par electromagnético, entre otras. Estas variables presentan un acoplamiento entre ellas, siendo ésta la causa fundamental que ha restringido el uso de la máquina de inducción con accionamientos eléctricos de alto desempeño.

Las técnicas de control vectorial permiten desacoplar las variables de control.

Esta estrategia se puede alcanzar mediante tres técnicas:

- Control por Campo Orientado (FOC):
- Método Indirecto
- Método Directo
- Control sin sensor (Sensorless Control).
- Control Directo del Par (Direct Torque Control)

Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Control_vectorial

2.12 SISTEMA DE FRENO

Existen algunas opciones en el sistema de frenado, en lo que concierne a vehículos eléctricos. En el vehículo eléctrico la combinación de un motor eléctrico junto con la necesidad de mayor alcance y ahorro de energía, motivó a los diseñadores a utilizar la característica reversibilidad de los motores eléctricos, es decir funcionar como generadores. El motor eléctrico se convierte en generador cuando la desaceleración es necesaria, recuperando así parte de la energía empleada en la aceleración.

Existen sofisticados equipos electrónicos para el control de los frenos como un sistema de frenos por cable (break-by-wire). La ventaja de utilizar el sistema break-by-wire es el consiguiente ahorro de masa del vehículo, ya que la conexión entre el pedal y el freno no es mecánico sino eléctrico y por tanto, se compone solo de un cable eléctrico.

Estas opciones se pueden combinar con los frenos convencionales de fricción mecánica, como en el EV1 de GM. El EV1 combina tres tipos distintos de frenos juntos, freno regenerativo, freno electro hidráulico de disco (conexión mecánica) y frenos de tambor traseros de accionamiento eléctrico (break-by-wire).

Por lo tanto un vehículo eléctrico puede tener muchos tipos de frenos y utilizarlos en diferentes fases intentando maximizar la eficiencia del sistema.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA MOTRIZ.

3.1 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna, el motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. De esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando tengamos disponibilidad de una red eléctrica.

El motor eléctrico seleccionado para el proyecto es el de tipo jaula de ardilla debido a que es el más común y de uso generalizado por las siguientes razones.

- Bajo costo
- Bajo mantenimiento
- Alto grado de protección
- Fácil de adquirir
- Pocos componentes
- Robusto

3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL CUADRÓN ELÉCTRICO

3.2.1 Potencia del motor

En el motor a la potencia se define como la que es capaz de proporcionar un número determinado de revoluciones por minuto.

La potencia en la rueda cuando el vehículo presenta una velocidad V se muestra en la ecuación 3.1:

$$P_r = R_t \cdot V \quad (3.1)$$

Dónde:

R_t : resistencia o fuerza neta actuante

V : velocidad promedio del cuadrón

Para determinar el valor de la potencia requerida por el cuadrón debemos conocer la masa total del mismo además de cada uno de sus elementos. La siguiente tabla 3.1 muestra los valores estimados de cada elemento.

Tabla 3.1 Peso de accesorios del vehículo

<u>PESO ESTIMADO DEL CUADRÓN</u>		
<u>Accesorios</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Peso</u>
Chasis del cuadrón	1	95kg
Ocupantes	1	75kg
Baterías	1	10kg
Motor eléctrico	1	15kg
Adjuntos	-	5kg
Total	-	200kg

Fuente: Grupo de investigación.

3.3 RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DEL VEHÍCULO

En el avance del vehículo es necesario analizar las resistencias que se oponen al movimiento, estas son las siguientes:

- Resistencia por rodadura R_r
- Resistencia por el aire R_a

3.3.1 Resistencia por rodadura

Fuerza que se opone al movimiento de los vehículos por efecto de la imperfecta elasticidad es decir, plasticidad de los neumáticos, como se muestra en la figura 3.1. A causa del aplastamiento que se produce en la huella, durante la rotación de la rueda.

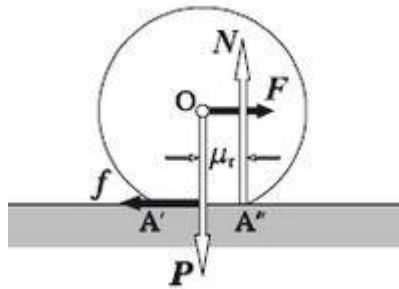


Figura 3.1 Diagrama de cuerpo libre

Fuente: <http://gitel.unizar.es>

La resistencia a la rodadura es proporcional al peso del vehículo y depende de las dimensiones y la estructura de los neumáticos, de su presión de hinchado, del tipo de pavimentación y de la velocidad.

La resistencia de rodadura, es provocada por la fuerza que soporta cada rueda y se determina a través de la siguiente ecuación 3.2.

$$Rr = P * f \quad (3.2)$$

Dónde:

P: Peso total del vehículo (Toneladas)

f: coeficiente de rozamiento (kg/t)

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de rodadura para algunos tipos de suelo.

Tabla 3.2 Coeficientes de rodadura

<u>Tipo de suelos</u>	<u>Coeficiente de rodadura kg/t</u>
Asfalto	12-17
Hormigón	15
Adoquinado	55
Tierra compacta	50
Tierra suelta	100

Fuente: Diccionario.motorgiga.com

Para el cálculo de la resistencia de rodadura se toma un valor promedio de coeficiente de rodadura correspondiente a asfalto ($f=15$) que es el material donde circulara el cuadrón que se muestra en la tabla 3.2.

Entonces:

Coeficiente de rodadura $f = 15$ kg/t

Peso total del cuadrón $P = 0.2$ Toneladas

$$Rr = 0.2 * 15 = 3kg$$

$$Rr = 3 kg$$

3.3.2 Resistencia por el aire frontal

Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del cuadrón en un plano perpendicular a su eje longitudinal como se ilustra en la figura 3.2.



Figura 3.2 Ilustración de un cuadrón sometido a resistencia al aire
Fuente: <http://www.fotosdesolapa.com/pdf/ElectricMoto.pdf>

El valor de R_a viene dado por la siguiente ecuación 3.3:

$$R_a = K * S * V^2 \quad (3.3)$$

Dónde:

K: constante del aire

S: área correspondiente a la proyección del cuadrón

V: velocidad promedio del cuadrón

La constante del aire K está determinada por la ecuación 3.4

$$K = \delta \frac{C}{2g} \quad (3.4)$$

Dónde:

δ : Densidad del aire (kg/m^3)

C: Coeficiente de arrastre

G: Fuerza de gravedad

El coeficiente de arrastre se toma el valor de 0.74 debido a que es un vehículo pequeño de diseño aerodinámico bajo.

Conocida la densidad del aire y el valor de la gravedad obtenemos la constante del aire.

$$\delta = 1.23\text{kg/m}^3$$

$$g = 9.8$$

$$C = 0.74$$

Entonces:

$$K = 1.23 \frac{0.74}{2(9.8)}$$

$$k = 0.046 \text{ kg m/s}^2$$

Cálculo del área frontal del cuadrón figura 3.3:

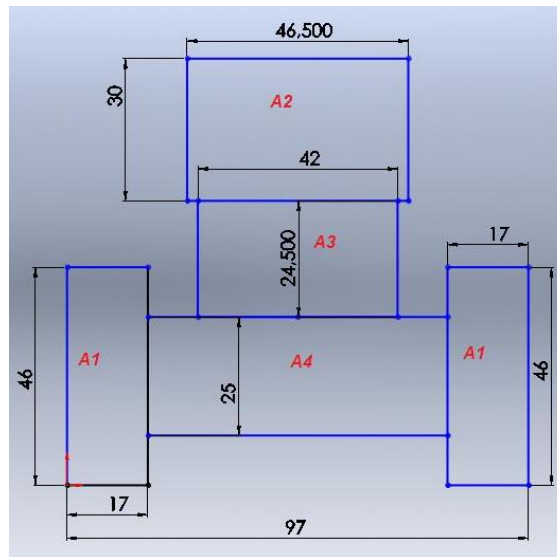


Figura 3.3 Área frontal del cuadrón.

Fuente: Grupo de investigación.

$$A1=46 \times 17$$

$$A1=782\text{cm}^2$$

$$A1=0.0782\text{m}^2$$

$$A1=0.1564\text{m}^2$$

$$A2= 30 \times 46.5$$

$$A2= 1395\text{cm}^2$$

$$A2=0.1395\text{m}^2$$

$$A3=24.5 \times 42$$

$$A3=1029\text{cm}^2$$

$$A3=0.1029\text{m}^2$$

$$A4= 25 \times 63$$

$$A4=1575\text{cm}^2$$

$$A4=0.1575\text{m}^2$$

$$AT = A1 + A2 + A3 + A4$$

$$AT = 0.56 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la resistencia de aire frontal se tomaran los siguientes datos.

$$S = 0.56 \text{ m}^2$$

$$V = 60 \text{ km/h}$$

$$K = 0.046 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Entonces:

$$Ra = 0.046 * 0.56 * \left(\frac{60}{3.6}\right)^2$$

$$Ra = 7.15 \text{ kg}$$

La fuerza o resistencia total del cuadrón es la siguiente.

$$Rt = \text{Resistencia por rodadura (Rr)} + \text{Resistencia por el aire (Ra)}$$

Entonces:

$$Rt = 3 \text{ kg} + 7.14 \text{ kg}$$

$$Rt = 10.14 \text{ Kg}$$

La potencia requerida ecuación 3.1 para el movimiento del cuadrón es:

$$P_r = (10.14 \text{ kg} * 60 \text{ Km} / \text{h.}) * (2.72)$$

$$P_r = 1654.84 \text{ Watts}$$

$$P_r = 2.2 \text{ HP}$$

Potencia requerida 2.2HP



Figura 3.4 Motor eléctrico WEG

Fuente: Grupo de investigación.

3.4 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Para la adquisición del motor de la figura 3.4, se debe especificar técnicamente las características del mismo. Teniendo como base que es un motor de inducción jaula de ardilla por el análisis hecho y la potencia (2.2 HP) por los cálculos realizados las características se muestran en la tabla 3.3, además este tipo de motor con eficiencia en aplicaciones donde es exigido, la corrección del factor de potencia, altos torques y bajas corrientes de arranque, velocidad constante en variaciones de carga, bajo costo de operación y mantenimiento, son los principales motivos que resultan en la elección del mismo.

Tabla 3.3 Especificaciones del motor eléctrico WEG

MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN – ROTOR DE JAULA	
Carcasa	90S/L
Potencia	1.5KW
Frecuencia	60 Hz
Polos	4
Rotación nominal	1730
Deslizamiento	2.50%
Voltaje nominal	220/460V
Corriente nominal	5.58/2.79 A
Corriente de arranque	46.3/23.2 A
I_p/I_n	8.3
Corriente en vacío	3.36/1.68 A
Par nominal	8.17Nm
Par de arranque	300%
Par máximo	400%
Categoría	N
Clase de aislamiento	F
Elevación de temperatura	80 K
Tiempo de rotor bloqueado	14 seg (caliente)
Factor de servicio	1.25
Régimen de servicio	S1
Temperatura ambiente	-20° C- + 40°C
Altitud	1000
Protección	IP55
Masa aproximada	15kg
Momento de inercia	0.00660kgm ²
Nivel de ruido	49dB (A)

Fuente: Motores eléctricos WEG

3.5 SELECCIÓN DE LA BATERÍA

Una vez determinado los consumidores de nuestro proyecto procedemos a la selección de la batería mediante la fórmula de la capacidad de la batería (CB).

$$CB = \frac{(L)(N)}{(DOD)n_c}$$

Dónde:

CB= Capacidad de la bacteria.

L= Energía necesaria real.

Tabla 3.4 Características del Motor.

<i>Corriente nominal</i>	5, 58 A
	230 V

Fuente: Grupo de investigación.

