



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

GAVILANEZ UQUILLAS BYRON DANILO

YUMBO IZA WALTER FABIÁN

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTA TÉCNOLOGICA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-22-06

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

BYRON DANILO GAVILANEZ UQUILLAS

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN
ELÉCTRICA Y SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO
TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE
LA ESPOCH”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano

DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Ligia Elena Moreno Pinduisaca

MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-22-06

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

WALTER FABIÁN YUMBO IZA

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y
SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA
LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano

DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Ligia Elena Moreno Pinduisaca

MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BYRON DANILO GAVILANEZ UQUILLAS

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2019-05-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR			
Ing. Ligia Elena Moreno Pinduisaca MIEMBRO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: WALTER FABIÁN YUMBO IZA

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2019-05-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR			
Ing. Ligia Elena Moreno Pinduisaca MIEMBRO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA Y SUSPENSIÓN DELANTERA DEL VEHÍCULO HIBRIDO TIPO BUGGY 4X4 PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”** que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Walter Fabián Yumbo Iza
CI: 180480824-2

Byron Danilo Gavilánez Uquillas
CI: 180463065-3

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Walter Fabián Yumbo Iza y Byron Danilo Gaviláñez Uquillas, declaramos bajo juramento que el presente trabajo es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos usados en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. En tal virtud, los fundamentos teóricos, científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Walter Fabián Yumbo Iza
CI: 180480824-2

Byron Danilo Gaviláñez Uquillas
CI: 180463065-3

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres, hermana, abuelitos, a mi familia y enamorada, quienes siempre me apoyaron y estuvieron en los momentos más difíciles, en especial y con mucho cariño para mi madre Silvia Haro por todo el sacrificio que ha hecho para educarnos y formarnos como personas de bien

WALTER FABIAN YUMBO IZA

Este trabajo lo dedico con humildad a mis padres, y para los estudiantes de la escuela superior politécnica de Chimborazo ya que para ellos asido implementado este sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo hibrido tipo buggy 4x4 para facilitar sus estudios y aplicaciones.

BYRON DANILO GAVILANEZ UQUILLAS

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se lo dedico en primer lugar a mi madre por ser ejemplo de lucha continua y por haberme enseñado que el tiempo de Dios es inmensamente perfecto.

A cada uno de los miembros de mi familia por su apoyo incondicional en los momentos difíciles cuando los obstáculos amenazaban con superar a mi perseverancia, y de manera especial a mi hija Amelia Charlotte por ser el motor que me mueve hacia la superación.

A mis amigos cercanos por sus palabras de aliento durante todo este proceso académico.

WALTER FABIAN YUMBO IZA

A Dios y a la Virgen, por haberme guiado por un buen camino la culminación de mis estudios universitarios.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Fuente inagotable de Ciencia. A la facultad de Mecánica y en especial a la Escuela de Ing. Automotriz, ya que en sus aulas recibí los conocimientos para formarse como persona y como profesional.

BYRON DANILO GAVILANEZ UQUILLAS

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Pág.

CAPITULO I

1	MARCO REFERENCIAL	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Justificación	2
1.3.1	<i>Justificación teórica</i>	2
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i>	2
1.3.3	<i>Justificación practica</i>	3
1.4	Objetivos	3
1.4.1	<i>Objetivo general:</i>	3
1.4.2	<i>Objetivos específicos:</i>	3

CAPITULO II

2	MARCO TEORICO	
2.1	Vehiculo buggy	4
2.2	Vehículos híbridos	4
2.2.1	<i>Configuración híbrido serie</i>	5
2.2.2	<i>Configuración híbrido paralelo</i>	6

2.3	Motor a Gasolina	6
2.4	Motores eléctricos de tracción	7
2.5	Motores de corriente continua	2
2.5.1	<i>Estatador con imanes permanentes y rotor con escobillas</i>	2
2.5.2	<i>Estatador y rotor combinados</i>	2
2.6	Motores de alterna (CA)	4
2.6.1	<i>Motores asíncronos de inducción</i>	4
2.6.2	Motores síncronos	4
2.6.3	Motores de imanes permanentes	5
2.7	Controladores para motores brushless	6
2.8	Resistencias que se oponen al movimiento del vehículo	6
2.8.1	<i>Resistencia a la rodadura</i>	6
2.8.2	<i>Resistencia aerodinámica</i>	7
2.8.3	<i>Resistencia de a la pendiente</i>	8
2.9	Torque	9
2.10	Potencia	9
2.11	Eficiencia	9
2.12	trasmisión por mecanismo diferencial	10
2.13	Sistema de suspensión	11
2.13.1	<i>Función del sistema de suspensión</i>	11
2.13.2	<i>Masas suspendidas</i>	12
2.13.3	<i>Masas no suspendidas</i>	13
2.13.4	<i>Componentes del sistema de suspensión.</i>	13
2.13.5	<i>Los resortes helicoidales.</i>	14
2.13.6	<i>Barras de torsión</i>	14
2.13.7	<i>Barras estabilizadoras.</i>	15
2.13.8	<i>Hojas de resorte o ballestas.</i>	16

2.13.9	<i>Tipos de suspensión</i>	16
2.13.10	<i>Sistema de suspensión McPherson</i>	17
2.13.11	<i>Suspensión de brazos arrastrados</i>	18
2.13.12	<i>Suspensión de eje oscilante</i>	19
2.13.13	<i>Suspensión de paralelogramo deformable</i>	19
2.13.14	<i>Sistema de suspensión multibrazo.</i>	20
2.13.15	<i>Irregularidades del terreno.</i>	21
2.13.16	<i>Vibraciones en el vehículo.</i>	22
2.13.17	<i>Centro de gravedad del vehículo</i>	22
2.13.18	<i>Ubicación del centro de gravedad</i>	23

CAPÍTULO III

3	SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA	
3.1.1	<i>selección del tren de transmisión eléctrica y suspensión.</i>	25
3.1.2	<i>Análisis bibliográfico de documentos y registros</i>	25
3.1.3	<i>Parámetros de la transmisión y suspensión delantera.</i>	25
3.1.4	<i>Potencia del motor y sus reacciones en la suspensión.</i>	25
3.1.5	<i>Seleccionar el motor, controlador y la transmisión</i>	26
3.1.6	<i>Implementación del tren de transmisión eléctrica y suspensión delantera.</i> .	26
3.1.7	<i>Pruebas y comprobaciones</i>	26
3.2	Identificación de necesidades y requerimientos del prototipo	26
3.2.1	<i>Elementos que constituyen el sistema de propulsión eléctrica</i>	27
3.3	Determinar el par y potencia requerido para el desplazamiento	27
3.3.1	<i>Resistencia a la rodadura</i>	28
3.3.2	<i>Resistencia a la rodadura</i>	28
3.3.3	<i>Resistencia a la pendiente</i>	32

3.3.4	<i>Resistencia aerodinámica</i>	34
3.3.5	<i>Resistencia total</i>	36
3.3.6	<i>Potencia requerida para la selección del motor</i>	37
3.3.7	<i>Par requerido para la selección del motor</i>	37
3.4	Criterio de selección de motor	38
3.4.1	<i>Parámetros de selección del motor</i>	38
3.5	Selección del motor DC	39
3.6	Determinar el controlador	40
3.6.1	<i>Parámetros de selección del controlador</i>	40
3.7	Sistema de transmisión por medio de cono y corona.....	42
3.8	Selección del sistema de suspensión.....	44
3.8.1	<i>Matriz de selección de la suspensión</i>	44
3.9	Elementos que constan el sistema del sistema de suspensión seleccionado	45
3.10	Análisis de cargas.	45
3.10.1	<i>Ubicación del centro de la gravedad</i>	45
3.10.2	<i>Disposición estática de cargas</i>	47
3.10.3	<i>Carga en el eje frontal (Cd)</i>	50
3.11	Fuerzas aplicadas en el sistema de suspensión delantera.	51
3.11.1	<i>Análisis de la mesa de suspensión</i>	52
3.11.2	<i>Diseño de anclajes de la mesa de suspensión</i>	53
3.11.3	<i>Anclaje de la mesa</i>	53
3.11.4	<i>Base superior del amortiguador</i>	59
3.12	Geometría del sistema de suspensión.	65
3.12.1	<i>Geometría de la mesa de suspensión</i>	65
3.12.2	<i>Conjunto amortiguador –muelle</i>	66
3.12.3	<i>Mangueta del sistema de suspensión</i>	66
3.12.4	<i>Rótula</i>	67

3.12.5	<i>Anclajes.....</i>	67
3.12.6	<i>Anclaje amortiguador-muelle</i>	68
3.13	<i>Análisis de los componentes de suspensión</i>	68
3.13.1	<i>Anailis por medio de método de elementos finitos.</i>	68
3.13.2	<i>Funcionamiento del método de elementos finitos.....</i>	69
3.14	<i>Análisis de los elementos de la suspensión.</i>	70
3.14.1	<i>Mesa de suspensión frontal.....</i>	70
3.14.2	<i>Análisis en la mangueta de suspensión delantera.</i>	72
3.14.3	<i>Analisis de la Rótula</i>	75
3.14.4	<i>Anclaje de la mesa de suspensión.....</i>	78
3.15	<i>Ensamble de componentes del sistema de suspension delantera</i>	81
3.16	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	82
3.17	<i>Implementación del sistema del tren de transmision electrica</i>	82
3.17.1	<i>Instalación del motor</i>	82
3.17.2	<i>Intalacion del modulo de control.....</i>	83
3.17.3	<i>Diagrama de instalación del motor y controlador</i>	83
3.17.4	<i>Esquema de instalación</i>	85
3.17.5	<i>Instalación del acelerador</i>	85
3.17.6	<i>Programación de parámetros de funcionamiento</i>	85
3.18	<i>Construcción e implementación del sistema de trasmision delantera.....</i>	86
3.18.1	<i>La capacidad del taller.</i>	87
3.19	<i>Construcción de piezas</i>	87
3.19.1	<i>Medicion y trazado de piezas.....</i>	87
3.19.2	<i>Corte de pefiles y placas</i>	2
3.19.3	<i>Acabado superficial de las piezas.....</i>	3
3.19.4	<i>Preparación de tubos para las bases de amortiguadores</i>	3
3.20	<i>Implementacion del sistema de la suspensión.</i>	4

3.20.1	<i>Mesa.....</i>	4
3.20.2	<i>Anclajes de las mesas</i>	5
3.20.3	<i>Base del amortiguador- muelle.....</i>	6
3.21	<i>Pruebas y resultados.....</i>	7
3.21.1	<i>Funcionamiento del controlador</i>	7
3.21.2	<i>Herramientas y materiales.....</i>	8
3.21.3	<i>Procedimiento y ejecución.....</i>	8
3.21.4	<i>Resultados de la prueba.....</i>	9
3.21.5	<i>Funcionamiento del motor.....</i>	10
3.21.6	<i>Herramientas y materiales.....</i>	11
3.21.7	<i>Procedimiento y ejecución.....</i>	11
3.21.8	<i>Resultados de la prueba.....</i>	11
3.21.9	<i>Funcionamiento del sistema de suspensión</i>	13

CAPÍTULO IV

4 COSTOS

4.1	Costos directos	17
4.2	Costos indirectos	18
4.3	Costos totales	18

CONCLUSIONES	19
--------------------	----

RECOMENDACIONES.....	20
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2: Vehículo buggy.....	4
Figura 2-2: Configuración híbrida.....	5
Figura 3-2: Cadena de tracción híbrida serie.....	5
Figura 4-2: Cadena de tracción híbrida paralela.....	6
Figura 5-2: Motor de combustión interna.....	7
Figura 6-2: Motores de excitación en Paralelo.....	3
Figura 7-2: Motores de excitación en serie con variador	3
Figura 8-2: Controlador Golden Motors.....	6
Figura 9-2: Resistencia aerodinámica	8
Figura 10-2: Sistema de transmisión cono y corna	10
Figura 11-2: Sistema de suspensión vehicular	11
Figura 12-2: Amortiguación en el vehículo.....	12
Figura 13-2: Masas suspendidas y masas no suspendidas.....	13
Figura 14-2: Sistema de suspensión McPherson	13
Figura 15-2: Diferentes posiciones del muelle	14
Figura 16-2: Barra de torsión	15
Figura 17-2: Barra estabilizadora	15
Figura 18-2: Principio de funcionamiento de la barra estabilizadora.....	15
Figura 19-2: acción de la barra estabilizadora.....	16
Figura 20-2: Constitución de las ballestas	16
Figura 21-2: La suspensión McPherson	17
Figura 22-2: Suspensión McPherson.....	18

Figura 23-2: Sistema de suspensión con brazo arrastrado.....	18
Figura 24-2: Eje oscilante de una articulación	19
Figura 25-2: Eje oscilante de dos articulaciones	19
Figura 26-2: Paralelogramo deformable.....	20
Figura 27-2: Suspensión de paralelogramo deformable	20
Figura 28-2: esquema de una suspensión multibrazo delantera	21
Figura 29-2: Esquema de una suspensión multibrazo trasera	21
Figura 30-2: Irregularidades de la calzada	22
Figura 31-3: Neumático.....	28
Figura 32-3: Controlador seleccionado	42
Figura 33-3: Sistema de transmisión por diferencial.....	43
Figura 34-3: Geometría de la mesa	65
Figura 35-3: Geometría amortiguador-muelle.....	66
Figura 36-3: Mangueta de suspensión	67
Figura 37-3: Geometría de la rótula de la suspensión delantera	67
Figura 38-3: Anclaje de mesa.....	68
Figura 39-3: Anclaje del amortiguador- muelle	68
Figura 40-3: Elementos finitos	69
Figura 41-3: Esfuerzo equivalente de la mesa.....	71
Figura 42-3: Deformación total de la mesa	71
Figura 43-3: Factor de seguridad.....	72
Figura 44-3: Esfuerzo equivalente.....	74
Figura 45-3: Deformación total	74
Figura 46-3: Factor de seguridad de la mangueta	75

Figura 47-3: Estudio de esfuerzo en la rótula.....	76
Figura 48-3: Deformación total	77
Figura 49-3: Factor de seguridad.....	77
Figura 50-3: Esfuerzo en el anclaje de mesa de suspensión.....	79
Figura 51-3: Deformación total	80
Figura 52-3: Factor de seguridad.....	80
Figura 53-3: Ensamble del sistema de suspensión delantera.....	81
Figura 54-3: Ensamble suspensión delantera.	82
Figura 55-3: Instalación del motor en sus bases.....	83
Figura 56-3: Fijación del controlador	83
Figura 57-3: Diagrama eléctrico.....	84
Figura 58-3: esquema de conexión.....	85
Figura 59-3: Ingresos de parámetros de funcionamiento	86
Figura 60-3: Diseño de las platinas	2
Figura 61-3: Corte de tubos.....	2
Figura 62-3: Corte con oxiacetileno	3
Figura 63-3: Acabado superficial de piezas	3
Figura 64-3: Base del amortiguador	4
Figura 65-3: Mesa.....	4
Figura 66-3: Conjunto mangueta rotula	5
Figura 67-3: Anclaje de la mesa	5
Figura 68-3: Taladrado de anclajes	6
Figura 69-3: Base del amortiguador	6
Figura 70-3: Amortiguador-muelle del Aveo family 1.5L.....	7

Figura 71-3: Modulo de control	8
Figura 72-3: Parámetros del controlador	9
Figura 73-3: Resultados del módulo de control	10
Figura 74-3: Prueba de funcionamientos.....	10
Figura 75-3: Consumo de corriente en la salida.....	11
Figura 76-3: consumo en las salidas.....	12
Figura 77-3: pruebas del sistema de suspensión.....	13
Figura 78-3: suspensión derecha elevado a 300 mm.....	15
Figura 79-3: Lado izquierdo no elevado.....	15

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Clasificación de motores según la corriente de excitación	2
Gráfico 2-2: Resistencia a la rodadura.....	7
Gráfico 3-2: Resistencia a la pendiente	8
Gráfico 4-2: Fuerzas en el centro de gravedad	23
Gráfico 5-2: Reparto de fuerzas de frenado.....	23
Gráfico 1-3: Diseño del tren de transmisión eléctrica y suspensión delantera.....	25
Gráfico 2-3: Presión de inflado frente al coeficiente a la rodadura.....	31
Gráfico 3-3: Resistencia y Potencia a rodadura.....	32
Gráfico 4-3: Resistencia a la pendiente	34
Gráfico 5-3: Coeficientes aerodinámico	35
Gráfico 6-3: Resistencia aerodinámica vs potencia.....	36
Gráfico 7-3: Esquema del centro de gravedad.....	46
Gráfico 8-3: Cargas ejercidas en las mesas de suspensión	51
Gráfico 9-3: Cargas ejercidas en la mesa de suspensión	52
Gráfico 10-3: Fuerzas aplicadas en el anclaje de la mesa.....	54
Gráfico 11-3: Fuerzas aplicadas	54
Gráfico 12-3: Fuerzas aplicadas en la base del amortiguador	59
Gráfico 13-3: Fuerzas en la base superior	60
Gráfico 14-3: pruebas y resultados	7
Gráfico 15-3: Procedimiento de pruebas	14

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2: Ventajas y desventajas motores de CC	2
Tabla 2-3: Dimensiones del neumático	28
Tabla 3-3: coeficiente de resistencia de rodadura según el estado de suelo	29
Tabla 4-3: Coeficiente de rodadura presión de inflado y velocidad	30
Tabla 5-3: Potencia necesaria para vencer la rodadura a plena carga	31
Tabla 6-3: Resistencia a pendiente con distintos ángulos	33
Tabla 7-3: Resistencia a la pendiente en distintos ángulos.....	34
Tabla 8-3: Área del prototipo	35
Tabla 9-3: Cálculo de potencia Ra.....	36
Tabla 10-3: Potencia y par requerido para la selección del motor	38
Tabla 11-3: Características de los motores	39
Tabla 12-3: Matriz de selección	40
Tabla 13-3: Características de los controladores	41
Tabla 14-3: Matriz de selección del controlador	42
Tabla 15-3: Características de los sistemas de suspensión.....	44
Tabla 16-3: Matriz de selección de la suspensión	44
Tabla 17-3: Resultados de la distribución de pesos.....	50
Tabla 18-3: Fuerzas que se presentan en la mesa de suspensión.....	70
Tabla 19-3: Características y calidad de mallado	70
Tabla 20-3: Características y calidad de mallado.....	73
Tabla 21-3: Resultados en la mangueta de suspensión delantera	75
Tabla 22-3: Cargas ejercidas en la rótula	76

Tabla 23-3: Características y calidad de mallado	76
Tabla 24-3: Resultados	78
Tabla 25-3: Cargas aplicada	78
Tabla 26-3: Características y calidad de mallado	79
Tabla 27-3: Resultados	81
Tabla 28-3: pruebas del sistema de suspensión delantera	15
Tabla 29-3: Control de calidad	16
Tabla 30-4: Costos directos	17
Tabla 31-4: Costos indirectos	18
Tabla 32-4: costos totales	18

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín.

Anexo B: Factores de confiabilidad K_e

Anexo C: Tabla características del motor

Anexo D: Planos de construcción del sistema de suspensión

RESUMEN

El proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar y construir el sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera en el prototipo híbrido biplaza 4x4 para la carrera de ingeniería automotriz, en primera instancia se recopiló y analizó información referente a vehículos híbridos y sus sistemas de transmisión eléctrica en donde se determinan los parámetros que debe cumplir el tren de transmisión eléctrica, Basándose en la metodología de cálculo y empleando fórmulas establecidas para la selección de motores eléctricos, se calculó la potencia requerida del motor de 15 kw y un par requerido de 286.7 Nm necesaria para impulsar el prototipo y utilizando el método de ponderación se opta por adquirir el motor DC y controlador fabricados por la empresa Golden motos, además de acuerdo al diseño de la estructura se selecciona un sistema de suspensión independiente tipo suspensión McPherson, la cual se diseñó por medio del software SolidWorks además los elementos de fijación están sometidos a esfuerzos los cuales se analizan por medio del software Ansys, el mismo que nos mostró un factor de seguridad superior a 15. Mediante la realización de las respectivas pruebas de funcionamiento, el sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera incorporado en el prototipo híbrido no presento inconformidades, además existe estabilidad en su conducción, por lo cual se considera que los elementos seleccionados y mecanismos diseñados son los adecuados para el prototipo, pero Se recomienda continuar con el estudio de la transmisión mecánica con el fin de mejorar el prototipo y obtener una mayor velocidad y autonomía.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE INGENIERÍA> <VEHÍCULOS HÍBRIDOS>, <TRANSMISIÓN ELÉCTRICA>, <MOTOR DC>, <TECNOLOGÍA BUSHELES>, <SUSPENSIÓN MCPHERSON>

ABSTRACT

The objective of the titling project is to design and build the electric transmission and front suspension system in the hybrid 4x4 prototype for the automotive engineering career. In the first instance, information was collected and analyzed regarding hybrid vehicles and their electrical transmission systems in where the parameters that must be met by the electric transmission train are determined. Based on the calculation methodology and using formulas established for the selection of electric motors, the required motor power of 15 kW and a required torque of 286.7 Nm required for drive the prototype and using the weighting method we choose to acquire the DC motor and controller manufactured by the company Golden Motorbikes, in addition to the design of the structure we select an independent suspension system type McPherson, which was designed by means of of SolidWorks software plus the elements Fixing cords are subjected to stresses which are analyzed by Ansys software, which showed us a safety factor of more than 15. By carrying out the respective functional tests, the electric transmission system and front suspension incorporated in the hybrid prototype did not present any nonconformities, and there is stability in its conduction, which is why it is considered that the selected elements and designed mechanisms are the ones suitable for the prototype, but it is recommended to continue with the study of the mechanical transmission in order to improve the prototype and obtain greater speed and autonomy.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE> <HYBRID VEHICLES>, - ELECTRICAL TRANSMISSION; », <DC MOTOR>, <BUSHELES TECHNOLOGY>, MCPHERSON SUSPENSION>

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha incrementado la búsqueda y aplicación de fuentes renovables y poco contaminantes, es un asunto que ha puesto en marcha por centros de investigación, universidades, empresas y el mundo en general. Los vehículos de combustión interna son una de las fuentes más grandes de contaminación en el mundo, lo que nos compete a buscar diferentes alternativas de uso de energía no contaminante, que sustituyan a los vehículos con MCI. Una de las tendencias para la solución de este problema consiste en el desarrollo de vehículos híbridos y eléctricos. Con el cual se busca contribuir a la reducción de gases contaminantes, por medio de la instalación de dos motores para su propulsión, proponiendo un diseño para controlar y alimentar un motor eléctrico que sea capaz operar un prototipo buggy biplaza, esto con el fin de generar una alternativa de transporte limpio, económico y eficiente.

El presente trabajo de titulación se divide en cuatro capítulos en donde se tiene una breve descripción de cada uno de ellos:

En el primer capítulo hace referencia a los antecedentes relacionados al tren de transmisión eléctrica empleados en vehículos híbridos y eléctricos, se tiene también la justificación, el objetivo principal del trabajo de titulación, sus objetivos específicos.

El segundo capítulo consta del marco teórico que tiene como finalidad conocer el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema de transmisión eléctrica y sistemas de suspensión, así también conocer las definiciones de las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo y tipos de motores empleados para impulsar vehículos híbridos.

En el tercer capítulo se toma en consideración los principales requerimientos y necesidades del prototipo para obtener una correcta elección del tren de transmisión eléctrica basándose en los cálculos de torque y potencia requerida para su desplazamiento a demás el tipo de suspensión que se adapte al prototipo, por medio de cálculos de fuerzas que actúan en el sistema de suspensión, además realizar el diseño de las mesas de suspensión, anclajes y demás componentes en software CAD (SolidWorks) y posterior se efectúa el análisis en ANSYS de los componentes que conforman el sistema de suspensión elegido y obtener resultados de cada componente como: esfuerzo,

deformación y factor de seguridad. y se detalla el procedimiento de la construcción y la implementación, del prototipo obteniendo las pruebas y resultados tanto del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera.

En este último capítulo se detallan los costos directos, costos indirectos y totales empleados en este proyecto además la respectivas conclusiones y recomendaciones, dando paso a la finalización del prototipo biplaza.

CAPITULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

A lo amplio de la historia la movilidad ha sido un componente esencial para el desarrollo de los individuos, siendo los vehículos uno de los primeros medios en el que los humanos podían ejecutar distintas actividades como la movilidad y transporte de alimentos. (Andrade , 2017)

Al principios del siglo XX los vehículos híbridos y eléctricos tenían muchas ventajas sobre sus competidores al no tener vibraciones, mal olor o humo y el ruido asociados con los automóviles que funcionan con combustibles fósiles. Además, al cambiar de marcha en los automóviles de combustión era la parte más complicada de conducir. Mientras tanto los vehículos híbridos no requerían cambios de marcha. adicionalmente, no sufrían de largos tiempos de puesta en marcha de hasta 30 minutos en las mañanas frías. Lo más ventajoso eran sus únicas carreteras excelentes que estaban en la ciudad, lo que significaba que la totalidad de los desplazamientos eran locales, una ubicación perfecta para estos vehículos, ya que su alcance era limitado. El vehículo híbrido fue la alternativa preferida de muchos porque no requería un esfuerzo manual para comenzar, como en el caso de la manivela de los vehículos de combustión, y no hubo lucha con una palanca de cambio. (Mataix, 2014)

En la actualidad los medios de transporte que utilizan combustibles fósiles son los responsables de más del 50% de la contaminación de todo el planeta por estas razones es indispensable el uso de energías alternativas para la trasportación ya que en estos últimos años se habla del calentamiento global. (Lopez Martinez, 2015)

1.2 Planteamiento del problema

El problema radica en Diseñar e implementar eficientemente el sistema transmisión eléctrica y suspensión delantera para el prototipo buggy biplaza en base al estudio y la selección de los componentes que cumplan con los requisitos establecidos.

Por esta razón se debe considerar que el prototipo será impulsado con un motor de combustión y por el motor eléctrico considerando el pack de baterías necesarias para su impulsión, de tal forma el problema del trabajo implica en diseñar el sistema de transmisión, la selección del motor eléctrico adecuado y el sistema de suspensión requerida para el prototipo.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en su afán de cumplir con el cambio de la matriz productiva basándose en el protocolo de Kioto de 1997 en los cuales se plantea reducir los gases contaminantes entre uno de ellos el dióxido de carbono encontrado principalmente en los gases de escape de los vehículos para lo cual se crearon los vehículos híbridos los cuales generan su propia energía eléctrica o también pueden ser recargados a través de la red eléctrica convencional. (RIERA ESPINOZA , 2010)

Por lo tanto, se plantea realizar el diseño por medio de un software, que permita determinar los esfuerzos a las que estarán sometidos cada uno de los elementos, con el fin de obtener resultados similares a la realidad. Una vez plasmado esto, se llevará a cabo la construcción física del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera, que establecerán ciertas condiciones de seguridad, confiabilidad y confort.

Este proyecto se realizará para complementar el diseño y la construcción del prototipo híbrido biplaza 4x4 de la carrera de ingeniería automotriz con la finalidad que circule en diferentes tipos de carretero y no tenga inconvenientes en la conducción, se espera grandes resultados por el diseño del sistema de propulsión eléctrica y de la suspensión delantera y a su vez mantenga el torque y potencia adecuada y una excelente estabilidad a lo largo de su desplazamiento.

1.3.2 Justificación metodológica

Con la implementación del tren de transmisión eléctrica y suspensión delantera se busca dotar de elementos que permitan el movimiento del prototipo buggy cumpliendo con los requerimientos establecidos anteriormente, el desarrollo de este prototipo va a servir de

fuentes de conocimientos técnicos en el campo de energías renovables y vehículos híbridos para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

1.3.3 Justificación práctica

Con el afán de contribuir con nuevas estrategias de movilidad y reducir la contaminación ambiental, los estudiantes se encuentran desarrollando varios proyectos de titulación enfocados en asegurar el óptimo desempeño del prototipo buggy biplaza, todo eso promovido por la responsabilidad de contribuir con la carrera de ingeniería automotriz de la ESPOCH.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

- ✓ Diseñar y construir el sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo híbrido tipo buggy 4x4 para la carrera de ingeniería automotriz de la ESPOCH

1.4.2 Objetivos específicos:

- ✓ Realizar un estudio sobre transmisiones eléctricas utilizadas en vehículos híbridos a través de la revisión de bibliografía pertinente para fundamentar la implementación del sistema propuesto.
- ✓ Determinar las condiciones y requerimientos para la instalación de un sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera en el vehículo híbrido tipo buggy 4x4 analizando los parámetros y características con los que debe contar el prototipo
- ✓ Seleccionar las partes que componen el mecanismo de transmisión eléctrica, suspensión delantera del vehículo híbrido
- ✓ Implementar y ensamblar los distintos elementos y componentes para conformar el sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera.
- ✓ Realizar pruebas reales del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera para determinar su adecuada funcionalidad.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 Vehículo buggy

Los buggies son un medio de transportes fabricados artesanalmente, los mismos que son utilizados como distracción para circular diversos lugares como playas, páramos, terrenos difíciles, etc. Su diseño normalmente se compone de partes de otros vehículos, tales como el motor, suspensión, dirección y demás componentes ensambladas sobre un bastidor abierto. Mediante estas variantes se intenta acrecentar la potencia y disminuir el peso, o bien disminuyendo el peso del vehículo o bien aumentando la potencia del motor. (Planap, 2012)



Figura 1-2: Vehículo buggy

Fuente: (Adventures, 2018)

Los amantes de este tipo de vehículos son los que disfrutan de la conducción rápida y sin límites que ofrece este tipo de vehículos, aunque también hay una gran demanda de mercado que los compra para trabajar en terrenos gracias a que pueden entrar y arrastrar a casi cualquier parte de la geografía estos sean materiales o personas. y claro el ejército no iba a ser a excepción de adaptarlos de forma bélica para los cuerpos terrestres gracias a su gran maniobrabilidad y firmeza. (SoloBuggys, 2014)

2.2 Vehículos híbridos

Un vehículo híbrido es la combinación de dos diferentes tipos de motores para conseguir mayor eficiencia de combustible y menor cantidad de emisiones contaminantes, entre

otras ventajas. Esto se da por la combinación de un motor eléctrico y un motor de combustión según requiera el sistema del mismo, y con ello se consiguen consumos muy reducidos en maniobras de circulación a bajas velocidades. (tecvolucion, 2017)



Figura 2-2: Configuración híbrida

Fuente: (Curiosoando, 2014)

2.2.1 Configuración híbrida serie

En la siguiente configuración el motor a gasolina mueve un generador, el cual recarga las baterías o alimenta al motor eléctrico según lo requiera. En este acontecimiento el motor de combustión no mueve directamente el vehículo. El motor térmico unido a un generador eléctrico desempeña la función de transformar la energía producida por la ignición en energía eléctrica, esta energía es almacenada por las baterías y es utilizada por el motor eléctrico que asegura la propulsión del vehículo. (Mehrddad , y otros, 2010)

Por lo tanto, no existe conexión mecánica entre el motor térmico y los neumáticos. Las diversas conversiones de energía (térmica, mecánica, eléctrica, mecánica) limitan el rendimiento máximo de esta cadena de tracción. (Lopez Martinez, 2015)



Figura 3-2: Cadena de tracción híbrida serie

Fuente: (Tecnologicos, 2015)

2.2.2 Configuración híbrida paralelo

Este tipo de configuración consta de un depósito de combustible, el cual alimenta al motor de gasolina. sin embargo, a su vez suma con un set de baterías que provee al motor eléctrico. Tanto el motor eléctrico y el de gasolina, pueden girar la transmisión y desplazar el vehículo. Asociado a una transmisión clásica y se le añade un generador que se utiliza para almacenar energía en las pilas o baterías. La recuperación de energía cinética, durante las etapas de deceleración y de frenado del vehículo, asegura la recarga de las pilas en las etapas de rodaje en manera eléctrica corresponden principalmente a situaciones en las que el motor térmico es poco efectivo, o sea, esencialmente con reducida carga. (Lopez Martinez, 2015)

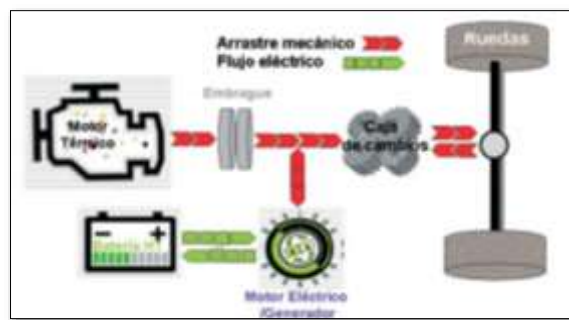


Figura 4-2: Cadena de tracción híbrida paralela

Fuente: (Tecnologicos, 2015)

2.3 Motor a Gasolina

Estos automóviles normalmente están conformados con un motor de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 CV de potencia. Esta potencia se requiere en lugares especiales, tales como aceleraciones a fondo, ascenso de grandes pendientes en nuestro caso para ingresos a contornos irregulares, se necesitará gran carga del vehículo y a gran rapidez. El hecho de que dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad. Un vehículo medio convencional se emplea en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a rapidez moderada, para estas características tan solo se desarrollar unos 20 caballos. (Meganeboy, 2014)



Figura 5-2: Motor de combustión interna

Fuente: Autores

2.4 Motores eléctricos de tracción

Los motores eléctricos son una tecnología bien consolidada que ha sido utilizada durante los últimos 150 años, constituyendo la esencial fuente de energía de tracción en la industria automotriz. Estos mecanismos se caracterizan por su robustez, fiabilidad, y un amplio rendimiento y gracias a la electrónica de potencia es más posibles controlar a través de nuevas alternativas de diseño y nuevos materiales con la cual se aumenta su eficacia. Un modelo de ello sería la tecnología de los motores de arranque de imanes permanentes con materiales magnéticos ligeros y de alta energía que tienen en su composición rudimentos pertenecientes al conjunto de las tierras extraños como es el neodimio. (Weg, 2016)

Estos motores son proyectados para operaciones con convertidor de frecuencia lo cual nos brinda un ampliando el rango de velocidades y proveyendo de un par continuo. Estos motores son desarrollados y fabricados según las exigencias de las principales normas Internacionales. (Weg, 2018)

Como requerimientos globales del motor eléctrico para la tracción de un vehículo híbrido se pueden argumentar los siguientes:

- Robustez.
- Alta relación par inercia.
- Alta densidad de par y de potencia.
- Alto par en el arranque y en pendiente y alta potencia en autopista.
- Amplio rango de velocidades.
- Alto soporte frente a arranques y paradas frecuentes.
- Bajo ruido, mantenimiento y coste.
- Bajas emisiones electromagnéticas.

- Potencia constante en un amplio régimen de giro.

A continuación, se puede encontrar la clasificación de los diferentes tipos de motores según la corriente de excitación, que pueden aplicarse a configuraciones de vehículos híbridos o eléctricos.

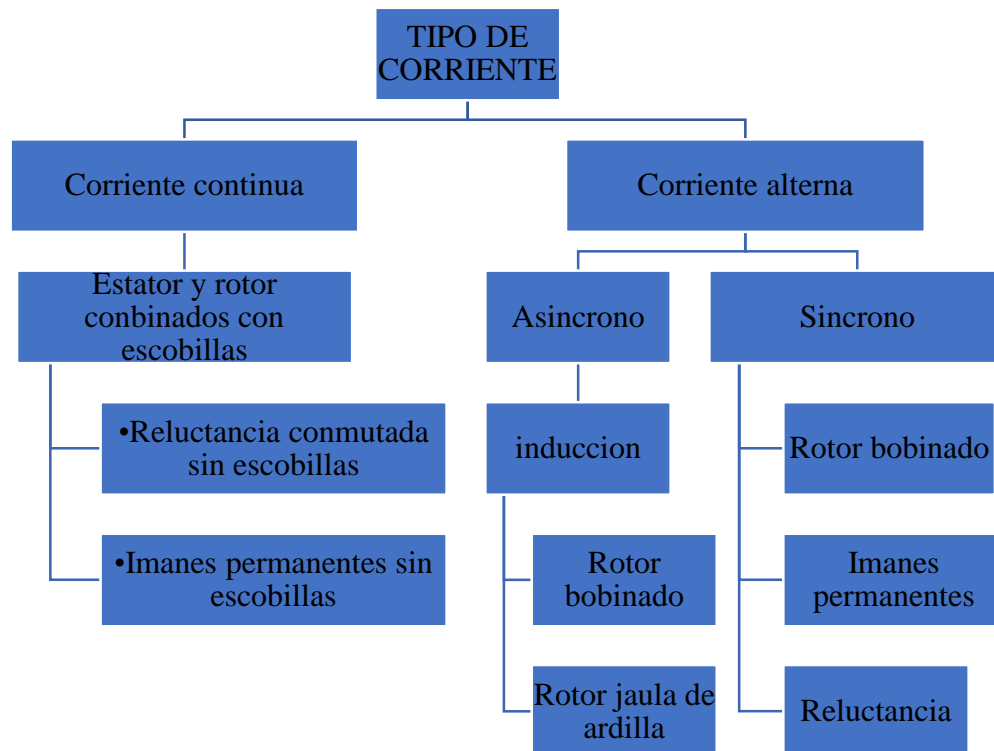


Gráfico 1-2: Clasificación de motores según la corriente de excitación

Realizado por: Autores 2019

2.5 Motores de corriente continua

Estos motores han sido requeridos en aplicaciones que se necesitan velocidad ajustable, excelente regulación de velocidad, arranques y paradas frecuentes y aplicaciones con reversa. (Lopez Martinez, 2015)

La tabla nos muestra las ventajas y desventajas de los motores de corriente continua:

Tabla 1-2: Ventajas y desventajas motores de CC

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil control debido a su linealidad	Desgaste en las escobillas (requiere mantenimiento)
Capacidad de proporcionar par independiente	Velocidad máxima baja
Tecnología de fabricación	Bajo rendimiento
	Emisiones electromagnéticas

Realizado por: Autores 2019

2.5.1 Estator con imanes permanentes y rotor con escobillas

El funcionamiento de estos motores es sencillo ya que estos están compuestos por un conmutador o colector, par de escobillas y los bobinados, estos bobinados son alimentados por el conmutador a través de las escobillas permitiendo fluir la corriente por medio del bobinado y de esta manera genera el campo magnético ya que la fuerza será perpendicular al bobinado. (Lopez Martinez, 2015)

2.5.2 Estator y rotor combinados

Estos motores están compuestos de dos conjuntos de devanados uno en el rotor llamado armadura y el otro en el estator conocido como devanado de campo. Para su funcionamiento la corriente es suministrada al rotor y al estator para que generen el campo magnético, la magnitud de la fuerza depende de los hilos o vueltas que estas tengan. Una de la ventaja de estas máquinas es que se puede variar el campo magnético y el principal inconveniente es el alto consumo de corriente. (Lopez Martinez, 2015)

Por el tipo de conexión y el número de fuentes de suministro se clasifican en:

- Excitación shunt
- Excitación serie
- Excitación separada

Motores de excitación en Paralelo o shunt: la configuración es en paralelo. Las bobinas centrales están construidas por muchas espiras y con alambre de sección pequeña, por lo que la resistencia del inductor central es grande. Por lo cual estos motores se utilizan en

mecanismos de gran capacidad de carga, en la industria de materiales plásticos, metalurgia, etc. Las intensidades son frecuentes y la regulación de rapidez se consigue con un reóstato graduable en serie con el estator. (Lopez Martinez, 2015)

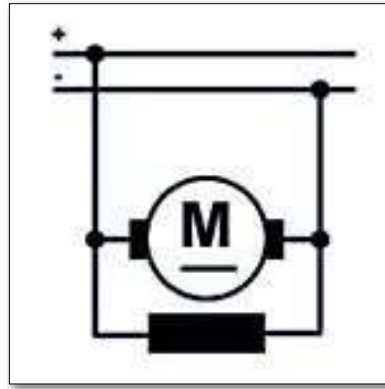


Figura 6-2: Motores de excitación en Paralelo

Fuente: (tecnind2, 2015)

Motores de excitación en Serie: la conexión de este tipo de motores se da en el devanado del estator, se realiza en serie con el devanado de campo. La corriente de excitación es equivalente a la corriente del devanado de campo. Los motores de excitación en serie se usan para entornos en los que se necesita un gran par de arranque como es el caso de tranvías, trenes, etc. La rapidez es regulada con un reóstato ajustable en paralelo con el estator. La rapidez disminuye cuando aumenta la intensidad. (Lopez Martinez, 2015)

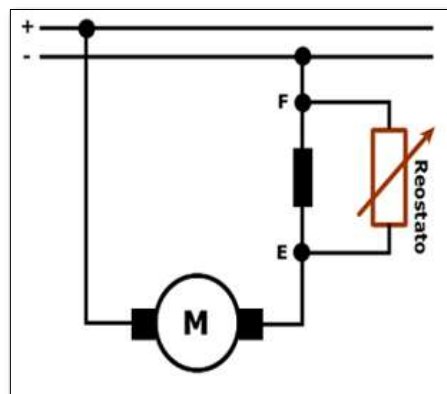


Figura 7-2: Motores de excitación en serie con variador

Fuente: (tecnind2, 2015)

Excitación independiente: en estos casos existen dos fuentes de tensión de alimentación independientes al estator y devanado de campo. Esta configuración ofrece la máxima flexibilidad de control del par y velocidad a través del control independiente de la

corriente de los devanados del estator y de campo. Se puede controlar el par bien variando la tensión en el rotor, o bien variando el campo magnético.

2.6 Motores de alterna (CA)

La diferencia de los motores de corriente continua y de alterna es en los bobinados estos se encuentran en la parte fija del motor permitido eliminar el conmutador y las escobillas, estos motores se alimentan de corriente alterna bien sea mono fásica o trifásica, las aplicaciones monofásicas se emplean para pequeñas potencias.