DOD= Maxima profundidad de descarga

Batería acido – plomo; *DOD*= 52% de su carga (sin alternador), a 1200 ciclos.

n_c = Perdida en cables es 0, 3.

Cable cargado con 30% de la intensidad maxima admisible.

N= Numero de horas de autonomía.

N= 2,2 horas

Mediante cálculos realizados por el grupo de investigación se pudo seleccionar la batería adecuada para utilizar en nuestra tesis práctica.

$$CB = \frac{(L)(N)}{(DOD)n_c}$$

$$CB = \frac{(5,58 A)(2,2 h)}{(0,52)(0,3)}$$

CB= 78.69Ah

Tabla 3.5 Resultados obtenidos del CB

-0,5	± 0,02	81.84 Ah
0,5 2		78.69 Ah ≈ 80.0 Ah
+0,54		75.77 Ah

Fuente: Grupo de investigación.

La gama de productos Bosch S4 de la figura 3.5 se caracteriza por su versatilidad ya que cubre el 97% del parque de automóviles. Diseñada para toda clase de vehículos, cualquiera que sea su antigüedad, nos garantizan el suministro eléctrico que nuestro vehículo necesita.



Figura 3.5 Batería Bosch S4

Fuente: www.catalogobosch.com

Prestaciones de la Batería Bosch S4

- 115% superior a las baterías de coches convencionales
- Duración 20 % superior gracias a la innovadora liga de plata (silveralloy)
- Para todas las clases de vehículos
- Garantiza de forma segura la energía necesaria para un número medio de equipamientos que consuman electricidad.
- Cumple permanentemente con los elevados requisitos de los fabricantes de coches internacionales en términos eléctricos.

Por lo tanto el suministro de energía para el cuadrón está garantizada ya que el voltaje que emite al inversor es ideal y así pueda arrancar el vehículo sin problema, para ello citamos en la tabla 3.4 las características de la batería a utilizarse en el cuadrón eléctrico.

Tabla 3.6 Características Batería

<u>Batería Bosch</u>	
Capacidad de carga	80Ah
Intensidad	1000 ^a
Voltaje	12Vdc

Fuente: Grupo de investigación.

Identificación de baterías Bosch según la serie S' en la figura 3.6

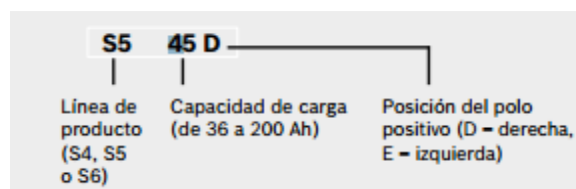


Figura 3.6 Identificación de baterías Bosch

Fuente: www.catalogobosch.com

3.6 SELECCIÓN DEL INVERSOR DE VOLTAJE

El inversor boostB0051PSFFQ de la figura 3.7 posee las siguientes especificaciones las mismas que satisfacen con el requerimiento para el correcto funcionamiento del sistema motriz.

- El interruptor de encendido / apagado con opción de control remoto incluido.
- Cierre por batería baja, protección de la sobrecarga, protección térmica.

- Eficiencia aproximada de 90%.
- Alarma de batería baja $10.5 \pm 0.5V$ DC
- Apagado por batería baja $10 \pm 0.5V$ DC



Figura 3.7 Inversor de corriente

Fuente: www.amazon.com

Es en realidad una buena elección ya que cumple con todas las características de voltajes de salida y lo más importante la potencia pico como se muestra en la tabla 3.5, que avala su desempeño en este tipo de sistemas.

Tabla 3.7 Características del inversor de corriente

<u>INVERSOR DE CORRIENTE</u>	
Voltaje de entrada	12 Vdc
Voltaje de salida	120 V
Potencia	2000 W
Potencia Pico	4000 W

Fuente: Grupo de investigación.

3.7 CARGADOR

El cargador para baterías de plomo ácido mostrado en la figura 3.8 cumple con el requerimiento establecido que garantiza una carga óptima en un tiempo razonable de carga y posee las siguientes prestaciones.

- De 6 Voltios o 12 Voltios.
- Cargador de 12 Amperios de capacidad.
- Posee un Voltímetro análogo (de aguja) para visualizar el voltaje de carga, o para verificar el voltaje que posee la batería en el momento de la medición.
- Posee switch selector de 6 V o 12 V, de acuerdo a la batería que se desee cargar.
- Ideal para cargar externamente baterías secas de UPS, Alarmas, Carritos eléctricos.

Estos parámetros se detallan en la tabla 3.6.



Figura 3.8 Cargador de batería

Fuente: <http://articulo.cargador-para-baterias-de-plomo-acido-6-v-o-12-v>

Tabla 3.8 Características del cargador de baterías

<u>CARGADOR DE BATERIAS</u>	
Voltaje de entrada	120 V
Voltaje de salida	12 Vdc
Corriente de carga	6 A

Fuente: Grupo de investigación.

3.8 TRANSFORMADOR

El transformador GE 9T51B0012 de la figura 3.9 tiene las siguientes prestaciones que garantiza el voltaje suministrado al motor.

- La familia completa de transformadores de GE ofrecen tranquilidad, el modo de operación de transformador es fiable con parámetros de voltaje mostrado en la tabla 3.7.
- Los Núcleo y las bobinas están constantemente ventilados.
- Carcasa resistente a la intemperie.
- Cuentan con núcleo y las bobinas encapsuladas.
- Voltajes de distribución estándar son 600, 480, 240 y 220 voltios. El transformador se utiliza para obtener la tensión de carga de la tensión de distribución.



Figura 3.9 Transformador GE

Fuente:<http://www.westernextralite.com>

Tabla 3.9 Características del transformador

<u>TRANSFORMADOR GE</u>	
Voltaje de entrada	120V
Voltaje de salida	220V
Potencia	2000W
Monofásico con carcasa metálica	

Fuente: Grupo de investigación.

3.9 VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador Altivar 312 de la figura 3.10, es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos 200...600 V de 0,18 a 15 kW

Prestaciones del variador de frecuencia Schneider electric altivar 312.

Ahorro de tiempo y costo:

- Una herramienta única y estándar
- Menos cableado
- Control Local en el panel frontal
- Capacidad de montaje inmediato.
- Programación rápida con unos pocos clicks utilizando el botón de navegación
- Rápida duplicación de la configuración y/o descarga

Las principales funciones disponibles son las siguientes:

- Protecciones para motor y variador
- Rampas de aceleración y deceleración, lineales, en S, en U o personalizadas.
- Control local de la referencia velocidad con el botón de navegación
- Más/menos velocidad.
- 16 velocidades preseleccionadas.

- Consignas y regulador PI.
- Mando 2 hilos/3 hilos.
- Lógica de freno.
- Recuperación automática con búsqueda de velocidad y re-arranque automático.
- Configuración de fallos y de tipos de paradas.
- Memorización de la configuración en el variador.

Se pueden asignar varias funciones a una misma entrada lógica

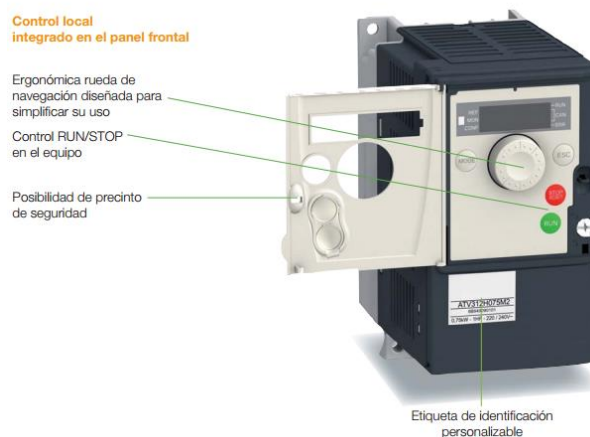


Figura 3.10 Variador de Frecuencia.

Fuente: <http://www.schneider->

[electric.com.co/documents/local/catalogo-altivar-312.pdf](http://www.schneider-electric.com.co/documents/local/catalogo-altivar-312.pdf)

Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores, además de especificaciones técnicas en la tabla 3.8.

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.

- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómata o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.

Por tanto existe la garantía suficiente en la utilización de este variador para el control de velocidad del motor.

Tabla 3.10 Características de variador de frecuencia

<u>VARIADOR DE FRECUENCIA</u>	
Voltaje de entrada monofásica	220V
Voltaje de salida trifásica	220V
Corriente de salida por fase	11A
Potencia	2000W

Fuente: Grupo de investigación.

3.10 SISTEMA FOTOVOLTAICO

La tecnología fotovoltaica aprovecha la energía irradiada por el sol para producir electricidad respaldando a la batería como se ilustra en la figura 3.11. Los sistemas fotovoltaicos no requieren mantenimiento, permitirá producir electricidad cuando sea necesario.

Tabla 3.11 Características del panel solar

<u>Panel Solar</u>	
Voltaje de salida	12Vdc-24Vdc
Dimensiones	42.5 x 46.5 cm

Fuente: Grupo de investigación.

El controlador protegerá a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil.

Tabla 3.12 Características del controlador del panel

<u>Controlador del panel</u>	
Voltaje de salida	12Vdc/24Vdc
Corriente de carga	20A
Potencia	20W

Fuente: Grupo de investigación.

Cuando la tensión en los bornes de la batería alcanza, durante la carga, el nivel establecido como detalla en la tabla 3.10, los circuitos que controlan el relé en este controlador abren o sea desconectan el interruptor.

Por lo tanto dejan a la batería separada del módulo fotovoltaico.

Ya los paneles no pueden cargar a la batería.

Una vez que la batería se descarga hasta un nivel calculado, el relé cierra el contacto o interruptor procediéndose a continuación a cargarse de

nuevo la batería sin problemas, es decir se ha vuelto a conectar los paneles con la batería.

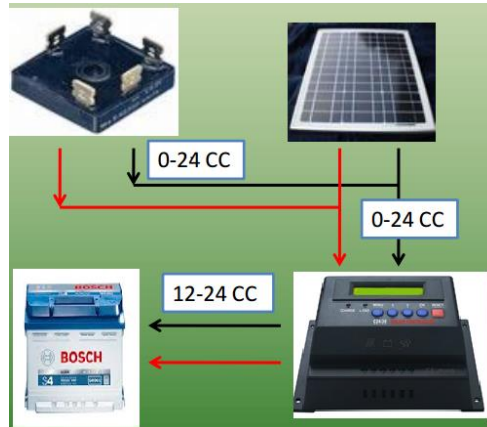


Figura 3.11 Sistema fotovoltaico
Fuente: Grupo de Investigación

CAPÍTULO 4

4. CONSTRUCCIÓN PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA MOTRIZ

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAMBLAJE

Para la construcción del cuadrón eléctrico se procede a realizar las siguientes actividades:

1. Se desmonta y desconecta ciertas partes que componen un cuadrón de combustión interna obteniendo únicamente el chasis el cual soportará todos los elementos del cuadrón eléctrico. Para ello se realizó el análisis de esfuerzos para comprobar que el chasis soporta el peso del nuevo sistema motriz gracias al programa de diseño y análisis SolidWorks como se muestra en la figura 4.1.

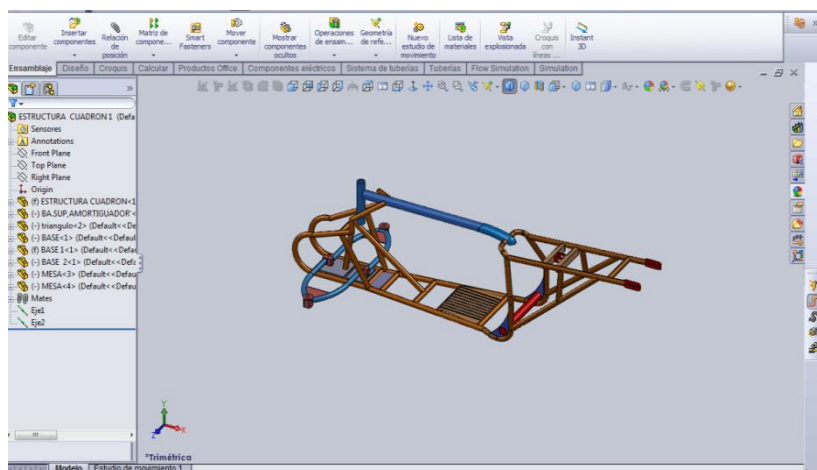


Figura 4.1 Chasis del vehiculo

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011

Mediante el análisis comprobamos que la estructura del vehículo si resiste las cargas del nuevo sistema como se muestra en el anexo número 1.

2. Se mantendrá el sistema de frenos, transmisión y suspensión del cuadrón original como se detalla en la figura 4.2, debido a que no se realizarán modificaciones en dichos sistemas.



Figura 4.2 Cuadrón ensamblado con los sistemas principales

Fuente: Grupo de investigación.

3. Se construyó dos bases independientes en las cuales se montará la batería, el inversor , cargador como se muestra en la figura 4.3, ubicados en la parte posterior y el panel solar ubicado en la parte frontal, las cuales serán sujetas al chasis del vehículo.



Figura 4.3 Base construida con miembro estructural

Fuente: Grupo de investigación

4. Mediante suelda eléctrica se unió los apoyos al chasis como se muestra en la figura 4.4, en donde se fijaran tanto la base como el motor eléctrico mediante pernos.



Figura 4.4 Unión de soportes

Fuente: Grupo de investigación.

Para conectar el motor eléctrico con la catalina del eje posterior mediante la cadena original se optó por un piñón con chavetera fijándose a la salida del motor como se observa en la figura 4.5, tomando en cuenta la relación de transmisión que se muestra en la ecuación 4.1.



Figura 4.5 Acople para el motor

Fuente: Grupo de investigación.

5. Se coloca el acople en el motor eléctrico como se muestra en la figura 4.6, mediante una chaveta.



Figura 4.6 Instalación del acople.

Fuente: Grupo de investigación.

6. Se coloca la cadena tanto en la rueda dentada del eje como en el acople del motor detallado en la figura 4.7, se ajusta el motor eléctrico al chasis mediante pernos, tomando en cuenta la tensión de la cadena.

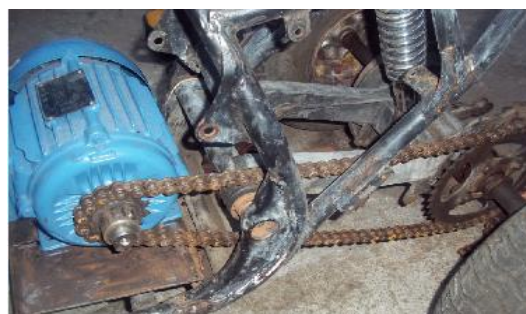


Figura 4.7 Sistema de transmisión

Fuente. Grupo de investigación.

4.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

La relación de transmisión es una relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes conectados entre sí. Esta relación se debe a

la diferencia de diámetros de las dos ruedas, que implica una diferencia entre las velocidades de rotación de ambos ejes, esto se puede verificar mediante el concepto de velocidad angular.

Matemáticamente, la relación de transmisión entre dos engranajes circulares con un determinado número de dientes Z se expresa de la siguiente ecuación 4.1:

$$\tau = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (4.1)$$

- ω_1 es la velocidad angular de entrada
- ω_2 es la velocidad angular de salida transmitida
- Z_1 es el número de dientes del engranaje de entrada.
- Z_2 es el número de dientes del engranaje de salida.
- El signo menos indica que se invierte el sentido del giro.

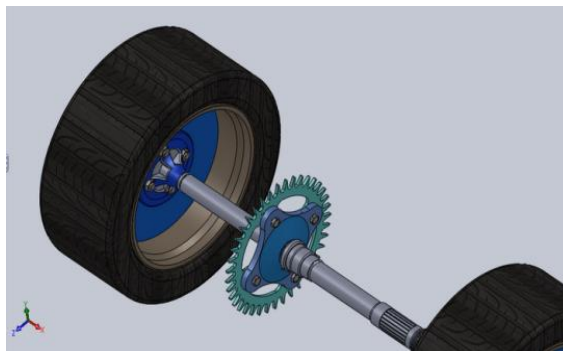


Figura 4.8 Sistema de transmisión. Corona

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011.

Como se observa la figura 4.8 se tiene el número de dientes de la corona igual a 39 y los dientes del engranaje son 13 entonces se procede al cálculo.

Entonces:

La relación de transmisión del cuadrón es la siguiente.

Z1: Numero de dientes del engranaje de entrada 13.

Z2: Numero de dientes de la engranaje de salida 39.

$$\tau = \frac{Z1}{Z2} = \frac{13}{39} = 0.33$$

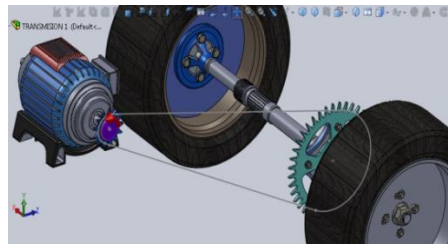


Figura 4.9 Sistema de transmisión Piñón-Corona

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011

El engranaje de salida dará 0.33 vueltas cada vez que el de entrada da una vuelta completa como se muestra en la figura 4.9.

7. Se instala los elementos eléctricos y electrónicos en su respectivo lugar sujetos mediante pernos al chasis.

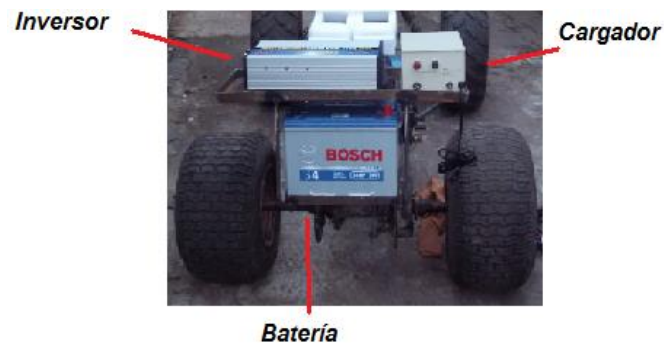


Figura 4.10 Cuadrón parte posterior

Fuente: Grupo de investigación.

En la parte delantera como se muestra en la figura 4.11 se ubica el transformador con el afán de distribuir correctamente el peso.



Transformador

Figura 4.11 Parte delantera del cuadrón

Fuente: Grupo de investigación.

Además se ubica el sistema fotovoltaico como se muestra en la figura 4.12 de tal forma que el panel capte de mejor forma la energía solar.



Figura 4.12 Panel solar parte delantera del cuadrón

Fuente: Grupo de investigación.

4.3 SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

4.3.1 Montaje y cableado del circuito eléctrico

Una vez establecido el diseño eléctrico de fuerza y control, se procedió a ensamblar los componentes eléctricos en el cuadrón. Para este proceso se construyó bases y soportes para ubicar la batería, el inversor, panel

solar mencionados anteriormente. A continuación se observa el montaje de los componentes eléctricos.

En el variador la conexión se la hace hacia el motor identificando los terminales de alimentación y de señal como se muestra en la figura 4.13.

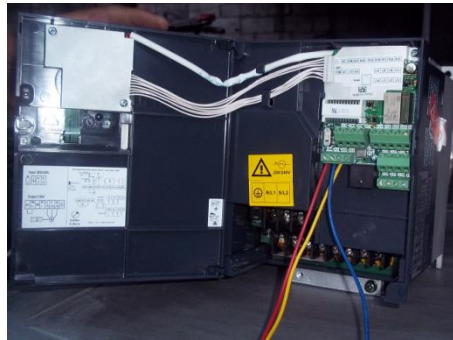


Figura 4.13 Cableado del variador de frecuencia
Fuente: Grupo de investigación.

En el motor igualmente realizamos la conexión tomando en cuenta cada terminal que van tanto a la alimentación del variador como el que va hacia el transformador como se observa en la figura 4.14.

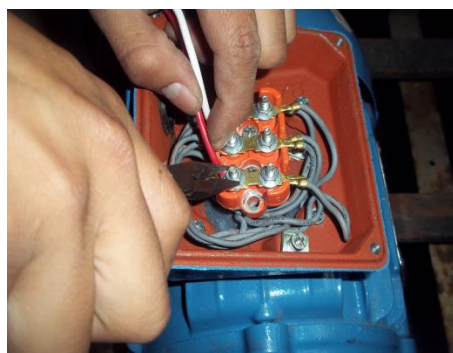


Figura 4.14 Cableado del motor WEG
Fuente: Grupo de investigación.

También se procede a conectar el inversor, figura 4.15.



Figura 4.15 Conexión del inversor de voltaje
Fuente: Grupo de investigación.

El sistema fotovoltaico también es conectado tomando en cuenta:

Cable negativo (-) conectado directamente a la batería

Cable positivo (+) conectado en uno de los terminales del interruptor principal.



Figura 4.16 Regulador del panel solar
Fuente: Grupo de investigación.

El regulador figura 4.16 tiene tres pares de dos terminales que son:

Terminal 1 hacia el panel solar (polo negativo (-) y polo positivo (+)).

Terminal 2 hacia la batería (polo negativo (-) y polo positivo (+)).

Terminal 3 hacia un consumidor (polo negativo (-) y polo positivo (+)).

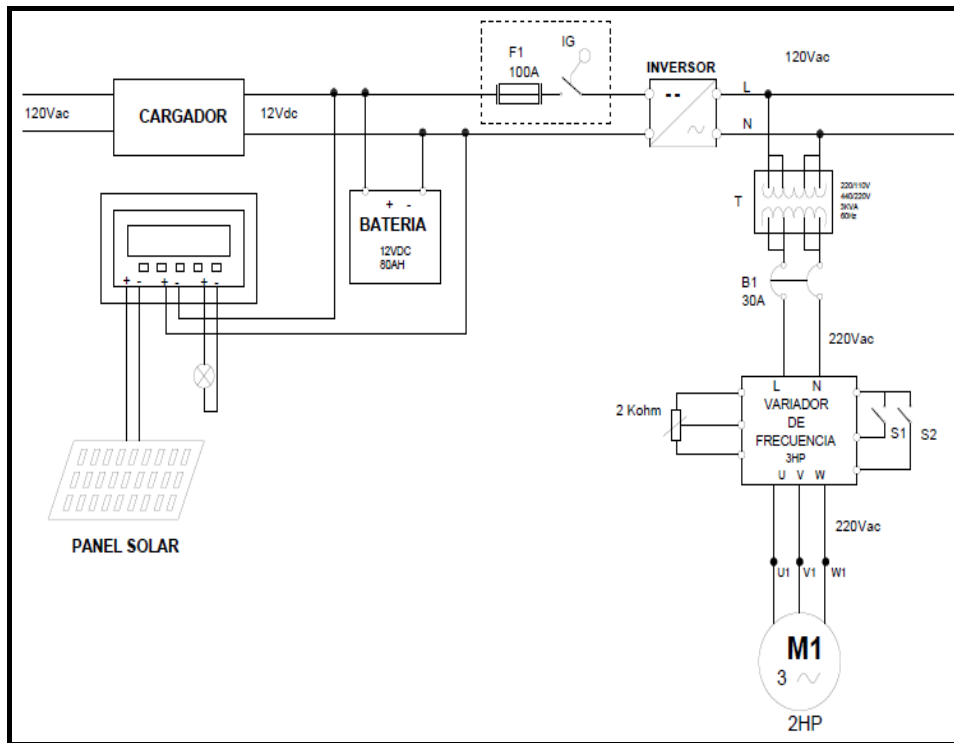


Figura 4.17 Circuito general del cuadrón

Fuente: Grupo de investigación.