Estos motores efectúan su trabajo en velocidades constantes, esto se debe a que las velocidades están determinadas por la frecuencia de tención de alimentación a un que con un controlador (inversor) se puede variar la velocidad. (Lopez Martinez, 2015)

2.6.1 Motores asíncronos de induccion

Los motores de inducción son aplicados ampliamente en diferentes tipos de máquinas industriales los motores de inducción funcionan con corriente alterna lo que su aplicación para vehículos eléctricos (VE) no puede ser apropiada al no poder efectuar su operación a través de las baterías, sin embargo, la corriente alterna se puede conseguir fácil con un inversor. De estos tipos de motores existen dos tipos de rotor bobinado y aquel con rotor de jaula de ardilla (Lopez Martinez, 2015)

2.6.2 Motores síncronos

El motor síncrono funciona de manera similar al motor asíncrono su estator gira a la misma velocidad, sin deslizamiento, en función como se genera el campo magnético los motores síncronos se clasifican de la siguiente manera: (Lopez Martinez, 2015)

- Motores síncronos de excitación separada
- Motores síncronos de imanes permanentes
- Motores síncronos de reluctancia variable

2.6.2.1 Motores síncronos de excitación separada

Este tipo de motores contienen en su rotor el bobinado de excitación, el que es alimentado con corriente continua. Los bobinados del estator generan corriente inducida hacia los

bobinados del rotor permitiendo tener una buena curva de par en tamaño se puede comparar a los motores asíncronos. (Lopez Martinez, 2015)

2.6.2.2 Motores síncronos de imanes permanentes

El inconveniente de los motores con escobillas se soluciona al sustituir por motores de imanes permanentes, manteniendo su instalación trifásica y su control a través de un inversor. Estos motores tienen un alto rendimiento, alta relación de par/peso su sistema de refrigeración es fácil de implementar, su principal desventaja es el elevado costo debido a sus imanes. (Lopez Martinez, 2015)

2.6.2.3 Motores síncrono de reluctancia variable

Su estructura es similar a la de motores de imanes permanentes, excepto el bobinado del rotor, principalmente difiere por la eliminación de los imanes permitiendo su fácil control en altas velocidades y su temperatura reduce considerablemente. El inconveniente que presentan estos motores es su gran tamaño. (Lopez Martinez, 2015)

2.6.3 Motores de imanes permanentes

Un motor de imanes permanentes (IP) su campo magnético es muy alto debido a los IP, los cuales hacen que tenga una alta densidad de potencia, alta velocidad y alto rendimiento. Por esta ventaja su aplicación se da en vehículos eléctricos e híbridos.

Los motores de imanes permanentes (IP) se clasifican según a su forma de onda de corriente del estator. (Flores Videla, 2006)

Onda cuadrada o trapezoidal: también se conoce como motores de corriente continua sin escobillas o motores de tecnología BRUSHLESS. Las tensiones de alimentación son de tipo trapezoidales. (Lopez Martinez, 2015)

Onda sinusoidal: a estos motores se conoce como motores síncronos de imanes permanentes están compuestos por un devanado similar a los motores de inducción. La forma de inducción de corriente es por medio de una onda sinusoidal. (Lopez Martinez, 2015)

2.7 Controladores para motores brushless

los controladores para motores sin escobillas o de tecnología brushless son distribuidos por la empresa canadiense GOLDEN MOTOR el cual es un controlador de alta corriente y de doble canal apto de controlar motores DC del tipo Brushless hasta 120 voltios y 200(A) amperios. El controlador usa la información de posición de los sensores Hall para la secuencia de energía en los 3 bobinados del motor para originar una ligera rotación continua. (Golden motors , 2015)

La operación del controlador puede ser ampliamente automatizado y personalizado usando código de lenguaje básico. El controlador puede ser configurado, monitoreado y ajustado en tiempo real utilizando un software de comunicación para PC. También puede ser reprogramado o ajustado según a las necesidades requerías o de acuerdo a su aplicación a demás se puede integrar demás componentes como el sensor de velocidad, sensor de temperatura y demás sensores externos. (Golden motors , 2015)



Figura 8-2: Controlador Golden Motors

Fuente: (Golden motors , 2015)

2.8 Resistencias que se oponen al movimiento del vehículo

El vehículo está sometido a varias fuerzas llamadas resistencias que se oponen al movimiento tales como: Resistencia a la rodadura de los neumáticos, resistencia a la pendiente y resistencia aerodinámica, las cuales se detallaran en los siguientes ítems.

2.8.1 Resistencia a la rodadura

La resistencia a la rodadura depende de las propiedades de la materia que está compuesto los neumáticos, esto depende también de su derivación de la carcasa, cuando el neumático está rodando esto provoca una asimetría en la distribución de las fuerzas de reacción, este

fenómeno se conoce como resistencia a la rodadura es causada principalmente por la deformación de la superficie del suelo. (Mehrdad , y otros, 2010)

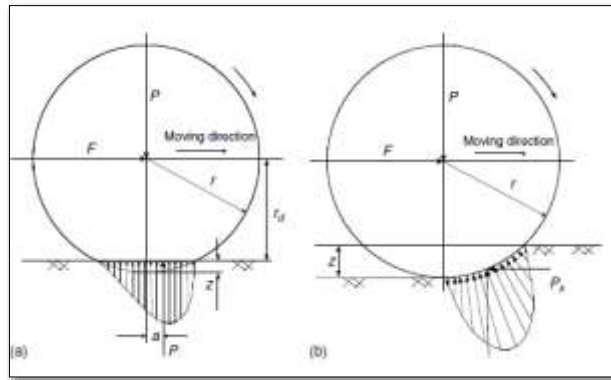


Gráfico 2-2: Resistencia a la rodadura

Fuente: (Mehrdad , y otros, 2010)

$$Rr = fr(Fzd + Fzt)$$

2.8.2 Resistencia aerodinámica

Cuando el vehículo viaja a una velocidad considerable se encuentra o choca con el aire, esta fuerza se denomina resistencia aerodinámica. Esta fuerza resulta de 2 componentes: de arrastre y de fricción. Resistencia por arrastre: cuando el vehículo se encuentra con partículas de aire sin embargo el aire no puede romperse instantáneamente generando una presión alta de aire en la parte delantera del vehículo la cual es arrastrado por el mismo. Por consiguiente, la fricción, cuando el aire que se encuentra detrás del vehículo no se puede llenar inmediatamente generando una baja presión en la parte posterior del vehículo por esta razón en los vehículos modernos se utilizan alerones con la finalidad de obtener una presión en la parte posterior y ayude en el instante del frenado. (Mehrdad , y otros, 2010)

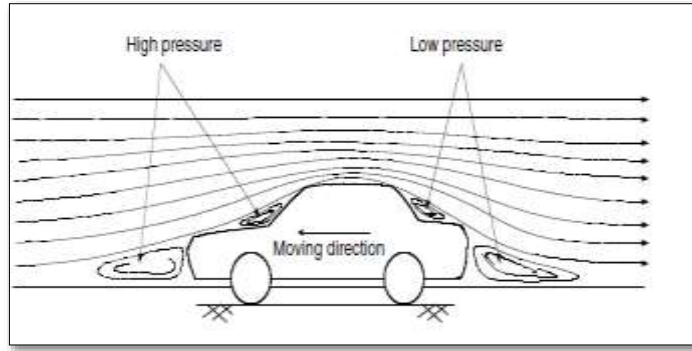


Figura 9-2: Resistencia aerodinámica

Fuente: (Lopez Martinez, 2015)

La resistencia a aerodinámica está en función de la velocidad (v), área frontal del vehículo (A_f), la densidad del aire (ρ) y el coeficiente de arrastre aerodinámico (CD), entonces esta resistencia se expresa como:

$$Ra = \rho A_f C_D (V \cdot V_w)$$

2.8.3 Resistencia de a la pendiente

Cuando un vehículo sube una pendiente su peso se descompone en dos ejes, en dirección hacia abajo el cual se opone al movimiento hacia adelante del vehículo, como se muestra en la siguiente figura: (Mehrdad , y otros, 2010)

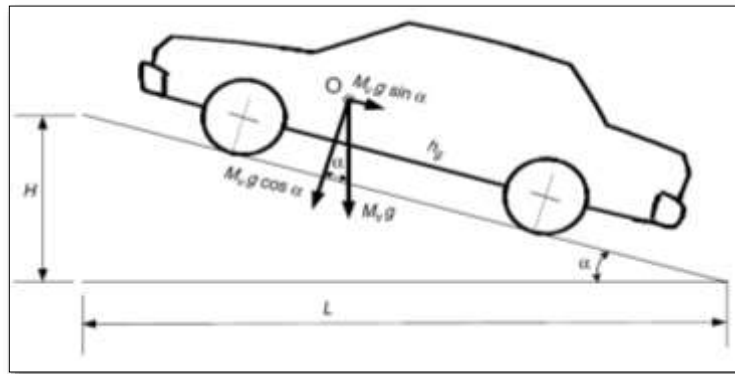


Gráfico 3-2: Resistencia a la pendiente

Fuente: (Mehrdad , y otros, 2010)

La resistencia a la pendiente se considera solo cuesta arriba esta fuerza se puede calcular de la siguiente manera.

$$F_g = m * g * \sin(\alpha)$$

2.9 Torque

Se define como par o torque al conjunto de dos fuerzas de igual magnitud, pero en sentido contrario para que el motor rompa sus condiciones iniciales de inercia, y pueda comenzar a operar y desarrollar sus características de diseño, para calcular el torque se utiliza la siguiente ecuación: (Flores Videla, 2006)

$$M_{rm} = F_i * r_d \quad (1)$$

Donde:

M_{rm} = par requerido (Nm)

F_i = Fuerza resistente al avance [N]

r_d = radio de giro de la rueda

2.10 Potencia

Se conoce como potencia a la rapidez para efectuar un trabajo en un determinado tiempo o la velocidad con que la energía es aplicada o consumida, en el caso nuestro se calcula la potencia necesaria para mover el buggy biplaza considerando las resistencias que debe vencer. Esto se consigue aplicando la siguiente ecuación: (Weg, 2016)

$$P_{rm} = F_i * V_{max} \quad (2)$$

Donde:

P_{rm} = Potencia requerida para el motor [W]

F_i = Fuerza resistente al avance [N]

V_{max} = Velocidad máxima [m/s]

2.11 Eficiencia

La eficiencia de un motor eléctrico u otros, se representa entre la relación de potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. De este parámetro el consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. La eficiencia se puede expresar de las siguientes maneras: (BUN-CA, 2011)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Eléctrica que entra} - \text{Pérdidas}}{\text{Potencia Eléctrica que entra}} \quad (3)$$

El valor más alto de la eficiencia es la unidad, pero es imposible alcanzar un alto rendimiento ya que el motor está sometido a cargas y por esa razón existen pérdidas ya sea por temperatura, velocidad y por transmisión mecánica. (BUN-CA, 2011)

2.12 transmisión por mecanismo diferencial

Los sistemas de transmisión por diferencial (cono y corona) son empleados para transmitir movimiento de un motor o conductor a un elemento llamado conducido, esto se puede dar siempre y cuando se dese transmitir entre dos ejes paralelos que se encuentran engranados entre sí, este sistema puede servir como sistemas de elevación o como sistemas transportadores de fuerza. además, permite que las llantas de la derecha y de la izquierda giren a velocidades distintas, según la curva que tome el vehículo, cuando un coche toma una curva hacia la derecha, la rueda de este lado gira un recorrido más corto con respecto a la rueda izquierda, y lo mismo sucede en el caso contrario. (Aranguren, 2018)

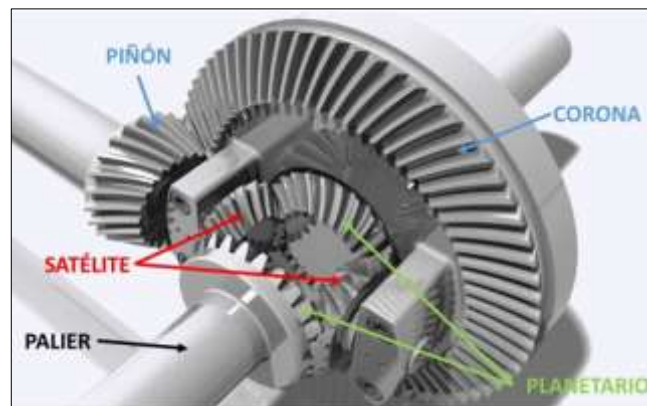


Figura 10-2: Sistema de transmisión cono y corona

Fuente: Autores

Para calcular la relación de transmisión se debe emplear la siguiente fórmula:

$$id = \frac{Zc}{Zp} \quad (4)$$

Donde:

Z_c = Número de dientes de la corona diferencial

Z_p =Número de dientes del piñón

2.13 Sistema de suspensión

2.13.1 Función del sistema de suspensión

La función elemental del sistema de suspensión es ofrecer un alto nivel de confort a los ocupantes del vehículo, adicionalmente deben mostrar buena seguridad cuando el automóvil circule por pendientes y obstáculos que presenten en la calzada. Este tiene que mantener la posición del neumático y de la dirección en buen estado de funcionamiento con el fin de impedir que la carrocería sea afectada por las irregularidades que se presentan en la calzada, conservando el contacto de la rueda con la calzada. (CALVO, 2003)



Figura 11-2:Sistema de suspensión vehicular

Fuente: (Molina , 2012)

El sistema de suspensión también debe soportar los efectos ocasionados por el automóvil cuando toma una curva, las fuerzas de frenado y aceleración. La suspensión debe mantener el ángulo de dirección y los neumáticos, también debe conservar el paralelismo de los ejes frontal y posterior cuando el vehículo pasa por distintas superficies. Otra de las funciones que debe cumplir es resistir las cargas que presenta el vehículo. (Abad, 2015)

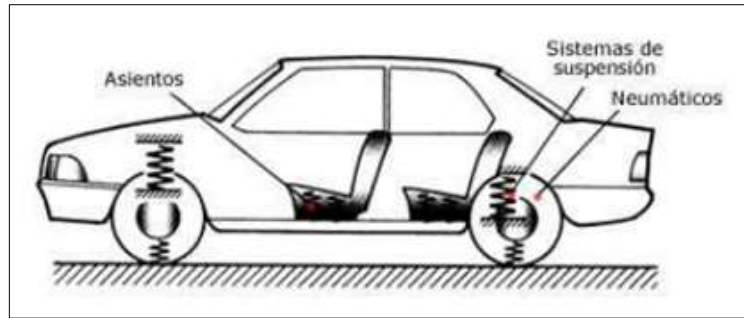


Figura 12-2: Amortiguación en el vehículo

Fuente: (Abad, 2015)

El sistema de suspensión debe cumplir las siguientes funciones como:

- Transferir las cargas de aceleración y frenada.
- Resistir la fuerza de frenado y el par motor
- Soportar los efectos que se presentan en las curvas
- mantener posición de la dirección en todo el recorrido
- Proporcionar una estabilidad adecuada al vehículo
- Soportar la carga del vehículo.

Cuando el automóvil se detiene por las imperfecciones de la avenida, los efectos que soportan los neumáticos se trasladan inmediatamente hacia el bastidor del vehículo y por consiguiente los golpes que se generan son transmitidos hacia los pasajeros, generando vibraciones. Cuando se coloca una cierta carga y se ubica de forma desigual, debido a esto se generan oscilaciones, estos efectos por lo general son ocasionados en el centro de gravedad (Martínez, 2000 pág. 979).

2.13.2 Masas suspendidas

En el automóvil se puede distinguir entre masas suspendidas tales como el bastidor, motor y demás elementos que conforman la carrocería. Es decir, todos los componentes que estén soportados por el sistema de suspensión. (Perez, 2018)

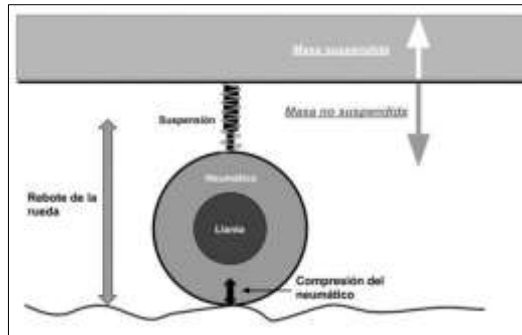


Figura 13-2: Masas suspendidas y masas no suspendidas

Fuente: (Fernandez, 2016)

En el momento que el neumático pasa por encima de una imperfección del camino, el neumático presenta una compresión produciendo una fuerza sobre los elementos no suspendidos provocando que el neumático se desplace verticalmente, ejerciendo una fuerza sobre el vehículo y este reacciona con una fuerza de igual magnitud pero de sentido contrario (tercera ley de Newton). (Fernandez, 2016)

2.13.3 Masas no suspendidas

Son aquellas cuyo peso cuelga directamente del bastidor y están unidas a través de elementos de elasticidad, el peso de las masas no suspendidas debe ser lo más pequeño posible con la finalidad de mejorar el sistema de suspensión, los elementos que conforman son: los discos de freno, mordazas, amortiguador-muelles, los rodamientos de la manzana, etc. (Perez, 2018)

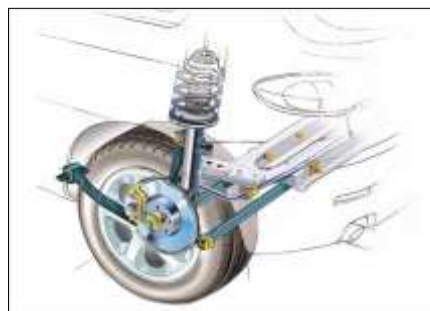


Figura 14-2: Sistema de suspensión McPherson

Fuente: (Gonzales, 2009)

2.13.4 Componentes del sistema de suspensión.

Los componentes del sistema de suspensión se encuentran entre las masas no suspendidas y las suspendidas, las mismas que tienen propiedades de deformación para lograr absorber

las vibraciones causadas por las irregularidades existentes en la calzada durante el recorrido del vehículo.

2.13.5 *Los resortes helicoidales.*

Son utilizados en una gran cantidad de vehículos, estos retienen la energía transmitida sobre el vehículo, los muelles están pretensados por la acción del peso del auto. En una suspensión individual ante una ondulación del terreno el muelle puede ser comprimido hasta su tope final de carrera absorbiendo gran parte de la energía del impacto y transmitiendo una pequeña parte a la carrocería. (CALVO, 2003)

A continuación, se muestra al muelle en tres posiciones:

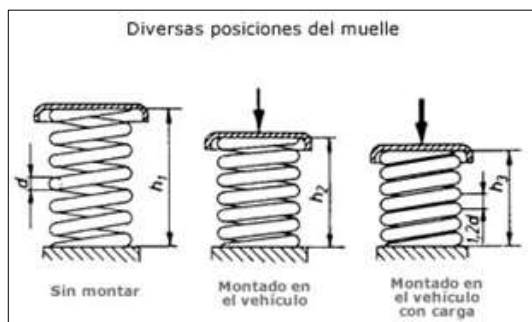


Figura 15-2: Diferentes posiciones del muelle

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.6 *Barras de torsión*

Este tipo de resorte utilizado en algunos vehículos de turismo con suspensión independiente, está varilla de acero elástico sujeta por uno de sus extremos, se le aplica una carga de torsión, dicha varilla es propensa retorcerse, regresando a su estado original una vez finalizado el esfuerzo. Estas barras de torsión son comúnmente manufacturadas de acero o varios materiales compuestos con secciones hexagonales, cilíndricas o cuadradas. (Abad, 2015)



Figura 16-2: Barra de torsión

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.7 Barras estabilizadoras.