4.4 MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El circuito eléctrico del cuadrón de la figura 4.17 está compuesto por varios elementos los cuales cumplen funciones muy importantes durante el funcionamiento del cuadrón. A continuación se detalla dichas funciones de cada componente.

4.4.1. Cargador de batería.- es el encargado de suministrar la tensión eléctrica a la batería. Teniendo en cuenta que el voltaje de entrada es de 120V AC y el de salida de 12V DC.

4.4.2. Batería.- es un acumulador de energía eléctrica el cual entrega una tensión de 13.4V DC a los elementos eléctricos del cuadrón.

4.4.3. Inversor.- transforma el voltaje de entrada 13.4V DC a 120V AC.

4.4.4. Transformador.- eleva el voltaje de entrada de 120V AC a 220V AC.

4.4.5. Variador de frecuencia.- controla la frecuencia suministrada al motor. Trabaja con un voltaje de entrada y salida de 220V AC.

4.4.6. Motor eléctrico.- es el encargado de transformar la energía eléctrica a energía mecánica, generando el par motor suficiente para el movimiento del cuadrón.

4.4.7. Panel solar.- convierte la luz solar en electricidad. Obteniendo un voltaje de salida de 12VDC-24VDC. Además de estos elementos en el circuito eléctrico esta un elemento de protección (Breaker) y un elemento de control (Potenciometro) los cuales cumplen con funciones indispensables para el funcionamiento del cuadrón.

El cuadrón funciona de la siguiente manera:

- El circuito deberá estar cerrado por medio del interruptor principal de la figura 4.18.

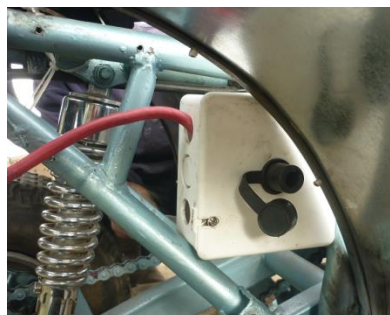


Figura 4.18 Interruptor principal del sistema eléctrico

Fuente: Grupo de investigación

- Se encenderá el inversor figura 4.19, el cual nos dará el voltaje de la batería la misma que se incrementa mediante el cargador que está conectado a una toma de 110 (V).



Figura 4.19 Inversor de voltaje

Fuente: Grupo de investigación

- Se energizará el transformador, variador de frecuencia por medio del breaker figura 4.20, ya que es una seguridad para evitar sobrecargas.



Figura 4.20 Elemento de protección Breaker

Fuente: Grupo de investigación.

- Se acciona el interruptor de tres posiciones figura 4.21. Seleccionando una de las dos opciones.

En este caso seleccionamos hacia la derecha el vehículo se desplaza hacia adelante.

Caso contrario la izquierda se mueve hacia atrás.



Figura 4.21 Interruptor de tres posiciones

Fuente: Grupo de investigación

- Una vez ubicado el interruptor en la posición deseada se procederá a acelerar gradualmente por medio del potenciómetro figura 4.22, el cual entregara energía al motor generando así el par motor.



Figura 4.22 Potenciómetro (acelerador)

Fuente: Grupo de investigación.

Este procedimiento se lo realizará de forma ordenada para que sistema se energice correctamente y así pueda funcionar correctamente.

4.5 PRUEBAS DEL VEHICULO ELÉCTRICO

4.5.1 Autonomía

La autonomía y rendimiento del cuadrón dependen principalmente de las características de la batería como se muestra en la figura 4.23. Dicha batería da mayor o menor autonomía al cuadrón.

El tiempo de autonomía se calcula con la ecuación 4.2, considerando, que la batería está cargada totalmente, que su voltaje es el voltaje de flotación (13.2V) y que la corriente de la carga es constante.

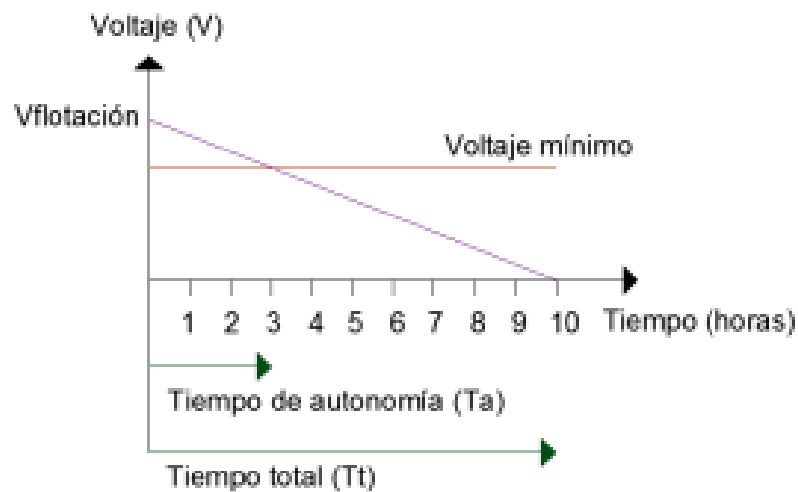


Figura 4.23 Comportamiento de la batería
Fuente: Carlos Patricio Burbano Romero EPN

$$Tiempo\ total = \frac{Carga\ (Ah)}{I\ carga\ (A)}$$

(4.2)

$$\frac{Tiempo\ total}{Tiempo\ autonomia} = \frac{V\ flotación}{V\ flotación - Voltaje\ min}$$

Dónde:

Carga= 80 Ah

I Carga = 6A

V flotación = 13.2 V

Voltaje mínima = 11 V

$$\text{Tiempo de autonomía} = \frac{80Ah}{6A} \cdot \frac{13.2 - 11}{13.2}$$

$$\text{Tiempo de autonomía} = 2.2h$$

El tiempo de circulación del cuadrón es aproximadamente 2.2h dicha prueba fue realizada en el patio central de la universidad figura 4.24 que tiene las siguientes medidas. Primordial por que la superficie en contacto que circula el cuadrón es asfalto.

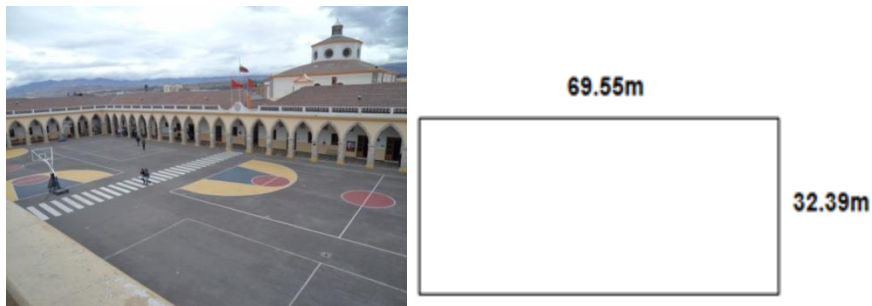


Figura 4.24 Patio ESPE-L

Fuente: Grupo de investigación

Teniendo un área de:

$$A = 69.55m \times 32.39m$$

$$A = 2252.87m^2$$

Además se observa como varía el voltaje frente al tiempo que recorre el vehículo en la figura 4.25.

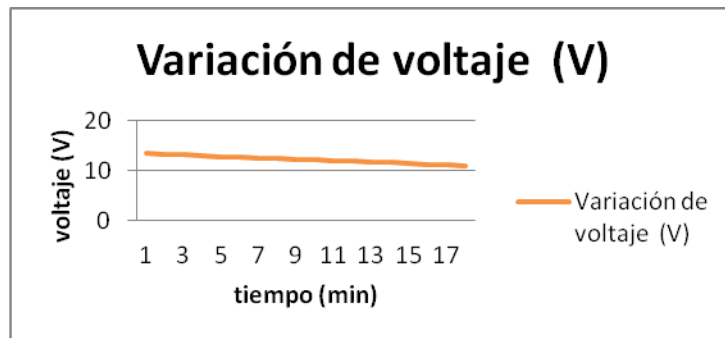


Figura 4.25 voltaje vs tiempo cuadrón eléctrico

Fuente: Grupo de investigación

4.5.2 Velocidad del vehículo

La prueba velocidad se llevó a cabo en la panamericana sur (Latacunga Salcedo) como se aprecia en la figura 4.26.



Figura 4.26 Prueba de velocidad

Fuente: Grupo de investigación

Para dicha prueba tomamos en cuenta datos como el tiempo, distancia recorrida y la frecuencia detallada en la tabla 4.1 ya que está directamente relacionada con la velocidad.

Tabla 4.1 Prueba de velocidad

<u>Distancia (m)</u>	<u>Tiempo (s)</u>	<u>Frecuencia (Hz)</u>	<u>Velocidad (km/h)</u>
100	25	15	14.4

Fuente: Grupo de investigación

Como se observa en la tabla se muestra la velocidad de 14.4 Km/h es ideal ya que cumple con las expectativas del grupo de trabajo.

4.5.3 Análisis comparativo cuadrones eléctrico – gasolina

- **CONSUMO DE ENERGÍA**

El análisis del consumo de energía del vehículo eléctrico lo haremos comparando con el cuadrón Suzuki 160 ya que la implementación del nuevo sistema se lo realizó en este último para lo cual analizamos las características y prestaciones que tienen ambos.

El cuadrón 160 es un vehículo muy versátil que ha tenido a lo largo del tiempo mucha acogida en especial en países como España y Estados Unidos.



Figura 4.27 Cuadrón Suzuki 160

Fuente: <http://www.atv.info/articlePrint.cfm?id=56>

Este vehículo figura 4.27 cuenta con las siguientes características y prestaciones.

Tabla 4.2 Especificaciones Suzuki 160

SUZUKI 160CC	
Tipo de motor	4 tiempos,
Recorrido	150Km/gal
Cilindrada	158 cc
Compresión	9,2:1
Alimentación	Carburador

Fuente: www.cmelectronica.com.ar

Por lo general en el país este tipo de cuadros convencionales utiliza combustible tipo extra con valores que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla4.3 Precios oficiales de combustibles

<u>COMBUSTIBLE</u>	<u>PRECIO</u>
EXTRA	1.48 USD/gal
SUPER	2.10 USD/gal
DIESEL	1.03 USD/gal

Fuente: El Universo.com

En este caso para el vehículo utilizado se tiene:

$$\text{Recorrido (10Km)} = 10\text{Km} * 1,48 \text{ (USD)}/150\text{Km}$$

$$\text{Recorrido (10Km)} = 0,098 \text{ (USD)}$$

- **IMPACTO AMBIENTAL**

El CO₂ o dióxido de carbono es uno de los gases que se producen al quemar combustible: los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina. Normalmente se mide en gramos por kilómetro.

Entonces los 150Km recorre con 1 Gal (3,785lt) por tanto tenemos:

Recorrido (10Km) = 0,25 lt

La contaminación (C) será:

$(C) = 2,3\text{Kg (CO}_2) * 0,25\text{lt} / 1\text{lt}$

$(C) = 0,575 \text{ g (CO}_2) \text{ por cada kilómetro recorrido.}$

En conclusión tenemos la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Comparación cuadrón (mci) vs cuadrón eléctrico

<u>PARÁMETROS</u>	<u>CUAD. (MCI)</u>	<u>CUAD. ELÉCTRICO</u>
Distancia recorrida	10km	10km
Costo	0,098USD	0,35USD
Emisiones de CO ₂	0,575 Kg CO ₂ /km	0Kg CO ₂

Fuente: Grupo de investigación

Se puede observar la tabla 4.4 Ambos cuadrones recorrieron la misma distancia con costos de combustible o energía para su desplazamiento diferente existiendo una diferencia de 0,082(USD), lo que en parte es beneficioso circular en un cuadrón (MCI), pero se cumple con el objetivo de cumplir con cero emisiones a favor del cuadrón eléctrico que hoy en día es primordial para la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente proyecto se construyó el sistema motriz netamente eléctrico para un cuadrón en el cual se demostró la correcta selección de los dispositivos para que dicho vehículo funcione. Una vez concluido este proyecto y considerando las diferentes etapas de su desarrollo, a continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones.