Está formada por una larga barra de acero fijada por cada uno de sus extremos a los dos brazos inferiores de la suspensión. Cuando el coche sigue una trayectoria curva (en un viraje), la fuerza centrífuga tiende a mantener el movimiento del coche en línea recta, por lo tanto, la parte suspendida del coche tiende a inclinarse hacia el exterior de la curva. El amortiguador-muelle tiende expandirse y comprimirse produciendo que el bastidor tienda a elevar y cargar el amortiguador contrario. (Crouse, 2003)

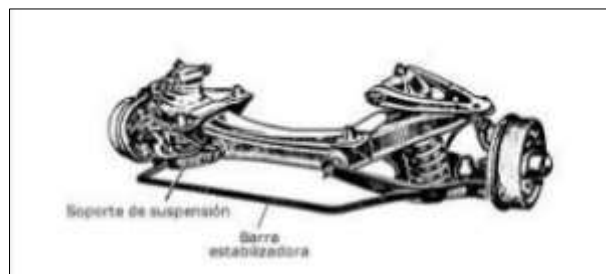


Figura 17-2: Barra estabilizadora

Fuente: (Abad, 2015)

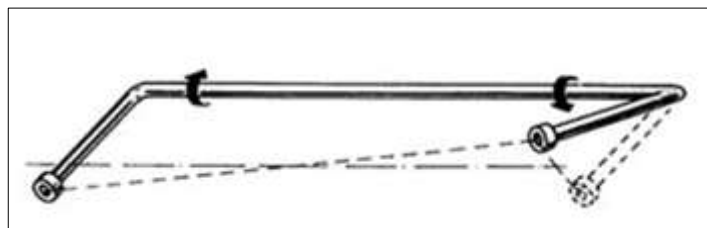


Figura 18-2: Principio de funcionamiento de la barra estabilizadora

Fuente: (Abad, 2015)

En estos sucesos los neumáticos están cargados de forma desigual lo cual causa que el vehículo no se encuentre correctamente adherida a la vía, en estos casos es cuando la barra estabilizadora equilibra la carga desigual enlaza el par suspensiones por medio de un mecanismo de sujeción, la barra estabilizadora no se acciona cuando el vehículo transita normalmente. (Martínez, 2000)

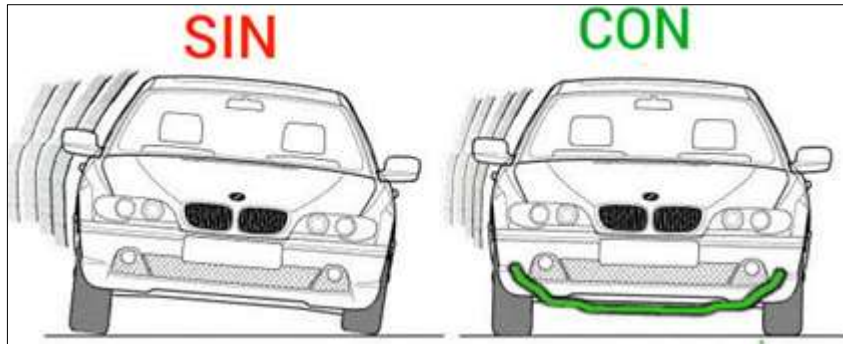


Figura 19-2: acción de la barra estabilizadora

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.8 *Hojas de resorte o ballestas*

Están constituidas por un conjunto de hojas o láminas de acero especial para muelles, unidas mediante unas abrazaderas que permite el deslizamiento entre las hojas cuando estas se deforman por el peso que soportan. La hoja superior llamada hoja maestra va curvada en sus extremos formando unos ojos en los que se montan unos casquillos de bronce para su acoplamiento al soporte del bastidor por medio de unos pernos. (Abad, 2015)

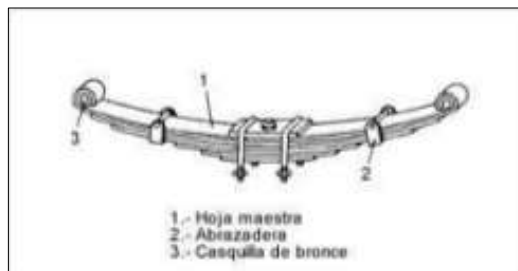


Figura 20-2: Constitución de las ballestas

Fuente: (Abad, 2015)

El número de hojas y el espesor de las mismas están en función de la carga a la que serán sometidas. Su funcionamiento es igual a los resortes de suspensión, haciendo de enlace entre el eje de las ruedas y el chasis. En muchos vehículos, sobre todo en automotores pesados, además de ser componentes de empuje los mismos absorben los efectos en la propulsión con su deformación longitudinal. (Abad, 2015)

2.13.9 *Tipos de suspensión*

En el campo automotriz existen diversa variedad de tipos de suspensión, con el fin de estudio y aplicación en el prototipo se toma en consideración los siguientes:

- Suspensión Mc Pherson
- Suspensión de Brazos Arrastrados
- Suspensión de eje oscilante
- Suspensión de paralelogramo deformable
- Suspensión Multibrazo.

2.13.10 Sistema de suspensión McPherson

Es el más empleados en el eje delantero. Se caracteriza por llevar un brazo oscilante, por medio de cojinetes elásticos unidos al bastidor por un extremo, y por el otro está unido a la mangueta a través de una rotula. La mangueta, por su parte superior, está unida al amortiguador vertical que a su vez está unida a la carrocería. (Bautista Gonzalez, 2017)

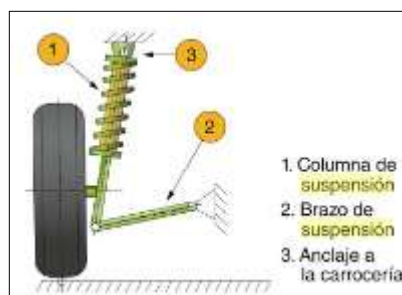


Figura 21-2: La suspensión McPherson

Fuente: (Bautista Gonzalez, 2017)

Este sistema ha tenido mucho éxito, sobre todo en vehículos pequeños por su sencillez de fabricación y mantenimiento, el coste de producción y el poco espacio que ocupa. Con esta suspensión es imprescindible que la carrocería sea más resistente en los puntos donde se fijan los amortiguadores, con el objeto de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión. (Abad, 2015)



Figura 22-2: Suspensión McPherson

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.11 Suspensión de brazos arrastrados

Se caracteriza por tener dos elementos soporte o “brazo” en disposición longitudinal que van unidos por un extremo al bastidor y por la otra ala mangueta de la rueda. Si el eje es de tracción, el grupo diferencial va anclado al bastidor. En cualquier caso, las ruedas son arrastradas por los brazos longitudinales que pivotean en el anclaje de la carrocería. (Abad, 2015)

En la figura inferior como los brazos arrastrados pueden pivotar de distintas formas: en la figura de la derecha, los brazos longitudinales pivotan sobre un eje de giro perpendicular al plano longitudinal del vehículo. En la figura de la izquierda pivotan los brazos sobre ejes que tienen componentes longitudinales, es decir, sobre ejes oblicuos al plano longitudinal del vehículo. Que también se lo conoce como brazo semi-arrastrado. (Abad, 2015)

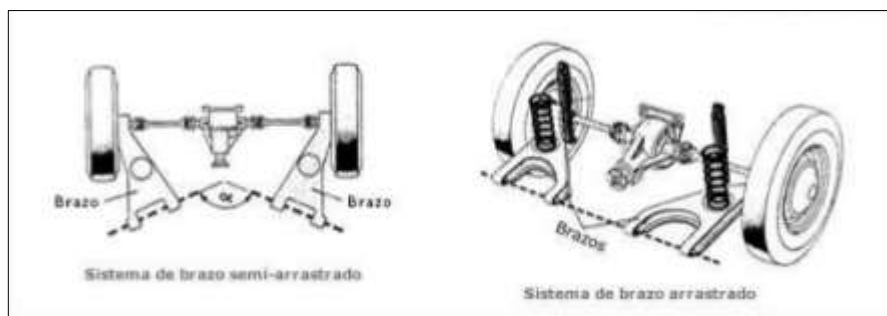


Figura 23-2: Sistema de suspensión con brazo arrastrado

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.12 *Suspensión de eje oscilante*

En este sistema los elementos de rodadura y el semieje son solidarios, de manera que el conjunto oscila alrededor de una o dos articulaciones próximas al punto medio de la vía del vehículo. Estos dos modelos se usan de la forma siguiente; si un eje es propulsor el pontaje se realiza sobre una articulación y si el eje es arrastrado sobre dos articulaciones. (Bautista Gonzalez, 2017)

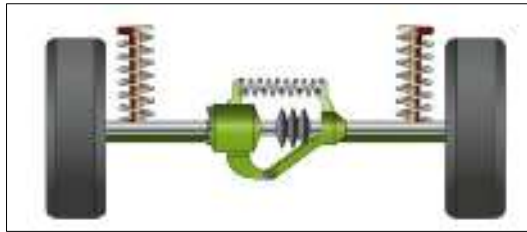


Figura 24-2: Eje oscilante de una articulación

Fuente: (Bautista Gonzalez, 2017)



Figura 25-2: Eje oscilante de dos articulaciones

Fuente: (Bautista Gonzalez, 2017)

Esta suspensión no se puede utilizar en el eje directriz, porque esta altera mucho la caída en sus movimientos oscilantes, sobre todo en las curvas, provocando un desgaste irregular de neumáticos. Como elementos elásticos utilizan muelles con amortiguador telescópico. (Bautista Gonzalez, 2017)

2.13.13 *Suspensión de paralelogramo deformable*

La suspensión independiente de paralelogramo deformable, junto con la suspensión McPerson, es de las más utilizadas, tanto en ten delantero como trasero. El paralelogramo está formado por dos brazos en forma de triángulo, uno superior y otro inferior unidos al bastidor por medio de cojinetes elásticos. Cerrando el paralelogramo, ambos se unen a la mangueta que va articulada mediante rotulas. (Bautista Gonzalez, 2017)

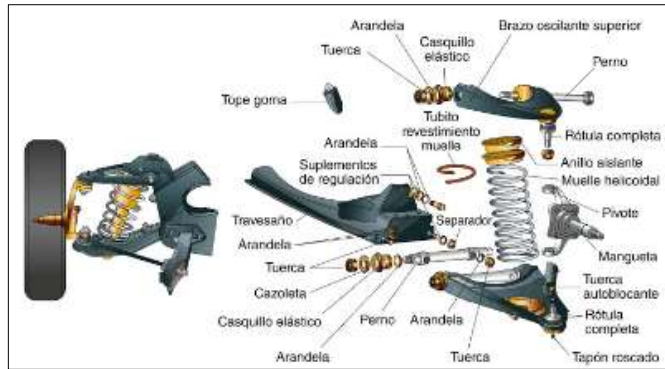


Figura 26-2: Paralelogramo deformable

Fuente: (Bautista Gonzalez, 2017)

Como elemento elástico utiliza un muelle que va colocado entre el brazo inferior y el bastidor. Unos bloques de choque sirven de tope elástico para evitar que el brazo inferior suba en exceso y limitar la carrera de compresión del amortiguador. (Bautista Gonzalez, 2017)

Esta suspensión también se denomina suspensión por trapecio articulado y suspensión de triángulos superpuestos. Con distintas longitudes de brazos se puede conseguir distintas geometrías de suspensión de forma que pueda variar la estabilidad y la dirección según sea el diseño de los mismos. (Abad, 2015)

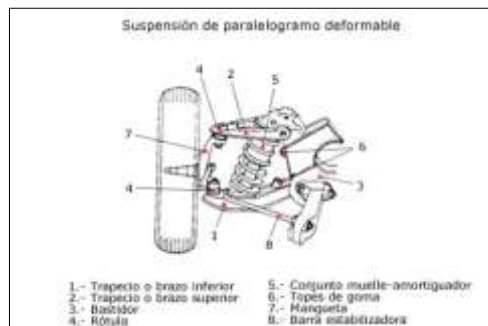


Figura 27-2: Suspensión de paralelogramo deformable

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.14 Sistema de suspensión multibrazo.

Se basa en el mismo concepto que el sistema de suspensión de paralelogramo deformable, es decir, el paralelogramo está formado por dos brazos transversales, la mangueta de la rueda y el propio bastidor. La diferencia fundamental que aportan sus nuevas suspensiones es que los elementos guía de la suspensión multibrazo pueden tener anclajes elásticos mediante manguitos de goma. Gracias a esta variante los multibrazo permiten modificar tanto los parámetros fundamentales de la rueda, como la caída o la

convergencia, de la forma más apropiada de cara a la estabilidad en las distintas situaciones de uso del automóvil. Esto significa que la dinámica longitudinal y transversal puede configurarse de forma independiente y con mayor precisión, debido a esto se alcanza un mayor grado de estabilidad en la conducción y confort. (CALVO, 2003)

En la figura se muestra un sistema de suspensión multibrazo delantero, que consta de un brazo superior que va unido a una mangueta larga y curva mediante un buje de articulación y un brazo de articulación transversal que va unido a la mangueta por una rótula doble y al bastidor por un casquillos que aísla de las vibraciones, además dispone de un tercer brazo que hace de tirante longitudinal que está unido al bastidor y mangueta. (Abad, 2015)

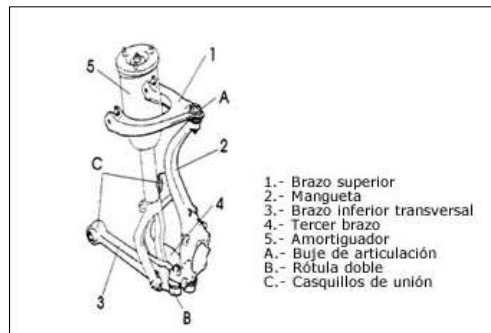


Figura 28-2: esquema de una suspensión multibrazo delantera

Fuente: (Abad, 2015)

Para la suspensión trasera consta de un brazo superior con forma de triángulo como la delantera, pero dispone de dos brazos transversales, superior e inferior y un tirante longitudinal inferior. Las articulaciones son similares al delantero.

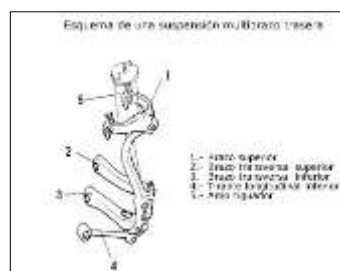


Figura 29-2: Esquema de una suspensión multibrazo trasera

Fuente: (Abad, 2015)

2.13.15 Irregularidades del terreno.

Cuando un vehículo circula las irregularidades de la calzada provocan a la carrocería un movimiento ascendente y descendente (oscilaciones) que hace incomoda y peligrosa la

conducción. Cuando las irregularidades son pequeñas son absorbidas por la elasticidad de los neumáticos y el confort de los asientos. Si las irregularidades son grandes quien controla y absorbe estas oscilaciones es el sistema de suspensión, aumentando el confort y direccionalidad del vehículo. (AGUEDA, 2012)



Figura 30-2: Irregularidades de la calzada

Fuente: (GARCIA , 2018)

2.13.16 Vibraciones en el vehículo.

Los automóviles viajan a elevada velocidad, y por ello estas sometidos a vibraciones las cuales se transmiten a los pasajeros de forma táctil, visual o audible. Las vibraciones se pueden dividir de acuerdo a la frecuencia y clasificarlas como vibraciones (0-25 Hz) y ruido (25-25000 Hz). Los 25 Hz es considerado el umbral de audición y superior a este es la vibración común de todos los vehículos de motor. Dentro del habitáculo se pueden sentir diferentes vibraciones que son difíciles de interpretar su origen, las vibraciones que afectan comúnmente al confort de marcha del pasajero están referidos a las vibraciones táctiles y visuales y las audibles quedan referenciadas como ruidos. (Luque, 2012)

2.13.17 Centro de gravedad del vehículo

Es el punto en donde actúan todas las fuerzas inercia, de modo que es importante su estudio. Dichas fuerzas son directamente proporcionales a la aceleración y a la masa. El centro de gravedad del automóvil es el lugar de equilibrio en donde se encuentra también la fuerza neta y esta es igual a cero con un momento nulo. El centro de gravedad no siempre se localiza en el punto medio del vehículo. Mediante el análisis del comportamiento dinámico del vehículo, se relaciona con la conducción y a las cargas que afectan al centro de gravedad. (BARBECHO, y otros, 2017)

Las fuerzas que afectan al centro de gravedad son las siguientes:

- Peso del vehículo (W)
- Carga aerodinámica (F_a)
- Fuerza de rozamiento o fuerza de rodadura (F_r)
- Fuerzas laterales (F_l)

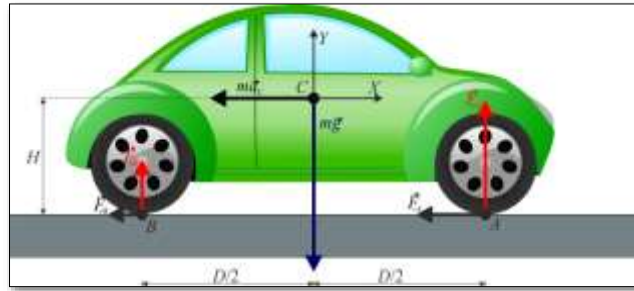


Gráfico 4-2: Fuerzas en el centro de gravedad

Fuente: (Sevilla, 2015)

2.13.18 Ubicación del centro de gravedad

La posición del centro de gravedad de un vehículo es base para un análisis de su comportamiento a continuación se plantea un método analítico a partir de las diversas cargas que se puedan tener. Para ello es preciso conocer la posición exacta de las diversas cargas que estén presentes en el vehículo.

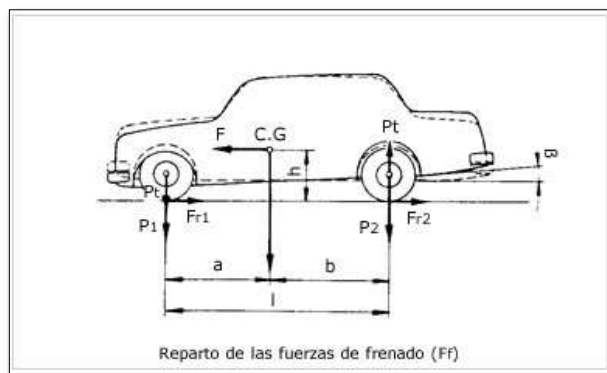


Gráfico 5-2: Reparto de fuerzas de frenado

Fuente: (Meganeboy, 2014)

CAPÍTULO III

3 SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA

El presente estudio corresponde a un proyecto tecnológico, como un trabajo orientado a la discusión del conocimiento para sustentar una propuesta de solución a un problema relacionado con las áreas de formación de la carrera en este caso para la implementación del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera.

Tabla 2-3:Diseño metodológico

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
Bibliográfica documental	Análisis documental y contenido	Documentos y registros
Tecnológico	Se designa la incorporación del conocimiento científico y tecnológico, propio o ajeno, con el objeto de crear o modificar un sistema o una máquina, para cumplir un fin que sea valioso para sociedad.	Prototipos
Experimental	Los experimentos, pruebas y muestras, pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él.	Prototipo Tren de transmisión Sistema de suspensión delantera

Realizado por: Autores, 2019

3.1.1 *selección del tren de transmisión eléctrica y suspensión.*

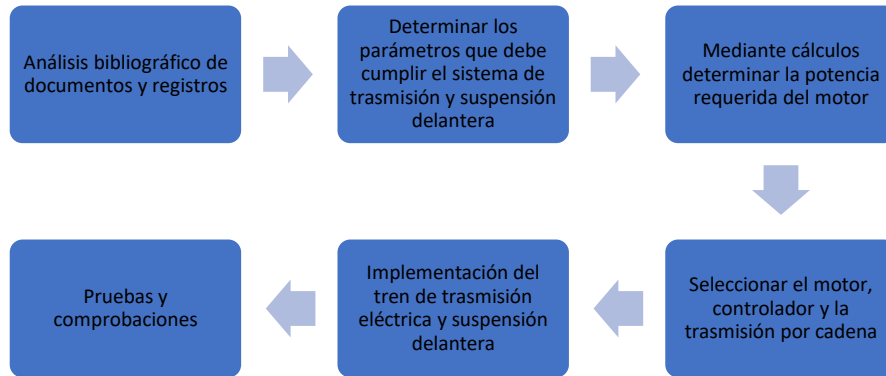


Gráfico 1-3: Diseño del tren de transmisión eléctrica y suspensión delantera.

Realizado por: Autores, 2019

3.1.2 *Análisis bibliográfico de documentos y registros*

Se toma referencias de artículos, revistas, libros y principalmente de estudios realizados por las empresas fabricantes de motores eléctricos, así establecer diferencias y similitudes y desde allí partir el análisis del prototipo.

3.1.3 *Parámetros de la transmisión y suspensión delantera.*

Luego de hacer el análisis determinar parámetros de torque, potencia, rendimiento, estabilidad y confort requerida para el desplazamiento del prototipo buggy biplaza.

3.1.4 *Potencia del motor y sus reacciones en la suspensión.*

Mediante el uso de fórmulas de acuerdo a la revisión bibliográfica de motores eléctricos y suspensión delantera se determinará los factores que influyen en el prototipo biplaza, tales como potencia y par requeridos para su desplazamiento y la estabilidad y confort para los ocupantes

3.1.5 *Seleccionar el motor, controlador y la transmisión*

Por medio de la realización de cálculos y comparación de distintos parámetros tanto del motor, controlador, transmisión y la suspensión se selecciona el más adecuado para su función requerida.

3.1.6 *Implementación del tren de transmisión eléctrica y suspensión delantera.*

Luego de la selección del motor eléctrico, controlador, transmisión y suspensión se procede a la implementación.

3.1.7 *Pruebas y comprobaciones*

Posterior a la implementación se realizarán pruebas de desempeño del buggy según los parámetros de funcionamiento en torque, potencia y velocidad para el tren de transmisión eléctrica y las respectivas pruebas del sistema de suspensión y comprobaciones de funcionamiento.

3.2 Identificación de necesidades y requerimientos del prototipo

Es fundamental determinar los requerimientos del prototipo para poder realizar una correcta selección del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera a diseñar para el prototipo biplaza, considerando diversos parámetros y necesidades, en donde se pretende evaluar distintas propiedades en cuanto a comportamientos, movimientos y limitaciones, etc.

Dentro de los principales requerimientos y necesidades a tomar en cuenta son los siguientes:

- Se requiere que el sistema de suspensión delantera cuente con un recorrido aproximado de 100 mm con el fin que el prototipo circule sin dificultad por la calzada.
- El sistema de suspensión delantera debe contar con una gran resistencia a esfuerzos ya que este debe soportar diferentes fuerzas mientras se acelere, cuando entre a un viraje y en el momento de frenado disminuyendo las vibraciones y el

ruido generadas por los neumáticos y las condiciones del terreno. (Luque, y otros, 2012 pág. 102)

- El sistema debe permitir configurar la posición del neumático como la inclinación consiguiendo disminuir el desgaste del mismo y brindando una buena maniobrabilidad en la conducción. (Luque, y otros, 2012 pág. 127)
- El sistema de suspensión debe aportar un mayor confort a los ocupantes y funcionar con el menor ruido posible evitando incomodidad a los pasajeros. (Luque, y otros, 2012 pág. 123)
- En el diseño del sistema de suspensión un punto importante es el factor visual, es decir debe tener una buena estética, de tal manera que sea adaptable al chasis del prototipo logrando satisfacer las necesidades y confiabilidad del mismo. (Luque, y otros, 2012 pág. 123).

3.2.1 Elementos que constituyen el sistema de propulsión eléctrica

Los principales componentes que conforman el sistema de transmisión eléctrica constituida por el motor de CC HPM 10KW distribuidos por la empresa Golden motor se tienen:

Para esta determinación es importante fijar en primer lugar cuales son las metas a alcanzar del diseño considerando dos factores clave preliminares antes de fijar otros parámetros característicos del prototipo, los cuales se muestran a continuación:

- Velocidad Máxima: 30Km/h

3.3 Determinar el par y potencia requerido para el desplazamiento

Para determinar el grupo propulsor y el controlador es necesario conocer las fuerzas resistentes a las que tienen que hacer frente el biplaza, para posteriormente y en virtud de sus valores seleccionar los componentes del kit de instalación, tales resistencias son:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia a la pendiente
- Resistencia aerodinámica.

3.3.1 Resistencia a la rodadura

Para este caso se toma como referencia para el cálculo de las dimensiones de la interface con la superficie a la rodadura, la marca de neumáticos maxis con la siguiente nomenclatura 130/90 - R15 67H TL M/C.

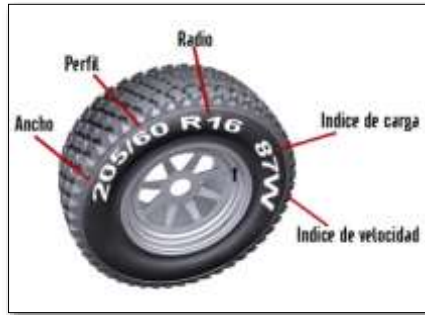


Figura 31-3: Neumático

Realizado por: Autores, 2019

A continuación, se realiza la descripción de la nomenclatura y el respectivo cálculo del neumático a usar en el prototipo:

Tabla 2-3: Dimensiones del neumático

Descripción	Símbolo	Dimensiones
Ancho del neumático	Bn	130 [mm]
Altura del neumático	Hn= Bn x 0.9	117 [mm]
Rin del neumático	DLL= 15in x 25.4 mm/in	381 [mm]
Diámetro exterior del neumático	Dn= 2hn+ DLL	640,4 [mm]
Índice de capacidad de carga		67-500 [Kg]
Velocidad máxima		H-210 [Km/h]

Realizado por: Autores, 2019

3.3.2 Resistencia a la rodadura

$$Rr = fr * N \quad (5)$$

Donde:

Rr-Resistencia a la rodadura

Fr- Coeficiente de rodadura

N- Componente Normal del vehículo.

Para calcular la resistencia a la rodadura se emplea la siguiente ecuación:

$$Rr = fr(Fzd + Fzt) \quad (6)$$

Entonces, la suma de las normales de los neumáticos proyectadas verticalmente desde el centro de su eje al plano de rodadura será igual al peso aplicado en el centro de gravedad dispuesto el porcentaje de reparto de pesos.

Fuerza ejercida en el eje delantero (Fzd) = 4120.2 N

Fuerza ejercida en el eje posterior (Fzt) = 6180.3 N

Entonces el coeficiente de rodadura (fr) se obtiene de la siguiente tabla en base al tipo de carretera que va circular el prototipo:

Tabla 3-3: coeficiente de resistencia de rodadura según el estado de suelo

Estado del suelo	Coefficiente de resistencia a la rodadura
Carretera en buen estado	0,02 a 0,04
Camino de tierra	0,03 a 0,05
Suelo baldío	0,04 a 0,06
Rastrojo seco	0,06 a 0,1
Tierra labrada	0,08 a 0,1
Arena y suelo muy suelto	0,15 a 0,03

Fuente: (Mehrdad , y otros, 2010)

Realizado por: Autores, 2019

El prototipo biplaza está diseñado para circular en caminos de tierra o de asfalto por lo cual se ha tomado el coeficiente de rodadura para camino de tierra (0.5) y para camino en buen estado (0.03) entonces se obtiene la resistencia a la rodadura:

Para camino de tierra:

$$Rr = fr(4120.2 + 6180.3)$$

$$Rr = 0.05(10300.5)$$

$$Rr = 515 N$$

Para camino en buen estado

$$Rr = fr(4120.2 + 6180.3)$$

$$Rr = 0.03(10300.5)$$

$$Rr = 309 \text{ N}$$

Para los valores de fr es necesario un cálculo que tiene una relación con la presión de inflado y la velocidad longitudinal en plano para velocidades menores de 165Km/h.

Para este caso se tomará como variable la velocidad del vehículo:

$$Fr = 0.0085 + \frac{0.018}{p} + \frac{1.59 * 10^{-6}}{p} * v^2$$

Dónde:

P= Presión de los neumáticos [Bar]

V= velocidad lineal en [Km/h]

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de rodadura, de (2 a 2.4) bar según la presión del neumático, indicando que a medida que disminuye la presión de inflado, aumenta el coeficiente de rodadura.

Tabla 4-3: Coeficiente de rodadura presión de inflado y velocidad

Velocidad km/h	fr 2,4 bars	fr 2,0 bars	fr 1.6 bars
0	0,0161	0,0176	0,01985
5	0,01611656	0,0176	0,01985
15	0,01624906	0,0176	0,01985
15	0,01624906	0,0176	0,01985
20	0,016365	0,0176	0,01985
25	0,01651406	0,0176	0,01985
30	0,01669625	0,0176	0,01985

Realizado por: Autores, 2019

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se puede realizar una gráfica que indique como influye la presión de inflado frente al coeficiente a la rodadura donde se puede apreciar que la presión afecta a la resistencia a la rodadura en forma significativa.

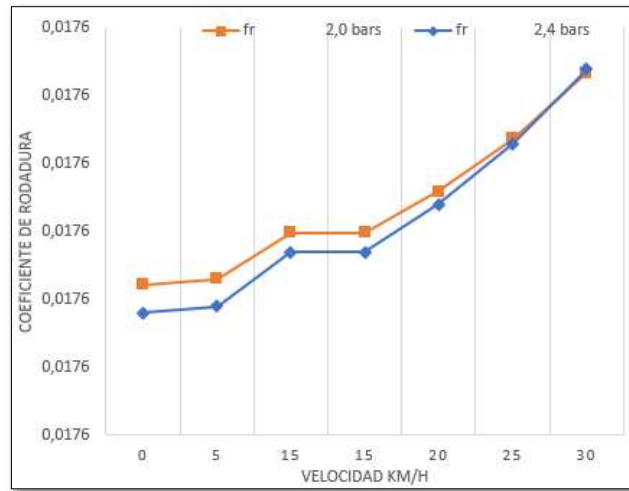


Gráfico 2-3: Presión de inflado frente al coeficiente a la rodadura

Realizado por: Autores, 2019

A continuación, se muestra la resistencia a la rodadura que se generaría en el neumático considerando el peso total del vehículo más pasajeros y en un camino de tierra por otro lado también determinar cuál es la potencia resistente el cual resulta de multiplicar la fuerza resistente por la velocidad según la ecuación 2.

$$P = Rr * v$$

Tabla 5-3: Potencia necesaria para vencer la rodadura a plena carga

Velocidad km/h	fr 2,0 bars	normal (n)	Rr resist. rodadura(n)	P potencia rodadura (kw)
0	0,0176	10300,5	181,2888	0
5	0,01761988	10300,5	181,4935224	0,252074337
15	0,01777888	10300,5	183,1313019	0,763047091
15	0,01777888	10300,5	183,1313019	0,763047091
20	0,017918	10300,5	184,564359	1,02535755
25	0,01809688	10300,5	186,4068609	1,29449209
30	0,0183155	10300,5	188,6588078	1,572156731

Realizado por: Autores, 2019

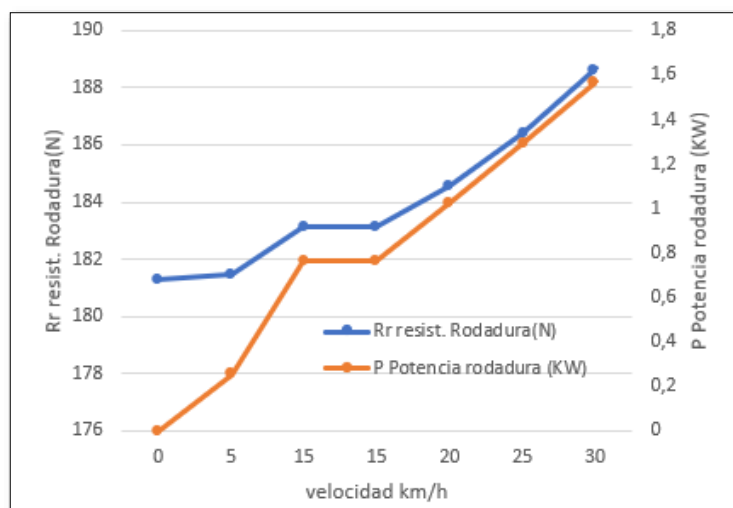


Gráfico 3-3: Resistencia y Potencia a rodadura

Realizado por: Autores, 2019

Al analizar los resultados se tiene que la potencia requerida es de 1.6 Kw para vencer la resistencia a la rodadura a 30Km/h, para condiciones de caminos de tierra y 1,07 Kw para llegar a la velocidad meta de diseño. Se puede notar que ofrece mayor resistencia cuando el biplaza se encuentra en plena carga (dos pasajeros) esto es debido a la carga que actúa sobre las ruedas; los neumáticos ejercen una presión sobre el terreno lo cual hace que el neumático se apoye sobre la superficie originando un rozamiento sobre la carretera y por lo tanto una resistencia mayor.

3.3.3 Resistencia a la pendiente

La resistencia a la pendiente se da cuando el vehículo esta cuesta arriba. La fuerza opuesta que se genera es directamente proporcional al peso del vehículo y el ángulo de la pendiente. θ se mide en porcentajes y según normas internacionales (norma 3,1 IC Trazado) se considera hasta el 18% de inclinación. La cuál se presenta a continuación.

$$\theta = \arctg^{-1} \frac{\phi\%}{100} \quad (7)$$

Donde:

θ = Angulo de Inclinación (°)

$\phi\%$ = Angulo de inclinación (%)

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se tiene la siguiente ecuación para el cálculo de la resistencia a la pendiente:

$$R_g = W * \text{sen}(\theta) \quad (8)$$

Donde:

R_g= Resistencia a la pendiente (N)

W= Peso del vehículo (N)

Entonces a continuación se muestra los respectivos cálculos utilizando las ecuaciones 7 y 8, que muestran la fuerza requerida para vencer pendientes con distintos ángulos de inclinación.

Tabla 6-3: Resistencia a pendiente con distintos ángulos

θ (%)	θ (radianes)	θ (º)	Rg (n)
2	0,01999733	1,14576016	205,9688104
4	0,03997869	2,29060469	411,690779
6	0,05992816	3,43362233	616,9205406
8	0,07982999	4,57391056	821,4156621
10	0,09966865	5,71057978	1024,938058
12	0,11942893	6,84275741	1227,255345
14	0,13909594	7,96959176	1428,142123
16	0,15865526	9,09025566	1627,381157
18	0,17809294	10,2039499	1824,764459

Realizado por: Autores, 2019

La curva a continuación muestra la resistencia al pendiente detallado el aumento de la resistencia mientras también aumenta el ángulo de inclinación

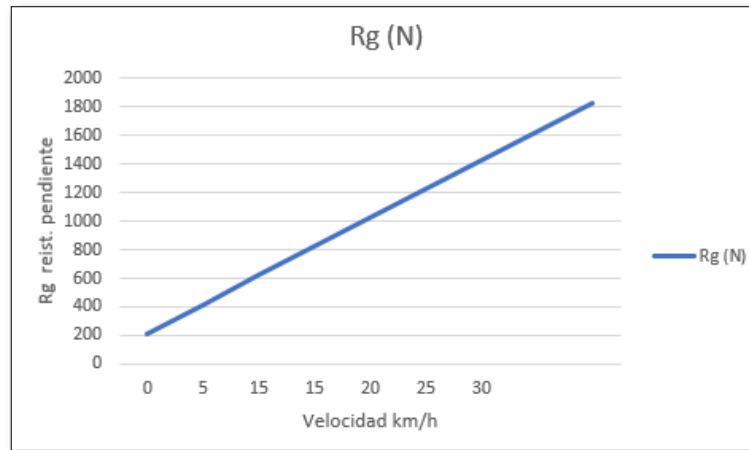


Gráfico 4-3: Resistencia a la pendiente

Realizado por: Autores, 2019

Para una buena selección de un motor respecto a su potencia se deberá tomar en cuenta principalmente a la resistencia a la pendiente en distintos ángulos.

Tabla 7-3: Resistencia a la pendiente en distintos ángulos

Velocidad (km/h)	pg. (kw) 6% pendiente	pg. (kw) 2% pendiente	pg. (kw) 18% pendiente
0	0	0	0
5	0,85683408	1,704521312	2,534395082
10	1,71366817	3,409042625	5,068790164
15	2,57050225	5,113563937	7,603185246
20	3,42733634	6,81808525	10,13758033
25	4,28417042	8,522606562	12,67197541
30	5,14100451	10,22712787	15,20637049

Realizado por: Autores, 2019

3.3.4 Resistencia aerodinámica

Esta es una de las fuerzas que afectan al comportamiento aerodinámico del prototipo, para lo cual realizamos este cálculo para el buen dimensionamiento del motor eléctrico empleando la siguiente ecuación:

$$Ra = \frac{\rho}{2} * Cd * Af * V^2 \quad (9)$$

Dónde:

ρ =La densidad del aire (Kg/m³)

C_d =Es el coeficiente aerodinámico al avance

A_f = Es el Área frontal (m²)

V =es la velocidad del vehículo en (m/s²)

Para obtener el coeficiente aerodinámico al avance se tomará el dato de la siguiente figura según el vehículo que más se acerque al prototipo estudiado.


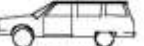
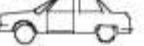
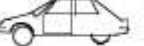



Vehicle Type	Coefficient of Aerodynamic Resistance
 Open convertible	0.5-0.7
 Van body	0.5-0.7
 Box truck body	0.4-0.55
 Wedge-shaped body; headlamps and bumpers are integrated into the body, covered underbody, optimized cooling air flow	0.3-0.4
 Headlamp and all wheels in body, covered underbody	0.2-0.25
 K-shaped (small breakway section)	0.25
 Optimum streamlined design	0.15-0.25
Trucks, road trains	0.8-1.5
Buses	0.6-0.7
Streamlined buses	0.3-0.4
Motorcycles	0.6-0.7

Gráfico 5-3: Coeficientes aerodinámico

Fuente: (Mehrddad , y otros, 2010)

Para el cálculo de prototipo biplaza se tomará en cuenta el factor ($C_d= 0.5$) como si se tratara de un vehículo convertible abierto de acuerdo a la figura anterior, también a continuación se calculará el área frontal del prototipo.

Tabla 8-3: Área del prototipo

Descripción	L. Vertical (m)	L. Horizontal (m)	Área (m ²)
Área frontal del biplaza	1,2	1,4	1,68
Neumático frontal derecho	0,2	0,381	0,0762
Neumático frontal izquierdo	0,2	0,381	0,0762
Neumático posterior derecho	0,2	0,381	0,0762
Neumático posterior izquierdo	0,2	0,381	0,0762
			1,9848

Realizado por: Autores, 2019

A continuación, se muestra los respectivos cálculos donde se detalla la resistencia aerodinámica y la potencia requerida para vencer el miso.

Tabla 9-3: Cálculo de potencia Ra

Velocidad (km/h)	Densidad (Kg/m ³)	Factor Cd	Resistencia Ra (N)	Potencia Pa (KW)
0	1,225	0,5	0	0
5	1,225	0,5	15,3125	0,021267361
10	1,225	0,5	61,25	0,170138889
15	1,225	0,5	137,8125	0,57421875
20	1,225	0,5	245	1,361111111
25	1,225	0,5	382,8125	2,658420139
30	1,225	0,5	551,25	4,59375

Realizado por: Autores, 2019

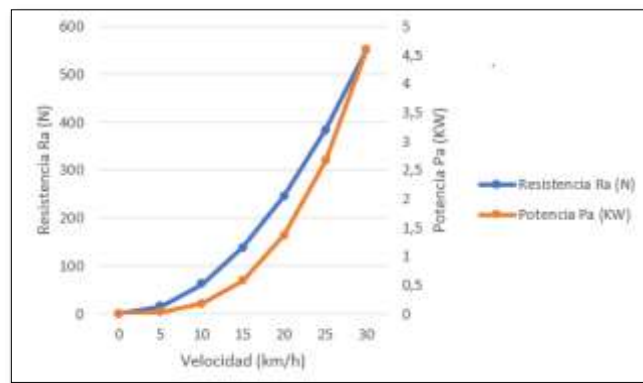


Gráfico 6-3: Resistencia aerodinámica vs potencia

Realizado por: Autores, 2019

3.3.5 Resistencia total

La resistencia total o fuerza necesaria para la impulsión para el vehículo buggy biplaza es equivalente a la sumatoria de las fuerzas resistentes que se oponen a su desplazamiento.

Mediante la siguiente ecuación se calculará la fuerza de impulsión.

$$F_i = R_r + R_g + R_a \quad (10)$$

Donde:

F_i = Fuerza de impulsión

R_r = Resistencia a rodadura.

R_g = Resistencia a la pendiente.

Ra= Resistencia aerodinámica.

De acuerdo con la ecuación 10 se puede calcular la resistencia necesaria tanto en asfalto plano como en pendiente máxima.

Resistencia en asfalto a 30 Km/h:

$$Fi = Rr + Rg + Ra$$

$$Fi = 188,658 + 0 + 551,25 \text{ N}$$

$$Fi = 739,9 \text{ N}$$

Resistencia a pendiente máxima 18% (10,20°), a 15Km/h:

$$Fi = Rr + Rg + Ra$$

$$Fi = 188,658 + 1824,76 * \sin(10,2) + 551,25 \text{ N}$$

$$Fi = 184,56 + 1824,76 * \sin(10,2) + 245 \text{ N}$$

$$Fi = 752,5 \text{ N}$$

3.3.6 Potencia requerida para la selección del motor

$$Prm = Fi * Vmax$$

$$Prm = 752,5(N) * 20\left(\frac{km}{h}\right)$$

$$Prm = 15,05 \text{ KW}$$

3.3.7 Par requerido para la selección del motor

Para el cálculo del par se debe tomar en cuenta el radio de giro del neumático a utilizar, para este caso del buggy biplaza se utilizará llantas con un radio de giro = 0,381 m por tanto, el par en el eje requerido se obtiene a través de la ecuación 1:

$$Mrm = Fi * rd$$

$$Mrm = 752,5 \text{ N} * 0,381\text{m}$$

$$Mrm = 286,7 \text{ NM}$$

3.4 Criterio de selección de motor

Los motores más utilizados para la propulsión de un biplaza son los motores de corriente continua, ya que los motores de corriente alterna no son de altas potencias y tienen un alto costo ya que utilizan más elementos para su control, un claro ejemplo son los inversores de corriente.

3.4.1 *Parámetros de selección del motor*

3.4.1.1 *Potencia y torque*

Para potencia y torque del motor a utilizar en el prototipo buggy biplaza se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 10-3: Potencia y par requerido para la selección del motor

PARÁMETROS REQUERIDOS	
Fuerza resistente al movimiento(N)	739,9 N
Potencia requerida (Kw)	15,05 kw
Par requerido (Nm)	286,7 Nm

Realizado por: Autores, 2019

3.4.1.2 *Geometría*

Este parámetro es muy importante ya que el prototipo buggy tiene poco espacio parte en la parte delantera, donde se procederá a instalar el motor. Este no debe sobrepasar los 170 mm de longitud y 206 mm de diámetro.

3.4.1.3 *Peso*

El éxito de los vehículos para alcanzar altas prestaciones y en especial en vehículos híbridos es reducir el peso ya que es un factor que influye directamente a su rendimiento, este motor no debe sobrepasar 35 kg debido que serán montados en bases sólidas de lo contrario por su inercia se pueden averiar las bases del motor.

3.4.1.4 Eficiencia

La finalidad de la selección del motor es tratar de aprovechar su máxima eficiencia, según los catálogos del fabricante de estos motores, es por eso que la eficiencia mínima del motor será del 85%.

3.5 Selección del motor DC

Tabla 11-3: Características de los motores

REQUERIMIENTOS	MOTOR CC HPM-10KW (GOLDENMOTOR)	MOTOR CC HPM-20KW (GOLDENMOTOR)	MOTOR CC ME1004 MOTOR CEPILLADO (ROBOT MARKET PLACE)
Potencia (watts)	8-20	20	15
Eficacia (f)	91	91	90
Velocidad personalizable (v)	Software	Software	Software
Peso (kg)	32	75	40
Dimensiones (mm)	170 x 207	200 x 260	180 x 240
Costos (\$)	950	1950	1300
Tecnología brushless	Si	Si	Si
Ilustración			

Realizado por: Autores, 2019

3.5.1.1 Matriz de selección del motor

Tabla 12-3: Matriz de selección

REQUERIMIENTOS	MOTOR CC HPM-10KW (GOLDENMOTOR)	MOTOR CC HPM-20KW (GOLDENMOTOR)	MOTOR CC ME-1004 CEPILLADO (ROBOT MARKET PLACE)
Potencia	9	10	9
Eficacia	10	10	10
Velocidad personalizable	10	10	10
Peso	10	7	8
Dimensiones	10	8	8
Costos	9	8	8
Tecnología brushless	10	10	10
Puntuación	68	63	63
Selección	SI	NO	NO

Realizado por: Autores, 2019

El motor seleccionado para la implementación del prototipo híbrido biplaza es un motor DC HPM-10KW fabricado en china y distribuido por la empresa canadiense GOLDENMOTORS el cual cumple los parámetros de potencia y torque. El motor tiene 15 kW y 250Nm a 2500 rpm respectivamente, cumple también con las dimensiones dispuestas en el diseño del bastidor, alojándose sin ningún problema en el habitáculo y tiene un peso de 32kg siendo una de los motores más livianos en cuanto a su eficiencia es de 91%.