- El estudio de los diversos sistemas y elementos que conforman los vehículos eléctricos fue pieza fundamental para iniciar y por ende concretar con éxito el proyecto.
- Verificamos que era lo correcto modificar diversas partes de su estructura mecánica y en su totalidad la parte eléctrica para que los nuevos dispositivos se acoplen de mejor forma, dando como resultado un vehículo eléctrico sin perder las características de un cuadrón común.
- Confirmamos que los componentes eléctricos y electrónicos fueron escogidos bajo diversos parámetros de funcionamiento con el afán de que el vehículo respondiera a las necesidades establecidas previamente.
- Implementamos el nuevo sistema motriz tomando en cuenta normas de seguridad y con las conexiones correctas, seguidamente se comprueba su funcionamiento con y sin ocupante logrando obtener los resultados deseados, con la respectiva prueba de consumo de energía.

- Verificamos que el chasis del vehículo soporta el peso del nuevo sistema motriz ya que este es inferior al peso del motor de combustión interna y sus demás sistemas.
- Comprobamos que el nuevo sistema motriz eléctrico denota un desempeño óptimo tomando en cuenta que el vehículo circula a aproximadamente 50km/h, velocidad suficiente para circular en la ciudad, según el Capítulo V Art. 192 del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial “de los límites de velocidad”.
- Evidenciamos por medio de la investigación que una presencia progresiva de este tipo de vehículos en el sistema de movilidad y transporte, representa un reto importante, también ofrece un conjunto de oportunidades que el país que no debe desperdiciar, dado que constituye una gran oportunidad para la innovación tecnológica, con nuevos desarrollos industriales que han de representar una mejora energética y ambiental sin duda alguna.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta el tiempo de duración del consumo de energía, antes de conducir el vehículo considerando que tenemos como promedio dos horas para circular en plano.
- Recordar que el variador de frecuencia podemos modificarlo para alcanzar mayores velocidades, para aquello hay que tomar en cuenta diversos aspectos siendo el peso del conductor el principal, ya que este siempre varia e influye al momento de arrancar.
- Verificar el estado y presión de aire de los neumáticos ya que incide de manera directa al momento de partir y en el giro del sistema de dirección.
- El mantenimiento estará centrado en el estado de la batería ya que todos los componentes son eléctricos y dependen directamente de la misma.
- Es factible reemplazar las ruedas delanteras para reducir la superficie de contacto con el suelo y facilitar el giro del sistema de dirección, además vencer con facilidad la resistencia a la rodadura.
- Autonomía suficiente para el uso cotidiano para una persona en la ciudad. Pero baja comparada con los vehículos de combustión interna.
- El grado de contaminación es mínimo, además beneficioso ya que con el impulso y creación de nuevas hidroeléctricas el costo por la recarga de baterías sería mínimo por ende mayor acogida de este tipo de vehículos.

- Es recomendable difundir este tipo de tecnologías ya que este tipo de vehículos se exime de pagar el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV), además el pago del impuesto al valor agregado según el Art. 15 numeral 14 del Servicio de Rentas Internas (SRI).

Con el desarrollo de este proyecto se ha dado el primer paso en la aplicación real del mismo, las recomendaciones anteriores son planteadas con el ánimo de proporcionar las bases para continuar con esta investigación contribuyendo de esta manera a su optimización.

BIBLIOGRAFÍA

- Buchanan, C. (1958). The motor in Britain. London: Leonard Hill.
- Rivas, V. (2012). Selección y aplicación de motores eléctricos. Madrid: Planeta.
- Salazar, J. (2002). Química y Catálisis del Petróleo. México: Cristal.
- Álvarez, M. (2009). Transformadores de corriente. Madrid: Agapea.
- López, R., López, P., Luque, R., (1995). Dimensionamiento solar fotovoltaico. Málaga: Deastore.
- Sprague, F. (201 D). Variadores de frecuencia. Roma: ABC.
- Patricks, J. (2010). Guía Práctica sobre Dispositivos de Energía-Libre. Santiago: AHA-BUCH.
- Vintaje, W. (1886). Historia del vehículo eléctrico. London: Planet.
- Kampman, B. (2010). Green Powerfor Electric Cars. EEUU: Delft.
- Ceña, A. y Santamaría, J. (1982) El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente. México: Cruz.
- López, B. (2004). Manual de la motocicleta reparación y mantenimiento. Guatemala: Cuesta.
- Alonso. J. M. (2007). Técnicas del Automóvil Chasis. México: Paraninfo.
- Castro, V. (1994). Biblioteca Técnica y Práctica de la Motocicleta. Barcelona: Ceac.
- Robinson, J. (1992). Motocicletas Chasis. Andalucía: Paraninfo.

NETGRAFÍA

<http://www.monografias.com/trabajos94/motor-combustion-interna/motor-combustion-interna.shtml>

http://automovilesconelmedioambiente.blogspot.com/2012_08_01_archive.html

<http://prezi.com/leqmwilziwq8/copy-of-copy-of-untitled-prezi/coiina.files.wordpress.com/2011/06/documentacion-total.pdf>

<http://www.evwind.es/2009/10/04/el-vehiculo-electrico-y-la-energia-eolica-por-jose-santamarta-y-alberto-cena/1677>

<http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml#Relacionados>

<http://es.scribd.com/doc/16722267/Cursos-de-Mecanica-y-Electricidad-del-Automovil>

<http://www.free-energy-info.com/eBookS.pdf>

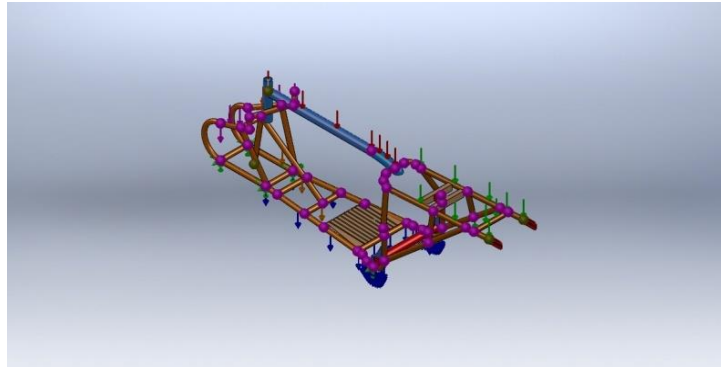
<http://www.slideshare.net/mecanno/001-electrotecnia>

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico

<http://www.infoplcn.net/blog4/2010/02/27/el-convertidor-de-frecuencia-ii-control-escalar/>

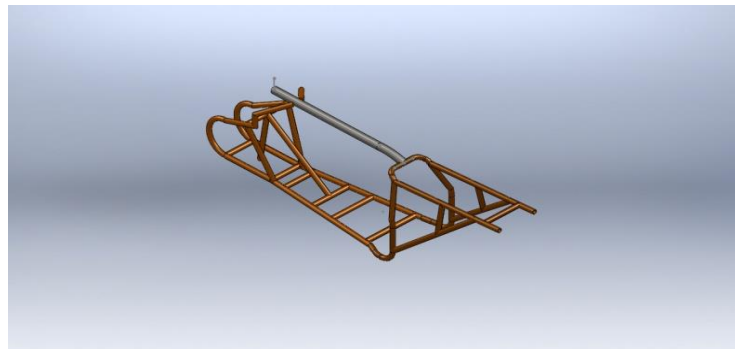
http://es.wikipedia.org/wiki/Control_vectorial

ANEXO 1
ANÁLISIS DE CARGAS DEL SISTEMA



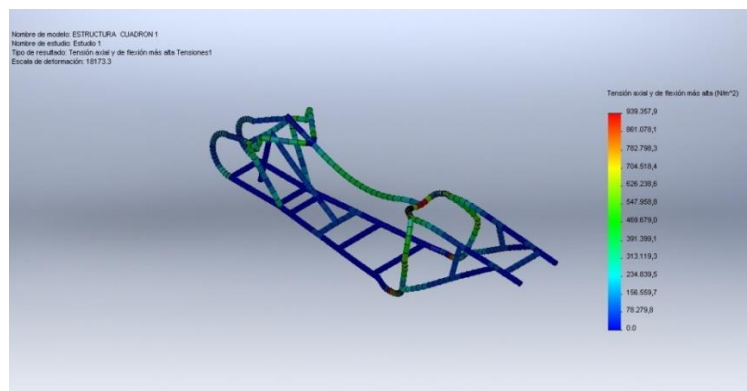
MODELO ORIGINAL

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011



MODELO ANALIZADO

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011



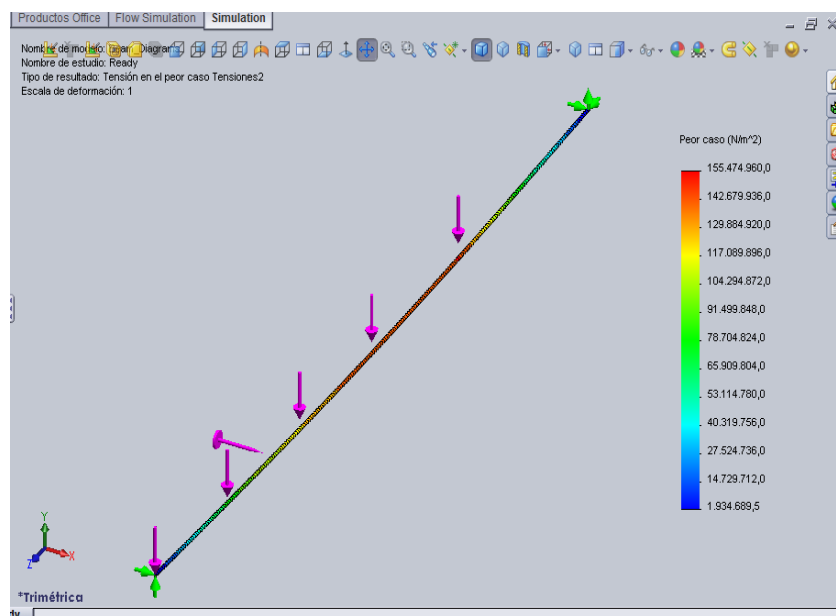
ANÁLISIS DE TENSIONES

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011

Tabla Anexo 1 Propiedades del Material.

Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	2.5e+008 N/m²
Límite de tracción:	4e+008 N/m²
Módulo elástico:	2e+011 N/m²
Coficiente de Poisson:	0.26
Densidad:	7850 kg/m³
Módulo cortante:	7.93e+010 N/m²

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011



ESFUERZO MÁXIMO

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011

Para el presente análisis se toma en cuenta el material de vehículo acero al carbono ASTM-A 36 y la aplicación de una combinación de cargas puntuales y cargas distribuidas que simulan las cargas que se aplican en la estructura como son una carga puntual la cual representa el peso del conductor el cual es un promedio de 75 Kg, y en conjunto entre accesorios y equipos de instalación tenemos un total de 200 Kg, para lo cual se distribuyó en la viga, aumentando estos valores 2.5 veces más para un diseño con mayor confiabilidad

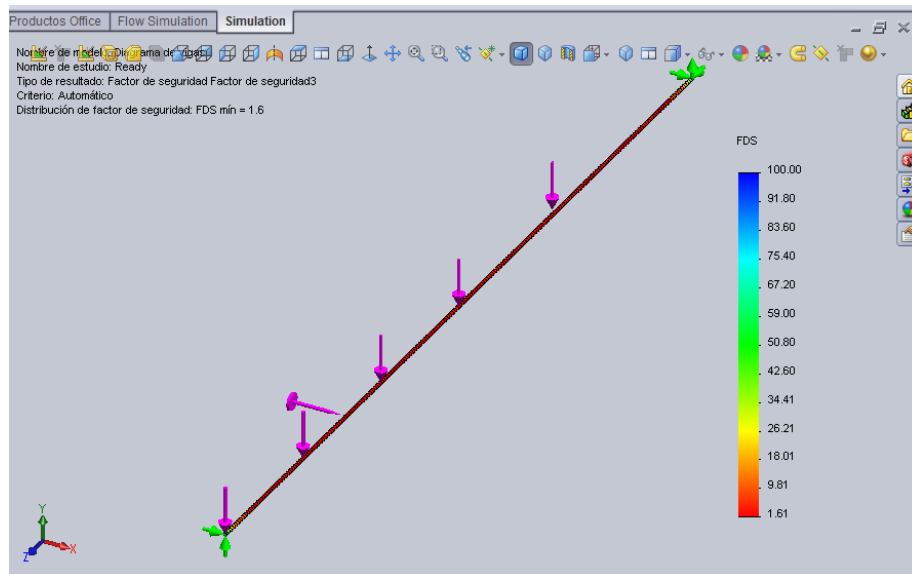
En el primer cuadro se representa el esfuerzo mediante la teoría de fallos, el cual el estado más crítico tiene un valor de 155474960,0 N/m² mucho menor al límite elástico del material valor que sirve para determinar el factor de seguridad de la estructura.

$$FS = \frac{\text{Modulo de elasticidad del material}}{\text{Esfuerzo máximo en la estructura}}$$

$$FS = \frac{250000000 \text{ N/m}^2}{155474960,0 \text{ N/m}^2}$$

$$FS = 1,61$$

El cual se ilustra en la siguiente figura:



FACTOR DE SEGURIDAD

Fuente: Grupo de investigación, SolidWorks 2011

Con lo cual se comprueba el diseño cumple con las condiciones aplicadas al mismo. Son suficientes mediante el criterio de fallos por resistencia del material razón por la cual se procede a la implementación del nuevo sistema motriz.

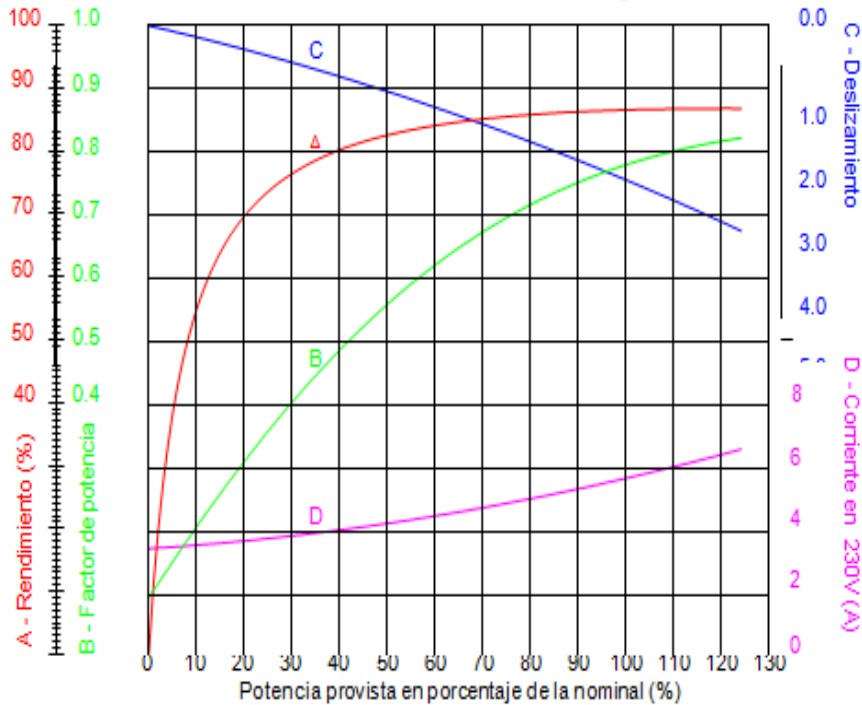
ANEXO 2
CARÁCTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO



Nr.:

Fecha: 04-JUN-2013

CURVAS CARACTERÍSTICAS EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula



Cliente	:				
Línea del producto	:	TEFC - W21 NEMA Premium Efficiency - IEC (Tru-Metric)			
Carcasa	:	90S/L	Ip/In	:	8,3
Potencia	:	1,5 kW	Régimen de servicio	:	S1
Frecuencia	:	60 Hz	Factor de servicio	:	1,25
Rotación nominal	:	1755	Categoría	:	N
Voltaje nominal	:	230/460 V	Par de arranque	:	300 %
Corriente nominal	:	5,58/2,79 A	Par máxima	:	400 %
Clase de aislación	:	F			

CURVAS EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA

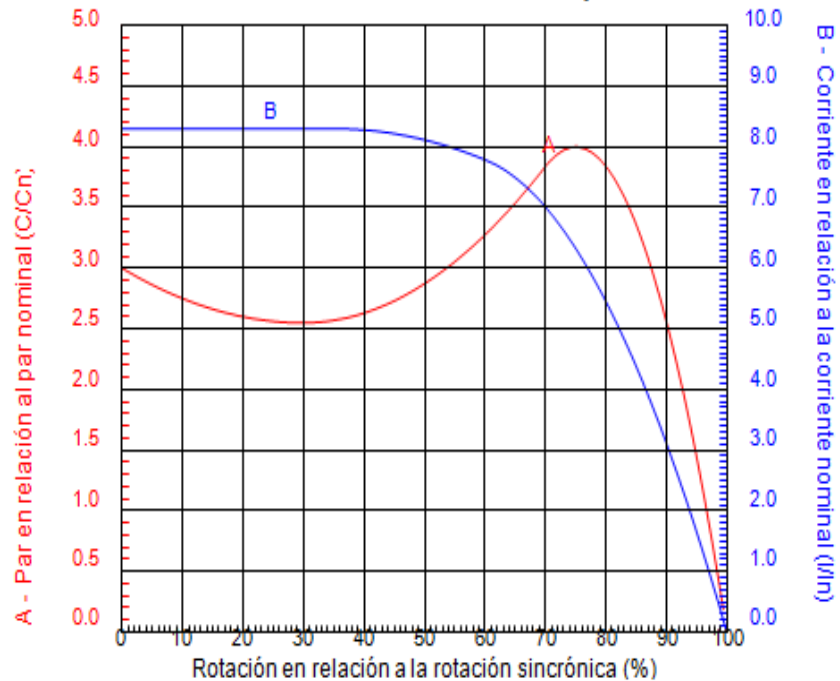
Fuente: CATALOGOSWeG.com



Nr.:

Fecha: 04-JUN-2013

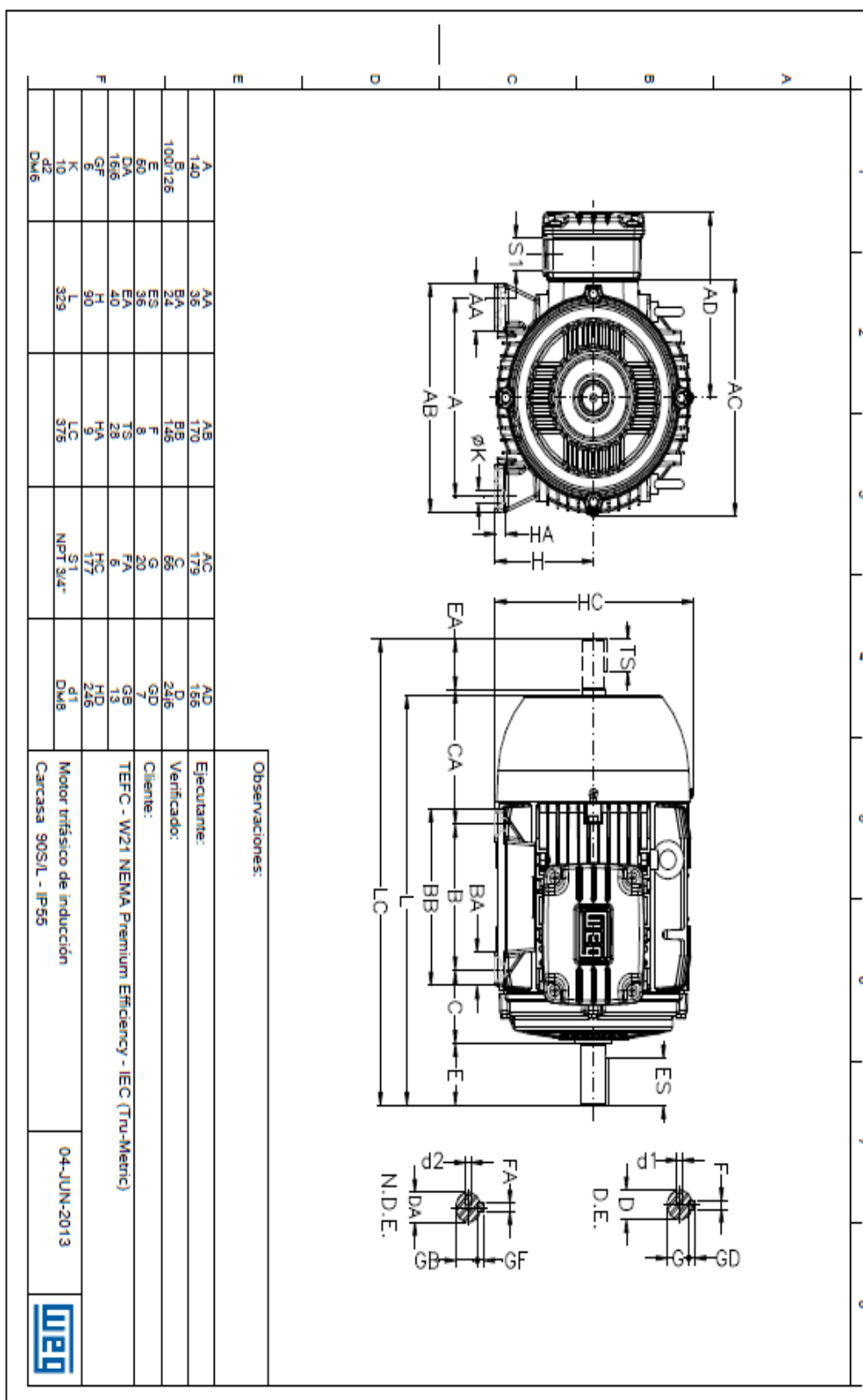
CURVAS CARACTERÍSTICAS EN FUNCIÓN DE LA ROTACIÓN
Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula



Cliente	:				
Línea del producto	:	TEFC - W21 NEMA Premium Efficiency - IEC (Tru-Metric)			
Carcasa	:	90S/L	Ip/In	:	8,3
Potencia	:	1,5 kW	Régimen de servicio	:	S1
Frecuencia	:	60 Hz	Factor de servicio	:	1,25
Rotación nominal	:	1755	Categoría	:	N
Voltaje nominal	:	230/460 V	Par de arranque	:	300 %
Corriente nominal	:	5,58/2,79 A	Par máxima	:	400 %
Clase de aislación	:	F			

CURVAS EN FUNCIÓN DE LA ROTACIÓN

Fuente: CATALOGOSWEG.com



A	140	AA	36	AB	170	AC	179	AD	165
B	100/125	BA	24	BB	146	BC	86	BD	246
C	50	CA	36	CB	8	CC	20	CD	7
D	16/6	DA	40	DB	28	DC	6	DD	13
E	8	EA	90	EB	9	EC	177	ED	246
F	10	FA	329	FB	LC	FC	314	FD	d1
G	42	GA		GB		GC		GD	DM6
H	DM6	HA		HB		HC		HD	

Observaciones:

Ejecutante: _____
 Verificado: _____
 Cliente: _____
 TEF-C - W21 NEMA Premium Efficiency - IEC (Tru-Metric)

Motor trifásico de inducción
 Carcasa 90S/L - IP55



PLANO MOTOR WEG
 Fuente: CATALOGOSWEG.com

ANEXO 3
COSTO ESTIMADO DEL VEHÍCULO

Tabla Anexo 3 COSTO SISTEMA MOTRIZ ELÉCTRICO

IMPLEMENTOS	V.TOTAL
1 Chasis	700,00
1 Batería	170,00
1 Inversores	360,00
1 Motor eléctrico	600,00
1 Variador de frecuencia	350,00
1 Transformador	700,00
1 Engranaje	25,00
1 kit Panel solar	175,00
1 Cargador de batería	75,00
1 Kit velocímetro	20,00
Accesorios eléctricos	50,00
Cables	25,00
2 Neumáticos delanteros	200,00
Carrocería plástica	300,00
	3750,00

Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 4
PRECAUCIONES DE LA BATERÍA

Ojo Mágico
El Ojo Mágico de la batería funciona en base de una o más bolitas de colores las cuales tienen una densidad determinada de tal manera que cuando varía la densidad del líquido en el cual están sumergidas (en este caso el electrolito de la batería y por ende su voltaje y carga) éstas "flotan" o se "hunden" dependiendo de la densidad relativa entre el líquido y la bolita.