3.6 Determinar el controlador

Uno de los elementos indispensables en la propulsión de vehículos eléctricos o híbridos es el controlador, ya que este controla el voltaje suministrado al motor, para ello se tomará en cuenta el voltaje y el consumo de corriente del mencionado motor.

3.6.1 Parámetros de selección del controlador

Para la selección del controlador se deberá considerar los siguientes parámetros:

3.6.1.1 Dimensiones

Las dimensiones del controlador deben ser lo más reducido posible, con el fin de acortar el peso ya que si se reduce sus distancias se minimiza el peso, un factor importante para el funcionamiento del prototipo.

3.6.1.2 Refrigeración

El sistema de refrigeración debe ser muy importante para estos equipos ya que llegan a alcanzar temperaturas de 90 grados centígrados por lo cual deben ser refrigerados de lo contrario puede afectar a su funcionamiento.

3.6.1.3 Selección del controlador

Para la selección del controlador se debe tener en cuenta el motor a controlar, entonces se tiene 2 tipos de controladores los cuales a continuación se detallan sus características.

Tabla 13-3: Características de los controladores

CARACTERÍSTICAS	ROBOTEQ RGBL1896	GOLDEN MOTOR HPC300
Procedencia	Usa	China
Modelo	RGBL1896	HPC500
Tipo de motor	DC sin escobillas	DC sin escobillas
Voltaje Max (v)	96	96
Corriente máxima (A)	200	300
Eficiencia (%)	98	98
Peso (g)	2300	2200
Refrigeración	Aire	Aire
Dimensiones (mm)	140 x 200 x 58mm	192x208x77mm
Precio sin Importación (\$)	995.00	690
Ilustración		

Realizado por: Autores, 2019

3.6.1.4 Matriz de selección de sistema de control

Tabla 14-3: Matriz de selección del controlador

REQUERIMIENTO	MOTOR CONTROLADOR HPC 500 (GOLDENMOTOR)	MOTOR CONTROL ADOR RGDC1896 (ROBOTEQ)
Eficiencia	9	8
Dimensiones	9	9
Costo	9	7
Peso	9	9
Consumo de corriente	9	9
Refrigeración	8	9
Puntuación	8,83	8,5
Selección	SI	no

Realizado por: Autores, 2019



Figura 32-3: Controlador seleccionado

Realizado por: Autores, 2019

El controlador seleccionado es HPC-500 fabricado en china y distribuido por GOLDEN MOTORS el mismo que puede transmitir hasta 120 voltios y 200 amperios sin ningún inconveniente, la cual cuenta con una puntuación de 8,83 sobre 10 según la ponderación realizada en la matriz de selección del controlador indicado en la tabla 3-14.

3.7 Sistema de transmisión por medio de cono y corona

Para la selección del piñón conductor, piñón decidido y la cadena se tendrá en cuenta la potencia calculada anteriormente del motor como se muestra a continuación.



Figura 33-3: Sistema de transmisión por diferencial

Realizado por: Autores, 2019

Para la selección adecuada de los componentes de transmisión tales como el piñón conductor y el piñón conducido se detalla el caculo a continuación por medio de la ecuación 4.

$$Z2 = 64 \text{ dientes}$$

$$Z1 = 24 \text{ dientes}$$

$$id = \frac{Zc}{Zp}$$

$$id = \frac{61}{21}$$

$$id = 2,9$$

Para poder desplazar el prototipo se toma en cuenta el torque requerido calculado anteriormente, como se muestra en la tabla 3-10, por lo cual se emplea un sistema de transmisión por medio de un grupo reductor tipo diferencial. Entonces por medio de la ecuación 1 y el anexo C donde muestra la fuerza según el consumo de corriente del motor de esta manera se obtiene el torque necesario para desplazar el vehículo híbrido.

$$T = TMxid$$

$$T = 100x2,9$$

$$T = 290 \text{ Nm}$$

3.8 Selección del sistema de suspensión.

Para seleccionar el sistema de suspensión idóneo para el prototipo se efectuará una valoración de los distintos sistemas y las necesidades de diseño, los cuales serán mostrados en la tabla 3-15.

Tabla 15-3: Características de los sistemas de suspensión

REQUERIMIENTO	MCPHERSON	PARALELOGRAM O DEFORMABLE	MULTIBRAZO
Recorrido de la Suspensión (mm)	100	150	120
Resistencia	Alta	Media	Baja
Variación de la Geometría	Media	Alta	Media
Disminución de Ruido	Si	No	si
Menor espacio y Peso	Si	No	no
Estética	Si	Si	no
economía de fabricación	Si	Si	No

Realizado por: Autores, 2019

3.8.1 Matriz de selección de la suspensión

La valoración se efectuará del 0 al 10, en el cual el 0 significará como el mínimo y el 10 representa la máxima. Por lo cual la mayor puntuación será el sistema seleccionado.

Tabla 16-3: Matriz de selección de la suspensión

REQUERIMIENTO	MCPHERSON	PARALELOGRAM O DEFORMABLE	MULTIBRAZO
Recorrido de la suspensión (mm)	10	9	8
Solidez	9	9	9
Ajuste de la geometría	8	9	9
Reducción de ruido	8	8	9

Espacio y peso mínimos	9	7	6
Estética	9	8	8
Economía de fabricación	9	6	7
Puntuación y promedio	8,42	8,28	8
Selección	SI	SI	NO

Realizado por: Autores, 2019

3.9 Elementos que constan el sistema del sistema de suspensión seleccionado

Dentro de los principales componentes que conforman el sistema de suspensión **McPherson** se tienen:

- Mesas o brazo oscilante inferior
- Rótula
- Mangueta
- Buje
- Amortiguador
- Muelle helicoidal
- Torrete

3.10 Análisis de cargas.

Para el diseño adecuado de la suspensión a implementarse en el prototipo vehicular es necesario obtener los siguientes parámetros los mismos que se detallan a continuación:

3.10.1 *Ubicación del centro de la gravedad.*

El primer paso para el diseño de la suspensión es la obtención del centro de gravedad el mismo que da a conocer la posición donde va actuar la carga del prototipo, para el cual se calculara el peso total del mismo para los ejes delanteros y posteriores con el propósito de consentir las distancias de a y b como se detallan en el gráfico a continuación.

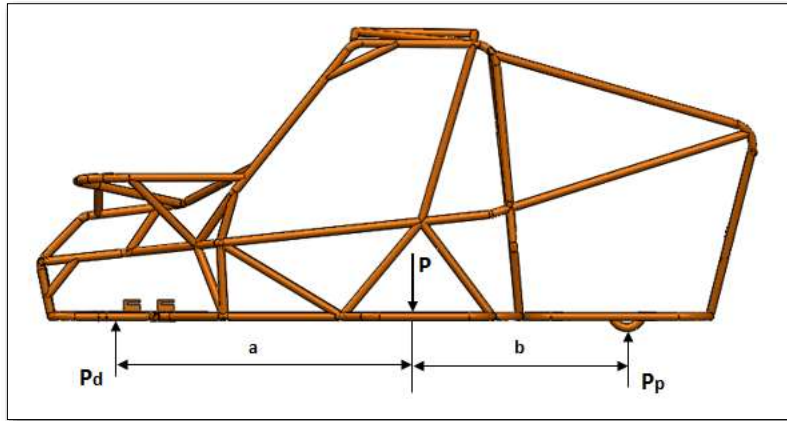


Gráfico 7-3: Esquema del centro de gravedad

Realizado por: Autores, 2019

$$Pd * (a + b) = P * b$$

$$a + b = L = Batalla$$

$$Pd = P * \frac{b}{L} \quad Pp = P * \frac{a}{L} \quad (11)$$

Por lo tanto:

P = Peso del buggy (Kg)

Pd = Peso en el eje frontal (Kg)

Pp = Peso en el eje trasero (Kg)

a = Longitud entre el peso del eje delantero y del buggy (m)

b = Longitud del Pp y P (m)

L = Batalla (m)

Para determinar la altura del centro de gravedad se considerará como valor previo una pendiente que variara de 15° a 30°, la ecuación es:

$$H = \frac{P(Rn(\tan \alpha) + b) - Pp(a + b)}{P \tan \alpha} \quad (12)$$

Por lo tanto:

H = altura del centro de gravedad.

α = pendiente (grados).

Rn = Radio neumático.

3.10.2 Disposición estática de cargas.

Como el motor del prototipo está ubicado en la parte de atrás se considera la disposición de cargas siguientes:

- Peso frontal = 40%
- Peso posterior = 60%
- Peso total prototipo = 1050 kg
- Peso del eje frontal = 420 kg
- Peso del eje posterior = 630 Kg

3.10.2.1 Disposición del centro de gravedad.

Con las ecuaciones siguientes se calcula el centro de gravedad obteniendo los valores de a y b:

$$L = a + b = 2,28 \text{ m.}$$

$$b = \frac{Pd * L}{P}$$

$$b = \frac{(420 \text{ kg})(2,28\text{m})}{1050\text{kg}}$$

$$b = 0,9127 \text{ m.}$$

$$a = \frac{Pp * L}{P}$$

$$a = \frac{(630 \text{ kg})(2,28)}{1050 \text{ kg}}$$

$$a = 1,3688 \text{ m.}$$

3.10.2.2 Altura de la posición del centro de gravedad.

Para el cálculo de la altura del centro de gravedad se ha tomado en cuenta una pendiente de 30°.

$$H = \frac{P(Rn(tg \alpha) + b) - Pp(a + b)}{P tg \alpha}$$

$$H = \frac{(1050kg)((0,38m.)(\text{tg}(31^\circ)) + (0,912m.)) - (630kg)(2,28 m.)}{(1050kg) \text{tg}(31^\circ)}$$

$$H = 0,453 m.$$

3.10.2.3 *Transmision longitudinal de carga en pendientes (Tlcp).*

$$Tlcp = (Pt * \sin\beta) * \frac{H}{L} \quad (13)$$

Por lo tanto:

β = Pendiente = 40°

Pt = Peso total prototipo.

H = Altura 0,45 m.

L = Batalla = 2,28 m.

$$Tlcp = (1050kg * \sin 30^\circ) * \frac{0,45 m.}{2,28 m.}$$

$$Tlcp = 133,20kg$$

3.10.2.4 *Transmision longitudinal de carga por frenado en pendientes (Tlcf):*

$$Tlcf = a * Pt * \frac{H}{L} \quad (14)$$

Por lo tanto:

a = Desaceleración = 0,8

P = Peso total del prototipo = 1050 kg.

H = posición CG = 0,45 m.

L = Batalla = 2,28 m.

$$Tlcf = 0.8 * 1050kg * \frac{0,45 m.}{2,28 m.}$$

$$Tlcf = 165,78 Kg$$

3.10.2.5 Transmision durante la frenada.

Para determinar la distancia de frenada brusca se requiere la distancia que va a desplazarse hasta que se detiene por completo (longitud de frenado). Para el calcule se aplica la siguiente ecuación:

$$Df = \frac{V^2}{254 e} \quad (15)$$

Por lo tanto:

D_f = Longitud de Frenado (m)

V= Velocidad del prototipo (km/h)

e = coeficiente de fricción

$$Df = \frac{(90km)^2}{254 * 0,85}$$
$$Df = 37,521 m.$$

3.10.2.6 Desaceleración.

La desaceleración máxima del prototipo está determinada por la siguiente ecuación:

$$Af = \frac{V^2}{2 * df} \quad (16)$$
$$Af = \frac{\left(25 \frac{m}{s}\right)^2}{2(37,53 m)}$$
$$Af = 8,23 \frac{m}{s^2}$$

3.10.2.7 Carga total (Ct).

$$Ct = Tlcp + Tlcf \quad (17)$$
$$Ct = 133,20 kg + 165,78 kg$$
$$Ct = 298,984 kg$$

Tabla 17-3: Resultados de la distribución de pesos

RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PESOS	
Peso del prototipo (p)	1050 kg
Peso eje frontal (pd) (40%)	420 kg
Peso eje trasero (pp) (60%)	630 kg
Distancia eje delantero y peso (a)	1,368 m.
Distancia eje trasero y peso (b)	0,912 m.
Batalla (l)	2,28 m.
Altura (h)	0,45 m.
Transferencia longitudinal (tlcp)	133,20 kg
Transferencia longitudinal por frenado (tlf)	165,78 kg
Transferencia a la frenada brusca (df)	37,52 m.
Desaceleración (af)	8,33 m/s ²
Carga total (ct)	298,98 kg.

Realizado por: Autores, 2019

3.10.3 Carga en el eje frontal (Cd).

El eje frontal del buggy soportará una carga que va a ser igual en condiciones normales cuando el prototipo se encuentre en reposo menos la carga total, por lo tanto, se tiene:

$$cd = pd + ct$$

$$cd = 420 \text{ kg} + 298,98 \text{ Kg}$$

$$cd = 718,98 \text{ kg}$$

En donde el eje frontal resistirá una carga de 718,98 kg en consecuencia de pendientes, de modo que en situaciones verdaderamente extremas serian la misma distribución de pesos, en este se realizara el trabajo del amortiguador-muelle y de los demás elementos del sistema de suspensión frontal. Para ello, el peso para cada rueda será: $718,98 / 2(\text{ruedas}) = 359,49 \text{ Kg}$.

3.10.3.1 Carga en el eje posterior (Cp).

El eje posterior del prototipo buggy resistirá una carga que será igual a la carga total en condiciones normales menos la carga total, en donde, se tiene:

$$cp = pp - ct$$

$$cp = 630 \text{ kg} - 298,98 \text{ Kg}$$

$$cp = 331,02 \text{ Kg}$$

El eje posterior resistirá una carga de 331,02 kg en condiciones de pendientes, en cual se observará el trabajo amortiguador-muelle y demás elementos del sistema de suspensión trasera. Cada rueda tiene un peso de: $331,02 / 2(\text{ruedas}) = 165,51 \text{ kg}$.

3.11 Fuerzas aplicadas en el sistema de suspensión delantera.

Es indispensable conocer todas las cargas ejercidas en el sistema de suspensión para conseguir un diseño eficiente del sistema de suspensión frontal, tal como en el amortiguador se conoce fuerza ejercida, las mesas de suspensión, sujeciones y muelles respectivamente, a continuación, se detallan dicho análisis.

Las fuerzas se emplearán en cada una de los neumáticos mencionados anteriormente en el peso para el eje delantero, para esta situación la carga es igual a 718,98kg.

Por lo tanto:

F1: Fuerza aplicada en la mesa en dirección del eje y

F2: Fuerza aplicada en la mesa en dirección del eje x

F: Fuerza vertical que se aplica en el punto de contacto entre el neumático y el piso

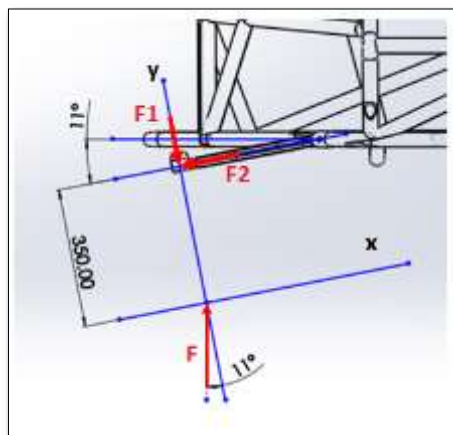


Gráfico 8-3: Cargas ejercidas en las mesas de suspensión

Realizado por: Autores, 2019

$$F = 359,49 \text{ kg}$$

$$F_x = \text{Sen}(11^\circ) * 359,49 \text{ kg}$$

$$F_x = 68,59 \text{ kg}$$

$$F_y = \text{Cos}(11^\circ) * 359,49 \text{ kg}$$

$$F_y = 352,88 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_x - F_2 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_y - F_1 = 0$$

$$F_1 = 0 \text{ Condicion de barra Inferior}$$

$$F_x = F_2$$

$$F_2 = 68,591 \text{ kg}$$

3.11.1 Análisis dela mesa de suspensión

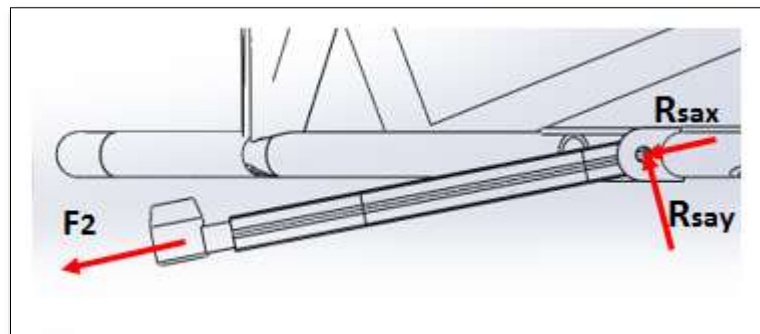


Gráfico 9-3: Cargas ejercidas en la mesa de suspensión

Realizado por: Autores, 2019

Por lo tanto:

F_{2x}'' , F_{2y}'' Componentes de F_2 en los ejes x'' , y''

F_{Rasx}'' : Reacción inferior de la articulación en el eje x''

F_{Rsay}'' : Reacción en la articulación Inferior en dirección del eje y''

En donde:

$$F_2 = 68,59 \text{ kg}$$

$$F_{2x}'' = (\text{Coseno } 1,6^\circ)(68,59 \text{ kg})$$

$$F_{2x}'' = 68,56 \text{ kg}$$

$$F_{2x}'' = (\text{Seneno } 1,6^\circ)(68,59 \text{ kg})$$

$$F_{2x}'''' = 1,91 \text{ kg}$$

$$\Sigma Fy'' = 0$$

$$F_{2x}'' = F_{Rsay}''$$

$$F_{Rsay}'' = 1,91 \text{ kg}$$

$$\Sigma Fx'' = 0$$

$$F_{2x}'' = F_{Rsax}''$$

$$F_{Rsax}'' = 68,56 \text{ kg}$$

3.11.2 Diseño de anclajes de la mesa de suspensión.

Para el análisis respectivo de los anclajes de la mesa suspensión se debe conocer los esfuerzos que estarán presentes, para el respectivo estudio se tomarán las cargas del análisis de la mesa de suspensión para el diseño de los anclajes.

Características de los anclajes de las mesas de suspensión.

Espesor platina $b=5\text{mm}$.

Altura platina $h=40 \text{ mm}$.

Longitud de la platina $L= 50\text{mm}$.

Propiedades del material.

Acero estructural ASTM A-36.

Resistencia a la tracción $S_u = 400 \text{ MPa}$.

Punto de fluencia $S_y = 250 \text{ MPa}$.

3.11.3 Anclaje de la mesa

En el estudio del anclaje se divide la magnitud para dos, ya que existen dos soportes para la mesa de suspensión, de tal modo que esta fuerza será dividida para cada uno de los anclajes de las mesas.

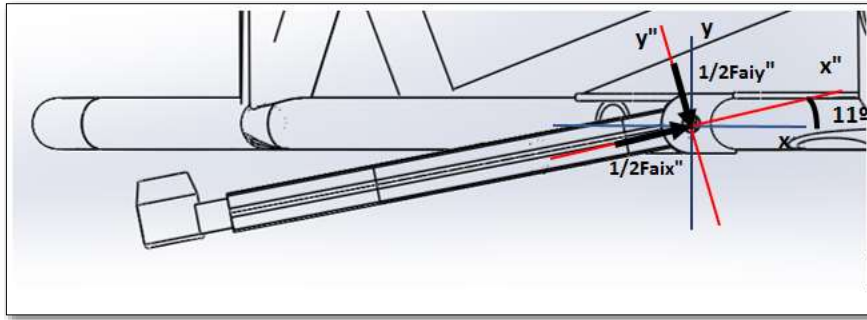


Gráfico 10-3: Fuerzas aplicadas en el anclaje de la mesa

Realizado por: Autores, 2019

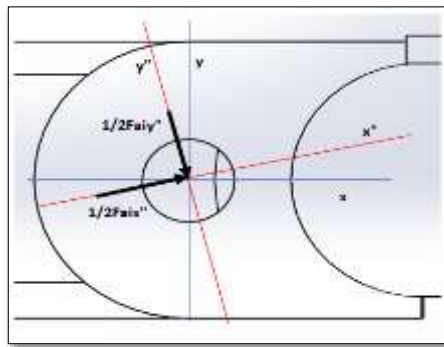


Gráfico 11-3: Fuerzas aplicadas

Realizado por: Autores, 2019

3.11.3.1 Cargas aplicadas en el anclaje de la mesa

Fuerza en el eje x

$$F_{aix''x} = (\cos 12^\circ)(F_{Rfaiy''})$$

$$F_{aix''x} = (\cos 12^\circ)(68,56\text{Kg})$$

$$F_{aix''x} = 67,30\text{kg}$$

$$F_{aiy''x} = (\text{Sen } 12^\circ)(F_{Rfaiy''})$$

$$F_{aiy''x} = (\text{Sen } 12^\circ)(1,91\text{Kg})$$

$$F_{aiy''x} = 0,36\text{Kg}$$

$$F_{1x} = \frac{(F_{aix''x} + F_{aiy''x})}{2}$$

$$F_{1x} = \frac{(67,30\text{ Kg} + 0,36\text{ Kg})}{2}$$

$$F_{1x} = 33,83\text{ kg.}$$

Fuerza en el eje y.

$$\begin{aligned}F_{aix''y} &= (\text{Sen } 12^\circ)(F_{Rfai'x''}) \\F_{aix''y} &= (\text{Sen } 12^\circ)(68,56 \text{ Kg}) \\F_{aix''y} &= 13,08 \text{ Kg} \\F_{aix''x} &= (\text{Cos } 12^\circ)(R_{fai'y''}) \\F_{aix''x} &= (\text{Cos } 12^\circ)(1,91 \text{ Kg}) \\F_{aix''x} &= 1,87 \text{ Kg} \\F_{1y} &= \frac{(F_{aix''x} + F_{aix''y})}{2} \\F_{1y} &= \frac{(13,08 \text{ Kg} + 1,87 \text{ Kg})}{2} \\F_{1y} &= 7,47 \text{ Kg} \\L &= 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

Esfuerzo Normal

$$\begin{aligned}M_1 &= F_{1y} * \frac{L}{2} \\M_1 &= 7,47 \text{ Kg} * 25 \text{ mm} \\M_1 &= 186,75 \text{ Kgmm}\end{aligned}$$

Esfuerzo Tracción.

$$\begin{aligned}A &= b \cdot h \\A &= 5 \text{ mm} * 40 \text{ mm} = 200 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{F1x} &= \frac{F_{1x}}{A} \\ \sigma_{F1x} &= \frac{33,83 \text{ Kg} * 9,8 * (1050)^2}{200 \text{ mm}^2} \\ \sigma_{F1x} &= 1,8 \times 10^6 \text{ Pa.}\end{aligned}$$

Esfuerzo Flexión

$$\begin{aligned}c &= \frac{h}{2} \\c &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{5mm * (40 mm)^3}{12}$$

$$I = 26666,67 mm^4$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{M_1 * C}{I}$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{(186,75 Kg. mm)(20mm)}{26666,67 mm^4}$$

$$\sigma_{F1x} = 137261,23 Pa.$$

En la zona del anclaje se estudia los esfuerzos normales, flexión y tracción porque son los más críticos de los mismos y no se analizará el esfuerzo cortante porque su valor es insignificante para ser considerada.

3.11.3.2 Factores de limite de resistencia

F. de superficie (Ka):

F. de resistencia a la fatiga a y b son obtenidos del anexo A.

$$a = 57,7$$

$$b = -0,7182$$

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$K_a = (57,7)(400Mpa)^{-0,718}$$

$$K_a = 0,782$$

F. de Tamaño (Kb):

$$K_b = \left(\frac{De}{7,62}\right)^{-0,107}$$

$$De = 0,88 (H. b)^{\frac{1}{2}}$$

$$H = 40 mm$$

$$b = 5mm$$

$$De = 0,808 (40 mm * 5mm)^{1/2}$$

$$de = 11,422 mm$$

$$K_b = \left(\frac{11,422}{7,62} \right)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,95$$

F. de Carga (Kc).

$$K_c = 0,93$$

F. de Temperatura (Kd).

$$K_d = 1$$

F. de Confiabilidad (Ke). Anexo B

$$K_e = 0,753$$

F. de Efectos de Varios (Kf).

Para encontrar la magnitud del factor es necesario determinar varios valores que se describen a continuación:

Q = 0,8 = sensibilidad de la muesca, magnitud del anexo C

D= diámetro = 12 mm

H= espesor = 5mm

Kt= Factor concentración del esfuerzo.

Ktf= Factor esfuerzo de flexión.

Ktt= Factor esfuerzo de tracción.

KFF= Efectos varios para flexión

KFT= Efectos varios para tracción

$$\frac{D}{H} = 2,4$$

$$\frac{D}{W} = 0,24$$

Para flexion $kt = 1,45$, Magnitud del anexo E

$$\frac{D}{w} = 0,24$$

Para tensión $k_t = 2,48$, magnitud del anexo D

$$k_F = 1 + q(k_t - 1)$$

$$k_{FF} = 1 + 0,8(1,45 - 1)$$

$$k_{FF} = 1,36$$

$$k_{FT} = 1 + 0,8(2,48 - 1)$$

$$k_{FT} = 2,18$$

$$S_e' = 0,5 S_{ut}$$

$$S_e' = 0,5 (400MPa)$$

$$S_e' = 200MPa$$

$$S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f$$

$$S_e = 200MPa * 0,78 * 0,95 * 0,93 * 1 * 0,753 * 2,18$$

$$S_e = 226,24MPa.$$

Cuando se combinan las magnitudes e las cargas

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\alpha k_f \cdot \sigma_{Aa} + k_f \cdot \sigma_{fa})^2 + 3 \cdot (k_f \tau_{ta} + k_f \tau_{ca})^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(k_f \cdot \sigma_{Am} + k_f \cdot \sigma_{fm})^2 + 3 \cdot (k_f \tau_{tm} + k_f \tau_{cm})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(k_f \cdot \sigma_{fa})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(1,36 * 137261,23)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 1,86x10^5 Pa.$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(k_f \cdot \sigma_{fm})^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(2,18 * 1,8x10^5)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 3,92x10^5 Pa.$$

Para obtener el factor de seguridad se aplica Soderberg.

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{1,86 \times 10^5 \text{ pa}}{226,24 \text{ Mpa}} + \frac{3,92 \times 10^5 \text{ pa}}{250 \text{ Mpa}} = \frac{1}{n}$$

$$n = 18,38$$

El valor determinado del factor de seguridad está por encima de lo admisible, indicando que el anclaje de la mesa de suspensión se encuentra diseñado de manera óptima lo que asegura una mayor confiabilidad para su desarrollo.

3.11.4 Base superior del amortiguador

Características de la base:

Espesor $b=6\text{mm}$.

Altura $h=100\text{ mm}$.

Longitud $L= 180\text{mm}$.

Propiedades del material.

Acero estructural ASTM A-36.

Resistencia $S_u = 400\text{ MPa}$.

Punto de fluencia $S_y = 250\text{ MPa}$.

3.11.4.1 Fuerzas que se aplican la base del amortiguador.

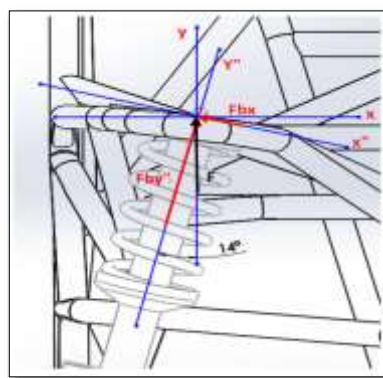


Gráfico 12-3: Fuerzas aplicadas en la base del amortiguador

Realizado por: Autores, 2019

$$F = 359,49 \text{ kg}$$

$$Fbx = \text{Sen}(14^\circ) * 359,49 \text{ kg}$$

$$Fbx = 86,96 \text{ kg}$$

$$Fby = \text{Cos}(14^\circ) * 359,49 \text{ kg}$$

$$Fby = 348,81 \text{ Kg}$$

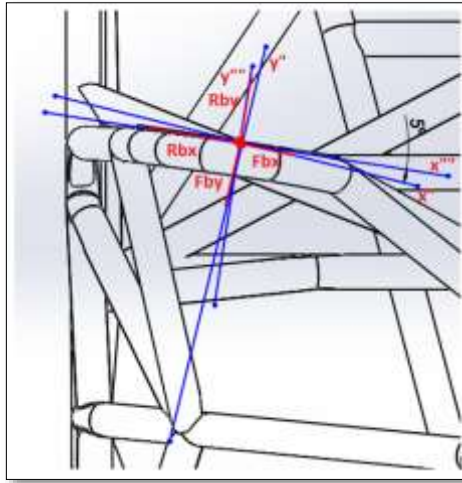


Gráfico 13-3: Fuerzas en la base superior

Realizado por: Autores, 2019

$$\Sigma Fy''' = 0$$

$$Fby * \cos(5^\circ) + Fbx * \text{sen}(5^\circ) = F_{Rby}$$

$$348,81 \text{ kg} * \cos(5^\circ) + 86,96 \text{ kg} * \text{sen}(5^\circ) = F_{Rby}$$

$$F_{Rby} = 355.06 \text{ kg}$$

$$\Sigma Fx'' = 0$$

$$Fby * \text{sen}(5^\circ) + Fbx * \cos(5^\circ) = F_{Rbx}$$

$$348,81 \text{ kg} * \text{sen}(5^\circ) + 86,96 \text{ kg} * \cos(5^\circ) = F_{Rbx}$$

$$F_{Rbx} = 117,02 \text{ kg}$$

Fuerza aplicada en el eje x

$$F_{bix} = (\cos 12^\circ)(F_{Rbx})$$

$$F_{bix} = (\cos 12^\circ)(117,02 \text{ Kg})$$

$$F_{bix} = 114,87 \text{ kg}$$

$$F_{by''x} = (\text{Sen } 12^\circ)(F_{Rby})$$

$$F_{by''x} = (\text{Sen } 12^\circ)(355.06 \text{ Kg})$$

$$F_{by''x} = 67,74Kg$$

$$F_{1x} = \frac{(F_{bix} + F_{by''x})}{2}$$

$$F_{1x} = \frac{(114,87 Kg + 67,74 Kg)}{2}$$

$$F_{1x} = 91,03 kg.$$

Fuerza en aplicada en el eje y.

$$F_{bix''y} = (\text{Sen } 12^\circ)(F_{Rbx})$$

$$F_{bix''y} = (\text{Sen } 12^\circ)(117,02 Kg)$$

$$F_{bix''y} = 22,32 Kg$$

$$F_{aiy''y} = (\text{Cos } 12^\circ)(R_{by})$$

$$F_{aiy''y} = (\text{Cos } 12^\circ)(355,06Kg)$$

$$F_{aiy''y} = 67,74Kg$$

$$F_{1y} = \frac{(F_{bix''y} + F_{aiy''y})}{2}$$

$$F_{1y} = \frac{(22,32 Kg + 67,74Kg)}{2}$$

$$F_{1y} = 45,03Kg$$

$$L = 180 mm$$

Esfuerzos Normales.

$$M1 = F_{1y} * \frac{L}{2}$$

$$M1 = 45,03g * 180 mm$$

$$M1 = 8104,4 Kgmm$$

Esfuerzo de Tracción.

$$A = b.h$$

$$\text{Área} = 6mm * 100 mm = 600 mm^2$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{F_{1x}}{\text{Área}}$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{91,03 Kg * 9,8 * (1050)^2}{600 mm^2}$$

$$\sigma_{F1x} = 1,6x10^6 Pa.$$

Esfuerzo de Flexión.

$$c = \frac{h}{2}$$

$$c = 50 \text{ mm}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{6 \text{ mm} * (100 \text{ mm})^3}{12}$$

$$I = 500000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{M1 * C}{I}$$

$$\sigma_{F1x} = \frac{(8104,4 \text{ Kg. mm})(50 \text{ mm})}{500000 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{F1x} = 794231,2 \text{ Pa.}$$

Se toman en cuenta los esfuerzos de tracción y flexión porque los mismos son críticos en la placa base del amortiguador- muelle, despreciando el esfuerzo de corte por su magnitud mínima.

3.11.4.2 Factores de límite de resistencia

Las magnitudes de a y b se adquieren del anexo A, en donde:

$$A = 57,70$$

$$B = -0,72$$

$$K_a = a S_{ut}^b$$

$$K_a = 57,70 * 400^{-0,72}$$

$$K_a = 0,78$$

El factor de tamaño (Kb) se obtiene de la siguiente manera:

$$K_b = \left(\frac{De}{7,62} \right)^{-0,107}$$

$$De = 0,88 (h \cdot b)^{\frac{1}{2}}$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$b = 6 \text{ mm}$$

$$de = 0,808 (100\text{mm} * 6\text{mm})^{1/2}$$

$$de = 19,79\text{mm}$$

$$K_b = \left(\frac{19,79}{7,62}\right)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,90$$

El factor (K_c) es:

$$K_c = 0,93$$

Factor de (K_d) es el siguiente:

$$K_d = 1$$

Factor de (K_e):

$K_e = 0.753$; Cantidad obtenida del anexo B

Factor (K_f).

Para obtener este factor se consigue primeramente algunos datos que se mencionan a continuación

$Q = 0,8$ = dato tomado del anexo C

D = diámetro = 14mm

H = espesor = 60mm

K_t = Factor de esfuerzo.

K_{tf} = Factor esfuerzo de flexión.

K_{tt} = Factor de esfuerzo de tracción.

K_{FF} = Efectos varios para flexión

K_{FT} = Efectos varios para tracción

$$\frac{D}{H} = 2,33$$

$$\frac{14}{100} = 0,14$$

Para flexion el valor de $kt = 1,62$, valor obtenido del anexo E

$$\frac{D}{w} = 0,14$$

Para tensión el valor de k_t es 2,6 , cantidad obtenida del anexo D

$$k_F = 1 + Q(k_t - 1)$$

$$K_{FF} = 1 + 0,8(1,62 - 1)$$

$$K_{FF} = 1,49$$

$$k_{FT} = 1 + 0,8(2,6 - 1)$$

$$k_{FT} = 2,28$$

$$S_e' = 0,5 S_{ut}$$

$$S_e' = 0,5 (400MPa)$$

$$S_e' = 200MPa$$

$$S_e = S_e' . K_a . K_b . K_c . K_d . K_e . K_f$$

$$S_e = 200MPa * 0.78 * 0,90 * 0.93 * 1 * 0.753 * 2,28$$

$$S_e = 224.17Mpa.$$

Al momento de aplicar cargas combinadas se tiene:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(kfa * \sigma_{Fam} + Kff * \sigma_{m2})^2 + 3(kfa * \tau_c + Kff * \tau_t)^2}$$

$$\sigma_{Fam} = \tau_c = \tau_t = 0$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(Kff * \sigma_{m2})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(1,49 * 7,94 * 10^5 Pa)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 1183060 Pa$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(kfa * \sigma_{Fam} + Kff * \sigma_{m2})^2 + 3(kfa * \tau_c + Kff * \tau_t)^2}$$

$$\sigma_{m2} = \tau_c = \tau_t = 0$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(kfa * \sigma_{Fam})^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(2.28 * 1,6 * 10^6 Pa)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 3648000Pa$$

Cuando aplicamos Soderberg determinamos un facto de seguridad de:

$$S_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{1183060 \text{ Pa}}{224.17 \text{ Mpa}} + \frac{3648000 \text{ Pa}}{250 \text{ MPa}} = \frac{1}{n}$$

$$n = 15$$

Con el valor obtenido se concluye que la placa base para el amortiguador del sistema de suspensión se ha determinado de la mejor manera porque el factor de seguridad encontrado está sobredimensionado lo que asegura una gran confiabilidad.

3.12 Geometría del sistema de suspensión.

En esta sección del documento se da a conocer las geometrías de los componentes con sus funciones que cumple dentro del sistema de suspensión que se implementa prototipo tipo buggy, cabe mencionar que dichas geometrías se diseñaron en el software "SOLIDWORKS".

3.12.1 Geometría de la mesa de suspensión.

La mesa de suspensión es aquel componente encargado de vincular el chasis del vehículo a la mangueta, para la suspensión delantera se dispone de una mesa de suspensión para cada neumático.

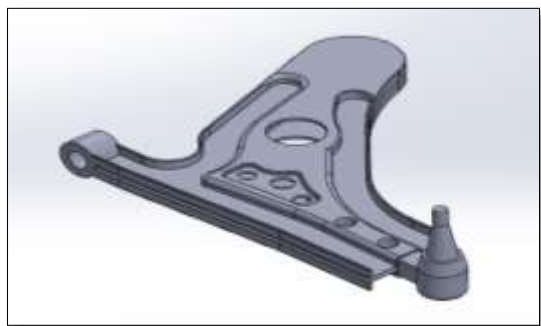


Figura 34-3: Geometría de la mesa

Realizado por: Autores, 2019

3.12.2 *Conjunto amortiguador –muelle.*

Este conjunto es el encargado de asimilar principalmente las vibraciones causadas por las imperfecciones del terreno e incluso diferentes elementos elásticos, transformando en calor la energía causada por las oscilaciones.

El conjunto muelle amortiguador pertenece al automóvil Aveo Family 1.5L este amortiguador se encuentra ubicado en el eje delantero de dicho vehículo. Se escogió este amortiguador debido a su fácil anclaje con el resto de componentes no hay inconvenientes entre la mesa de suspensión y el chasis del prototipo al momento de ensamblar.

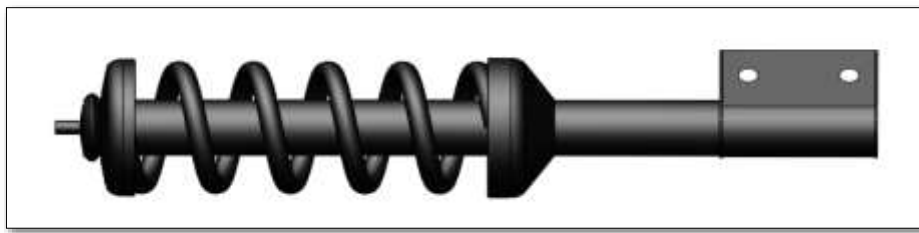


Figura 35-3: Geometría amortiguador-muelle

Realizado por: Autores, 2019

3.12.3 *Mangueta del sistema de suspensión*

Se encargada de acoplar el neumático con la mesa del sistema de suspensión, también sirve como soporte en el neumático, se construida por lo general de acero o aleaciones.

Para la suspensión frontal se seleccionaron manguetas del Chevrolet Aveo Family 1.5L. Además, esta mangueta es de fácil acoplamiento para el tipo de suspensión elegida. Además estas manguetas pueden resistir un peso aproximado de 1050 Kg, esto quiere decir que las manguetas adquiridas pueden resistir sin inconvenientes el peso del prototipo.



Figura 36-3:Mangueta de suspensión

Realizado por: Autores, 2019

3.12.4 *Rótula*

Su función fundamental es la de acoplar y fijar la suspensión, permitiendo pivotar y girar los neumáticos, estas rótulas son fijadas por medio de pernos con roscados interiores o exteriores.

Las rótulas que se usaran en la suspensión delantera son del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L, se eligieron estas rótulas por el sencillo acoplamiento en la mesa de suspensión. Para elegir la rótula se tuvo en consideración el peso del vehículo que es de 1050 Kg, esto da la confiabilidad para ser implementada dentro del sistema de suspensión para el buggy.



Figura 37-3: Geometría de la rótula de la suspensión delantera

Realizado por: Autores, 2019

3.12.5 *Anclajes.*

Su función principal es brindar un buen soporte para las mesas de la suspensión delantera y al amortiguador.



Figura 38-3: Anclaje de mesa

Realizado por: Autores, 2019

3.12.6 *Anclaje amortiguador-muelle*

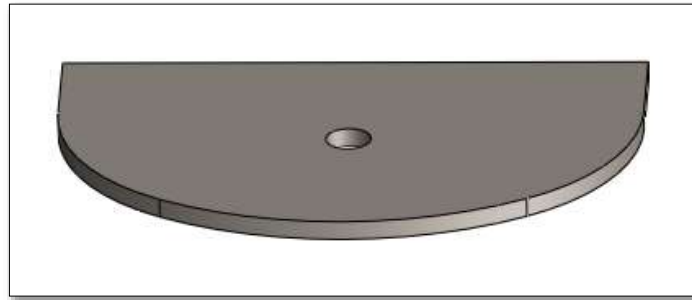


Figura 39-3: Anclaje del amortiguador- muelle

Realizado por: Autores, 2019

3.13 Análisis de los componentes de suspensión

Luego de obtener las geometrías de los elementos del sistema de suspensión delantera en el software de diseño CAD que se va a implementar en el vehículo híbrido tipo buggy, a continuación, se realiza el análisis de cada componente utilizando el estudio de métodos finitos con el cual se determina el análisis en función del esfuerzo, deformación y factor de seguridad, para ello lo realizamos en el software ANSYS.

3.13.1 *Análisis por medio de método de elementos finitos.*

Este método permite determinar soluciones para distintos problemas que se presentan en ingeniería utilizando aproximaciones a ecuaciones diferenciales. En varias empresas este método es empleado gradualmente para el análisis y posteriormente obteniendo una continua mejora de proyectos y servicios.(Mirlisenna, 2016)

3.13.2 *Funcionamiento del método de elementos finitos*

El diseño del componente que será sometida al análisis se le aplica restricciones y cargas, la pieza es dividida en secciones más pequeñas, las mismas que se conocen como “elementos”, que manifiestan el problema, con dicha división se facilita a resolución de problemas difíciles, esto permite que el software realice la simulación con mayor eficiencia.