Adhesivo de Precaución
Preste atención al contenido de esta etiqueta. Garantiza un seguro y adecuado manejo de las baterías en los lugares de almacenamiento.



Polaridad del Borne

TIPO NORMAL
Borne Positivo a lado derecho



TIPO AMERICANO
Borne Positivo a lado izquierdo



Diámetro del Borne

Bornes gruesos
16 mm, 17 mm, 17.5 mm



Bornes finos
16 mm, 17 mm, 17.7 mm




Corta vida útil de la batería

Causa	Solución
<input type="checkbox"/> Demasiado movimiento de la batería.	Ajustar el anclaje de la batería a la carrocería.
<input type="checkbox"/> Alta demanda de corriente de la batería.	Verificar arranque, cambiar batería por una de mayor capacidad.
<input checked="" type="checkbox"/> Conexiones internas rotas de la batería.	Cambiar de batería.
<input checked="" type="checkbox"/> Cortocircuito de algún elemento de la batería.	Cambiar de batería.
<input checked="" type="checkbox"/> Paredes divisorias internas rotas de la batería.	Cambiar de batería.
<input checked="" type="checkbox"/> Placas quebradas o rotas en la batería (sin sulfatación).	Cambiar de batería.

Brote de electrolito entre caja y tapa

Causa	Solución
<input checked="" type="checkbox"/> Batería con abertura entre caja y tapa.	Cambiar de batería.

Recomendaciones

- e Al retirar la batería vieja, revisar y limpiar el asiento. Sujetar la batería firmemente.
- e Verificar el estado de los terminales. Si están desgastados, sustitúyalos.
- e Al conectarlos hágalo con el polo positivo primero y luego el negativo. Al desconectarlos, viceversa.
- e Verificar la tensión de carga del alternador con el motor y los consumidores encendidos.
- e Para vehículos de: 12 voltios* entre 13.2 y 14.5 [V]. / 24 voltios* entre 26.4 y 29.0 [V].
- e Chequear la tensión y el estado de la banda del alternador.
- e Con el motor y consumidores apagados, desconectar el polo negativo de la batería y medir con una punta el borne y otra al terminal.
- e La lectura debe ser menor a 0.04[A].
- e No desconectar la batería con el motor encendido. Mantener los niveles de electrolito controlados.
- e Sólo rellenar con agua desmineralizada. Visitar el Servicio de Baterías Bosch por lo menos cada tres meses.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA BATERÍA

Fuente: CATALOGOSBOSCH.COM

ANEXO 5
ARTÍCULO

**“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA MOTRIZ EN BASE A
ENERGÍA ELÉCTRICA CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR PARA UN
CUADRÓN.”**

Luis Omar Toapanta Heredia,
Diego Marcelo Núñez Fiallos, AUTORES.

Departamento de Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas
Armadas ESPE,
Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

Email: omarth885@hotmail.com,
diego-mnf_2005@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la implementación de un sistema de tracción eléctrico con respaldo de energía solar para un cuadrón.

En contenido de este escrito tiene información acerca del proceso de elaboración de este innovador sistema y cuán rápido va creciendo la tecnología poniendo énfasis lo amigable con el medio ambiente que resulta la utilización de la misma.

Además se describe cada elemento, las conexiones y parámetros de funcionamiento para el correcto desempeño del vehículo.

También se realizó las pruebas de autonomía y velocidad obteniendo los resultados deseados, y lo más importante que con un vehículo que tiene las mismas prestaciones y características este nuevo contiene cero emisiones de gases contaminantes lo cual hace que este proyecto sea muy

beneficioso para la conservación del medio.

ABSTRACT

This work aims the implementation of an electric drive system with solar power backup for a squadron.

The content of this letter has information about the process of developing this innovative system and how fast technology is growing and the fact that emphasis friendly to the environment resulting from the use there of.

Also describes each element, connections and operational parameters for the proper performance of the vehicle.

Testing range and speed was also performed obtaining the desired results, and the most important thing with a car that has the same performance and features the new contains zero emissions of polluting gases which makes this project very

beneficial for conservation medium.

I. INTRODUCCIÓN

Tratando de reducir el tráfico, consumo energético y sobre todo las emisiones contaminantes por los vehículos de combustión, en los últimos años se ha optado por tecnologías alternativas como en este caso de los vehículos eléctricos para combatir estos problemas que día a día afectan al medio ambiente estos vehículos por el momento no tiene mucho espacio por su poca expectativa de venta en el mercado, estos autos de energías amigables sin escatimar esfuerzos ha logrado ubicarse como el adecuado para transitar en la ciudad ya que la velocidad es idónea y el consumo de energía y costo es mínimo.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto denominado “diseño e implementación de un sistema

motriz en base a energía eléctrica con apoyo de energía solar para un cuadrón” consta de las siguientes etapas.

El capítulo uno es de carácter introductorio detalla los objetivos que pretendemos con este proyecto además de antecedentes, justificación, alcance.

El segundo capítulo data la información de los vehículos eléctricos, elementos y avances tecnológicos además de cuan amigable resulta esta tecnología con el medio ambiente. Sistemas que contienen los vehículos eléctricos para su correcto rendimiento. Recalcando los diferentes motores eléctricos que se pueden utilizar en este sistema y su respectivo control de potencia.

El tercer capítulo describe los componentes a implementar el sistema previo un análisis y cálculos realizados previamente mediante investigación.

Se analiza las fuerzas o resistencias actuantes en el vehículo que influyen en el movimiento.

El capítulo cuatro se refiere al procedimiento que se lleva a cabo en la construcción del cuadrón los ensambles de cada uno de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos con sus respectivas conexiones. Además de las pruebas realizadas como el consumo de energía, velocidad en una distancia determinada.

El capítulo cinco se redacta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo al finalizar el proyecto y las respectivas tablas con los resultados obtenidos.

III. PROCEDIMIENTO

Principalmente iniciamos solo con el chasis del cuadrón de combustión interna donde va hacer implementado el sistema eléctrico.



Chasis Suzuki 160

Se construyó bases en las cuales se ubicara los diferentes componentes.



Bases para elementos eléctricos.

Implementamos un piñón que se acopla a la salida del motor mediante una chaveta tomando en cuenta la relación de transmisión del piñón y la catalina del eje posterior que es de 0.33.



Piñón conductor (motor)

Seguidamente ubicamos la cadena en el eje y catalina fijando correctamente al motor tomando en cuenta la tensión de la cadena.

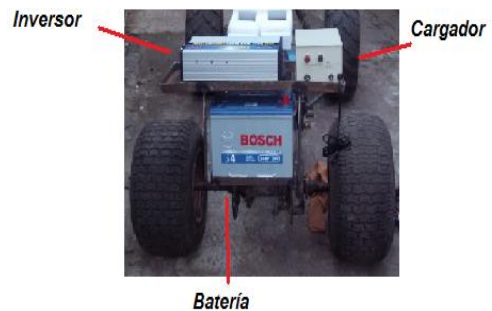


Sistema de transmisión

Construcción de la base metálica del motor.



Soportes



Parte posterior



Transformador

Parte delantera Transformador



Sistema fotovoltaico

Construcción e implementación del Sistema Eléctrico con apoyo de energía solar terminado



Cuadrón eléctrico finalizado

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

AUTONOMÍA Y VELOCIDAD DEL CUADRÓN.

La prueba de autonomía fue realizada en el patio central de la ESPE-L tomamos en cuenta el voltaje de salida y cuánto tiempo este abastece hasta que el vehículo se detenga por completo, para lo cual utilizamos los siguientes datos.

Carga	80 Ah
I Carga	6A
V flotación	13.2 V
Voltajeminimo	11 V

Parámetros de autonomía

Tomando en cuenta la fórmula para el cálculo de autonomía tenemos:

$$\frac{\text{Tiempo total}}{\text{Tiempo autonomía}} = \frac{V_{\text{flotación}}}{V_{\text{flotación}} - \text{Voltaje min}}$$

Entonces:

$$\text{autonomía} = \frac{80Ah}{6A} \cdot \frac{13.2 - 11}{13.2}$$

$$\text{autonomia} = 2.2h$$

Obtuvimos 2.2 horas en 17Km

VELOCIDAD DEL CUADRÓN.

Se llevó a cabo en la carretera panamericana sur (Latacunga Salcedo), tomando en cuenta los siguientes datos.

<u>Distancia (m)</u>	100
<u>Tiempo (s)</u>	25
<u>Frecuencia (Hz)</u>	15
<u>Velocidad (km/h)</u>	14.4

Parámetros de velocidad

Como se observa en la tabla se muestra la velocidad de 14.4 Km/h es ideal ya que cumple con las expectativas del grupo de trabajo.

CONSUMO DE ENERGÍA.

El consumo de energía la realizamos comparando el cuadrón eléctrico con uno gasolina que tiene las mismas prestaciones para ello se obtuvo los siguientes valores:

<u>PARÁ-METROS</u>	<u>CUAD. (MCI)</u>	<u>CUAD. ELECT</u>
Distancia	10km	10km
Costo	0,098USD	0,18USD
Emisiones de CO2	0,575 Kg CO2/km	0Kg CO2

Parámetros de comparación

Es claro que el cuadrón (MCI) el gasto en combustible es mínimo con el mismo recorrido del eléctrico, pero las emisiones de CO2 es cero, por tanto vale la pena la implementación de esta tecnología amigable con el ambiente.

CONCLUSIONES

El sistema eléctrico para movilizar el cuadrón resulta una buena alternativa ya que sin perder las características esenciales de un cuadrón (MCI) cumple la misma función.

La velocidad del sistema motriz eléctrico se lo puede mejorar regulando la seguridad que tiene el Inversor y programando la velocidad del variador de frecuencia.

El vehículo eléctrico debería ser incluido de manera inmediata en el medio de transporte cotidiano, tomando en cuenta que no emite gases tóxicos, lo cual favorece la conservación del medio.

BIBLIOGRAFÍA

Buchanan, MixedBlessing, The Motor in Britain. Leonard Hill, 1958.

Groteng Klaus, Selección Y Aplicación De Motores Eléctricos, 2012.

Jesús Ricardo Salazar Rosas, Química y Catálisis del Petróleo. Georgano, G.N. Cars: Early and Vintage, 1886-1930. (London: Grange-Universal, 1985).

BIOGRAFÍA



Luis Toapanta, nació en Saquisilí, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de sistemas automotrices.



Diego Núñez, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de sistemas automotrices.



Freddy Salazar nació en Latacunga, Es ingeniero Electromecánico dispone de estudios de posgrado en Redes, Eléctricas, además es docente tiempo completo en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)

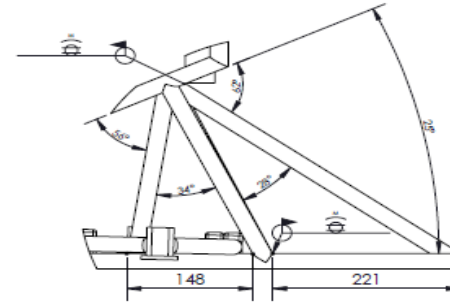
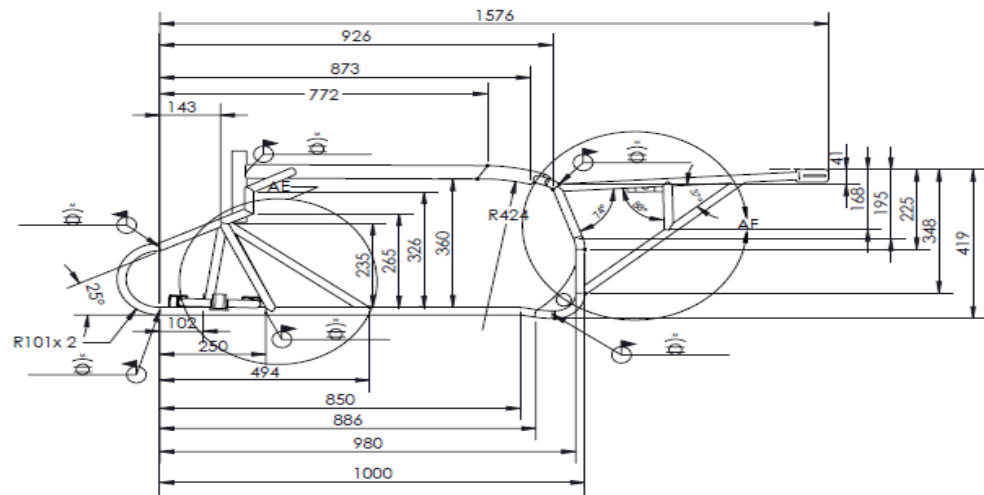


Guido Torres nació en Alausí provincia de Chimborazo Ecuador Es ingeniero mecánico en la escuela Politécnica de Chimborazo cuenta con un Magister en Docencia y Administración Educativa en la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ambato, es Magister en Gestión de Energías Renovables en la Universidad Técnica de Cotopaxi, actualmente se desempeña como

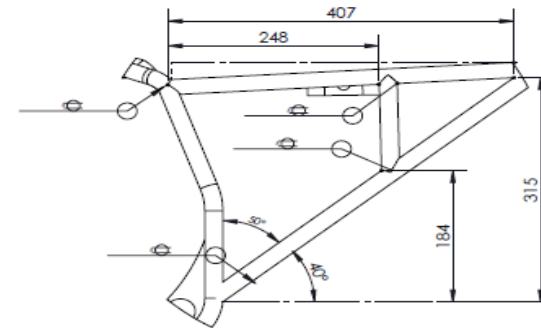
Docente y Director del
Departamento de Energía y
Mecánica de la Universidad de
las Fuerzas Armadas (ESPE).

.

ANEXO 6
PLANOS



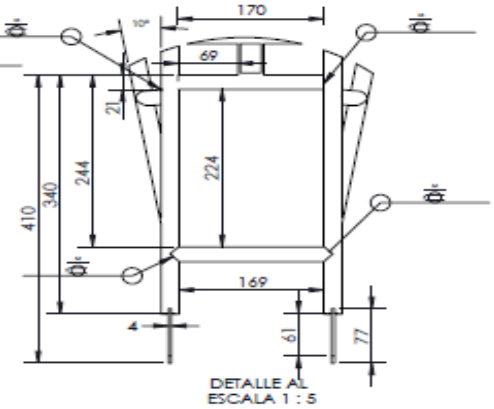
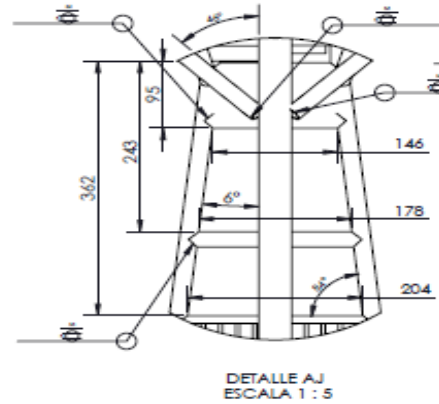
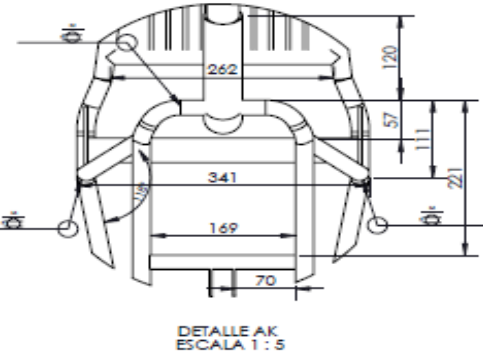
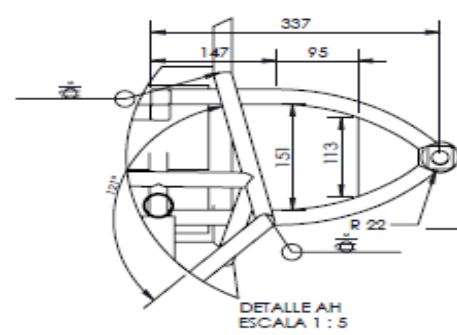
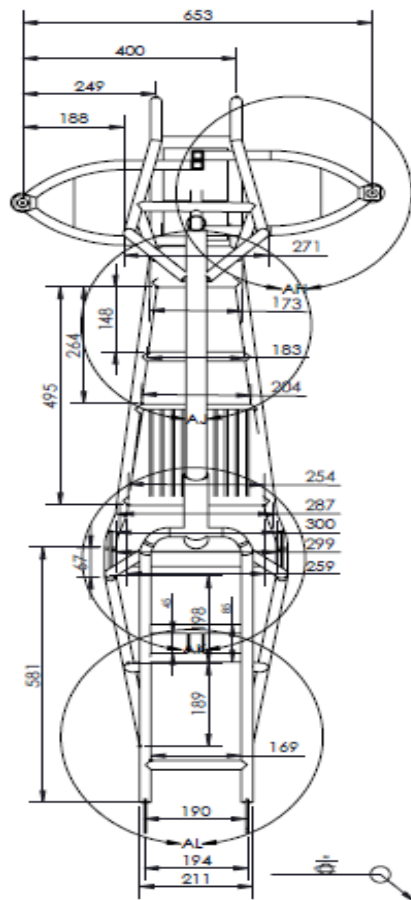
DETALLE AE
ESCALA 1 : 5



DETALLE AF
ESCALA 1 : 5

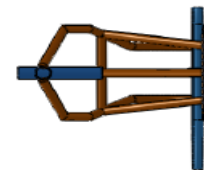
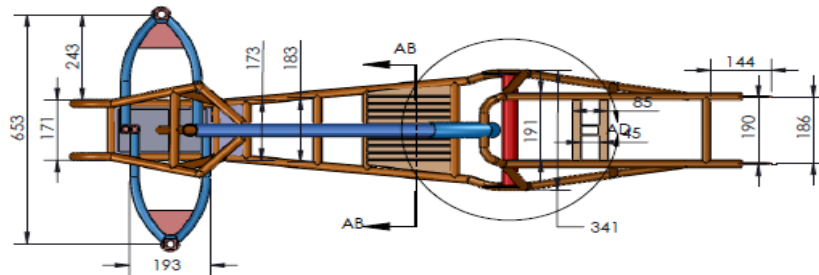
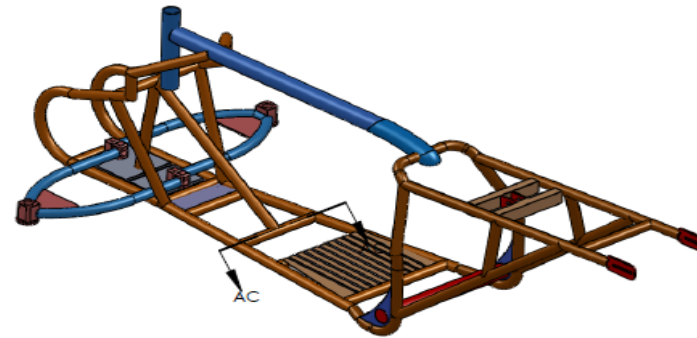
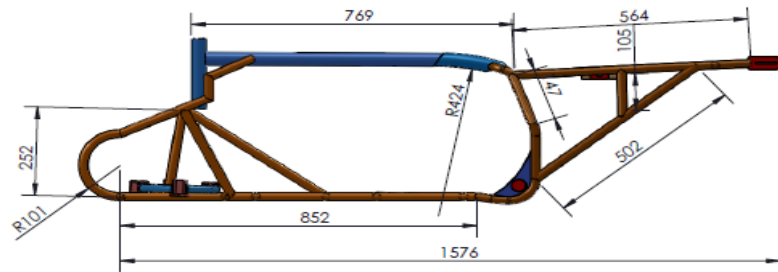
Soldadura tipo costura convexo todo el contorno 5 mm

		PESO	TOLERANCIA	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36	
			± 0,5		
		Fecha:	Nombre:		
		Dibujó:	Link Trazado, Diego Solís	ESTRUCTURA VEHICULO ELECTRICO	
		Revisó:	Ignacio Torres, Freddy Nelson	ESCALA 1:5	
		Aprobó:	Ignacio Torres, Freddy Nelson	LAMINA N.- 1	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:		



Soldadura tipo costura convexa por todo el contorno de 5 mm

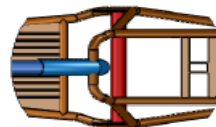
PRBO		TOLERANCIA	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36	
		± 0,5		
Fecha:	25/01/14	Revisión:		
Diseño:	25/01/14	Elaborado:	Estructura Vehículo Eléctrico	
Revisión:	25/01/14	Aprobado:	Estructura Vehículo Eléctrico	
				ESCALA
				1:5
				LAMINA N.- 2



SECCIÓN AB-AB
ESCALA 1 : 10



SECCIÓN AC-AC
ESCALA 1 : 8



DETALLE AD
ESCALA 1 : 10

		PESO		TOLERANCIA		ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36	
				±0,5			
		Fecha:		Nombre:			
		Dibujó:		Luz Yoverba Diego Rojas		ESTRUCTURA VEHICULO ELECTRICO	
		Revisó:		Ignacio Torres Freddy Salazar		ESCALA 1:1	
		Aprobó:		Ignacio Torres Freddy Salazar			
Edición:		Modificación:		Fecha:		Nombre:	
						LAMINA N.- 1	

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Luis Omar Toapanta Heredia y Diego Marcelo Núñez Fiallos bajo mi supervisión.

.....

**ING. FREDDY SALAZAR
DIRECTOR DEL PROYECTO**

.....

**ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO**

.....

**ING. JUAN CASTRO
DIRECTOR DE LA CARRERA**

.....

**ING. FREDDY JARAMILLO CHECA
SECRETARIO ACADÉMICO**