Este método ejecuta un infinito número de constantes que no se conocen los cuales se intercambian con número limitados de elementos, a los cuales les definiremos adecuadamente y pueden presentarse en forma de triángulo, cuadrículas, etc., estas dependen del tamaño y forma de los componentes que se va a analizar, para este estudio la cantidad de elementos se define de acuerdo al método en este caso denominado elementos finitos. (Mirlisenna, 2016)

Dichos elementos se encuentran conectados por puntos, los mismos que son denominados como nodos a un conjunto de elementos y los nodos son conocidos como mallas, de acuerdo al número de subdivisiones a las que sea aplicada la pieza, el comportamiento del componente de la suspensión las resolverán las ecuaciones pero no de modo exacto, este método lo realiza de manera aproximada, si se quiere un análisis más exacto depende de la calidad de la malla, número de elementos, tamaño y tipo de elementos, por lo general si los elementos cuentan con un mallado más pequeño, los cálculos que se realice por medio de este software serán determinados con mayor exactitud. (Mirlisenna, 2016)

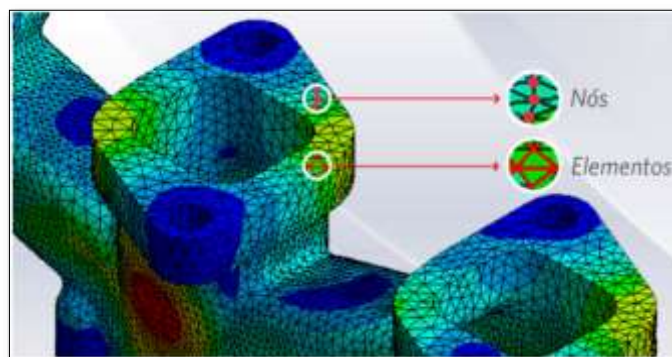


Figura 40-3: Elementos finitos

Fuente: (Valdez, 2006)

3.14 Análisis de los elementos de la suspensión.

En este capítulo se determinará el estudio de deformación, esfuerzos y el factor de seguridad, los cuales van a ser aplicados en el análisis estático estructural del software ANSYS con las cargas que se mencionaron en el capítulo anterior del presente proyecto.

3.14.1 Mesa de suspensión frontal

El análisis de la mesa de la suspensión delantera del buggy se la realiza aplicando las cargas que se presentan en el neumático, en la rótula de suspensión y con una buena calidad del mallado como se mostrara en las tablas a continuación:

Tabla 18-3: Fuerzas que se presentan en la mesa de suspensión

Fuerza Aplicada	Equivalencia	Aplicación
F_{1y}	352,88 kg	Fuerza aplicada en el neumático en y
F_{1x}	68,59 kg	Fuerza aplicada en el neumático en x
F_{2x}''	68,56 kg	Fuerza aplicada en la rótula en x
F_{2y}'	1,91 kg	Fuerza aplicada en la rótula en y

Realizado por: Autores, 2019

Tabla 19-3: Características y calidad de mallado

CALIDAD DE MALLADO	
Pertinencia	100
Función de tamaño	Adaptado
Centro de relevancia	Multa
Transición	Lento
Centro de ángulo de span	Multa
Suavizado	Alto
Promedio	0,82206
Nodos	838717
Elementos	582910

Realizado por: Autores, 2019

3.14.1.1 Esfuerzo equivalente.

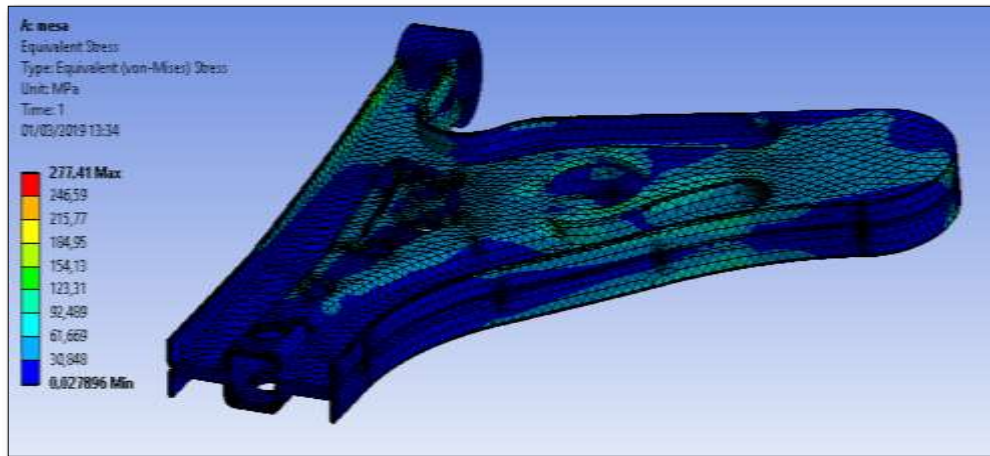


Figura 41-3: Esfuerzo equivalente de la mesa

Realizado por: Autores, 2019

En la mesa de la suspensión se encuentra un esfuerzo equivalente máximo de 277,41 Mpa, en comparación al límite elástico de 315 Mpa que corresponde al material.

3.14.1.2 Deformación total.

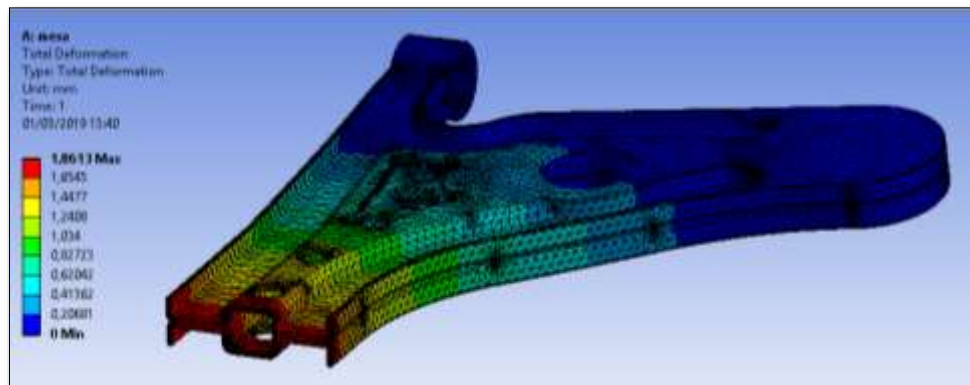


Figura 42-3: Deformación total de la mesa

Realizado por: Autores, 2019

Visualizando en la figura anterior del estudio de deformación, se encuentra una deformación total de 1,8613 mm en la sección de color rojizo.

3.14.1.3 Factor de seguridad.

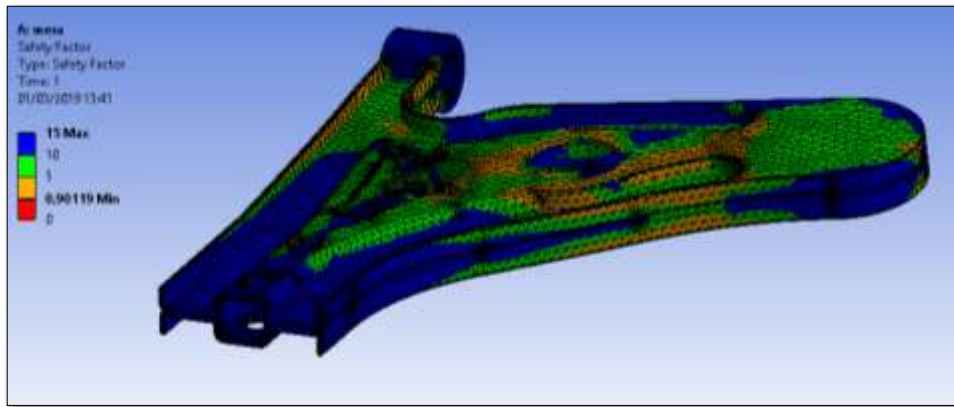


Figura 43-3: Factor de seguridad

Realizado por: Autores, 2019

Analizando el elemento para el factor de seguridad muestra cómo un valor mínimo de 0,90119 y un factor de seguridad máximo de 15, por lo cual el diseño del componente es aceptable.

3.14.2 Análisis en la mangueta de suspensión delantera.

Para analizar la mangueta de la suspensión delantera se realiza dividiendo la fuerza de frenada para las cuatro neumáticos $T_{lcf} = 165,78 \text{ kg}$. También, se determinará la fuerza lateral y longitudinal que se aplica en los neumáticos, teniendo una calidad y características de mallado mostradas en la tabla siguiente.

Fuerza Longitudinal.

$$F_{lo} = \frac{H \cdot P_t \cdot a}{b} + P_t \quad (18)$$

Por lo tanto:

F_{lo} = Fuerza longitudinal

H = altura del CG

a = desaceleración

b = longitud

$$F_{lo} = \frac{(0,45m.) (1050kg) \left(8,33 \frac{m}{s^2}\right)}{2,28m} + 9800N$$

$$F_{lo} = 1726,3N + 9800N$$

$$F_{lo} = 11526,3N/4 \text{ NEUMATICOS}$$

$$F_{lo} = 2881,57N$$

Fuerza Lateral.

$$F_{la} = \frac{Pt \cdot a^2}{r} + Pt \quad (19)$$

Donde:

Fla= Fuerza lateral

Pt= Peso total

a = desaceleración

r = radio

$$F_{la} = \frac{(1050kg)(13,88 \frac{m}{s})^2}{13m.} + 9800N$$

$$F_{la} = 15560,54 N /2 lados$$

$$Fla = 7780,27 N$$

Tabla 20-3: Características y calidad de mallado.

CARACTERISTICAS Y CALIDAD DE MALLADO	
Pertinencia	75
Función de tamaño	Adaptado
Centro de relevancia	Multa
Transición	Lento
Centro de ángulo de span	Multa
Suavizado	Alto
Promedio	0,83481
Nodos	966789
Elementos	699781

Realizado por: Autores, 2019

3.14.2.1 Esfuerzo equivalente

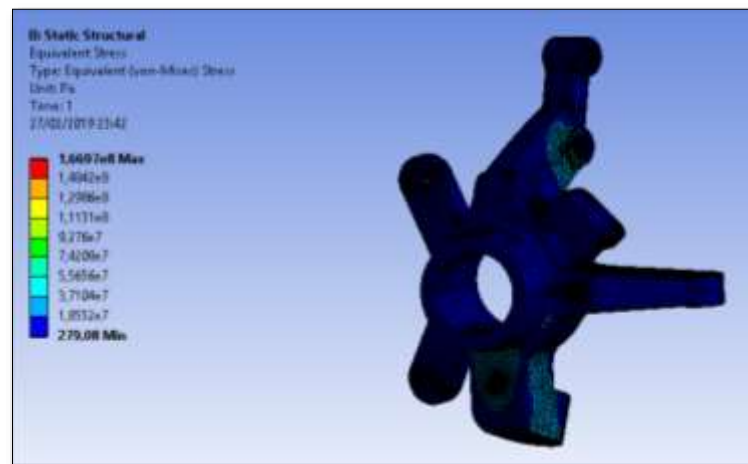


Figura 44-3: Esfuerzo equivalente

Realizado por: Autores, 2019

Se obtiene del estudio del esfuerzo en la mangueta una magnitud de 166,97Mpa que en comparación con límite elástico del material que es 310 Mpa.

3.14.2.2 Deformación

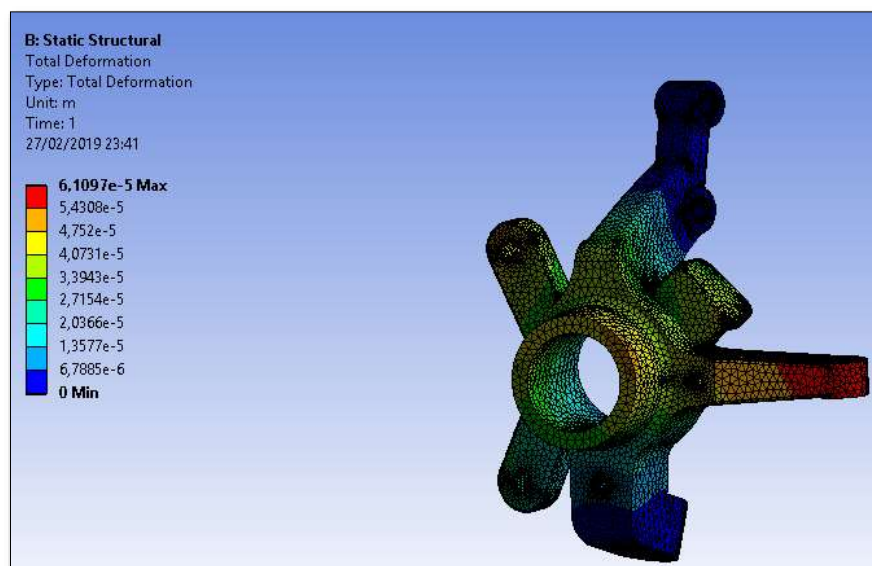


Figura 45-3: Deformación total

Realizado por: Autores, 2019

En la figura anterior se observa que la deformación de la mangueta equivale a 0,061 mm, dicha magnitud es muy baja por lo que el componente resistirá condiciones de trabajo a las que sea sometido el mismo.

3.14.2.3 Factor de seguridad.

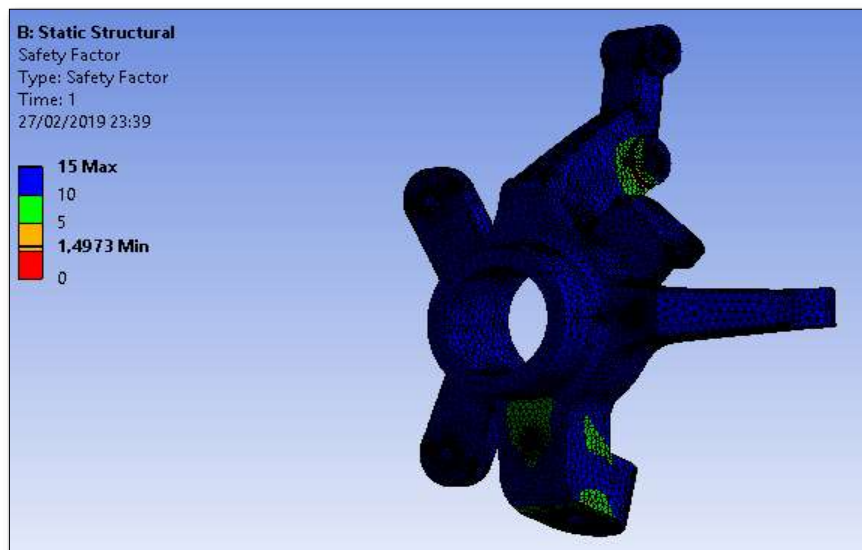


Figura 46-3: Factor de seguridad de la mangueta

Realizado por: Autores, 2019

El análisis de la mangueta en cuanto al factor de seguridad se refiere se obtiene como mínimo de 1.4973, es decir el componente es aceptable para su implementación en el prototipo.

3.14.2.4 Resultados en la mangueta de suspensión.

Los análisis del estudio de la mangueta de suspensión delantera dan como resultados los siguientes valores que se muestran en la siguiente la tabla.

Tabla 21-3: Resultados en la mangueta de suspensión delantera

RESULTADOS	
Factor de Seguridad	1.4973
Esfuerzo	166,97Mpa
Deformación Total	0,061 mm

Realizado por: Autores, 2019

3.14.3 Analisis de la Rótula

Para el análisis la rótula del sistema de suspensión delantera se considera la fuerza ejercida por el neumático y la fuerza aplicada en la rótula, de la misma manera se tiene una calidad y propiedades de la malla óptimas, que se presentan a continuación:

Tabla 22-3: Cargas ejercidas en la rótula

Carga	Magnitud	Eje
F_{1y}	352,88 kg	Fuerza en el neumático aplicada en y
F_{1x}	68,59 kg	Fuerza en el neumático aplicada en x
F_{2x}''	68,56 kg	Fuerza de la rótula aplicada en x
F_{2y}'	1,91 kg	Fuerza de la rótula aplicada en y

Realizado por: Autores, 2019

Tabla 23-3: Características y calidad de mallado

Características y Calidad de Mallado	
Pertinencia	100
Función de tamaño	Adaptado
Centro de relevancia	Multa
Transición	Lento
Centro de ángulo de span	Multa
Suavizado	Alto
Promedio	0,82789
Nodos	169935
Elementos	117819

Realizado por: Autores, 2019

3.14.3.1 Esfuerzo equivalente

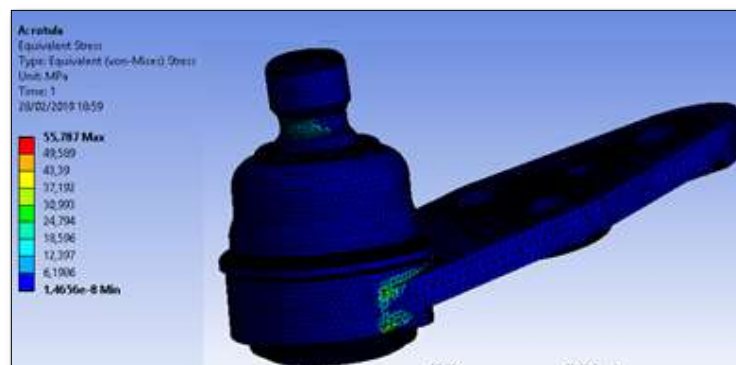


Figura 47-3: Estudio de esfuerzo en la rótula

Realizado por:

Al observar la figura del análisis de la rótula se determina un esfuerzo de 55,78 Mpa. Mientras que el material del componente de la suspensión tiene un límite elástico de 310 Mpa. Es decir que el elemento es óptimo para su implementación.

3.14.3.2 *Deformación total.*

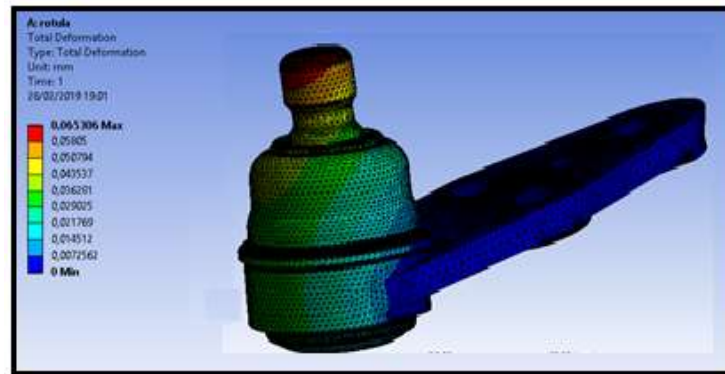


Figura 48-3: Deformación total

Realizado por: Autores, 2019

En el análisis de la rótula se observa que la deformación que se presenta es como máximo es 0,06530mm, lo que representa que la rótula es óptima para la implementación en el prototipo.

3.14.3.3 *Factor de seguridad.*

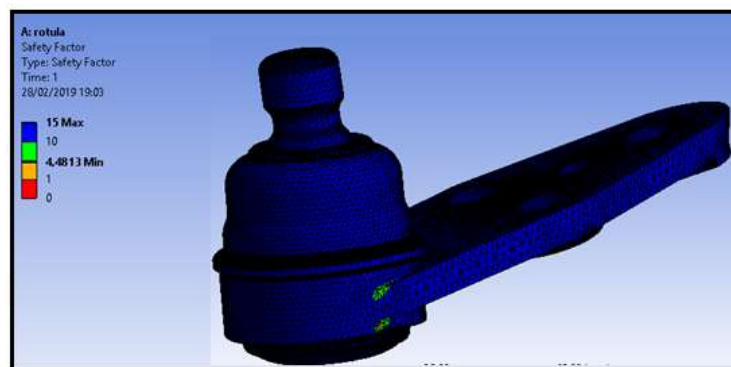


Figura 49-3: Factor de seguridad

Realizado por: Autores, 2019

Al apreciar la imagen anterior del factor de seguridad se puede identificar que la cantidad determinada como mínimo a la que va a estar sometida es de 4,4813, lo que se concluye que el componente es óptimo para su implementación en el proyecto.

3.14.3.4 Resultados

Los resultados que se obtienen en el análisis de la rótula se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 24-3: Resultados

Resultados en la rótula	
Esfuerzo	55,78 Mpa
Deformación Total	0,06530mm.
Factor de Seguridad	4,4813

Realizado por: Autores, 2019

3.14.4 Anclaje de la mesa de suspensión

El análisis de este componente se considera las reacciones que se presentan en la pieza de la rótula, las mismas que son divididas en sus componentes tanto para el eje X y para el eje Y, y también se las divide entre dos debido a que tenemos dos anclajes, considerando también la calidad y características del mallado que se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 25-3: Cargas aplicada

Carga	Cantidad	Eje
$F_{aix'x}$	67,30 kg	Fuerza aplicada en la rótula en x
$F_{aix'y}$	13,08 kg	Fuerza aplicada en la rótula en y
$F_{aiy'x}$	0,36 kg	Fuerza aplicada en la rótula en x
$F_{aiy'y}$	1,87 kg	Fuerza aplicada en la rótula en y

Realizado por: Autores, 2019

Tabla 26-3: Características y calidad de mado

Características y calidad de Malla	
Pertinencia	100
Función de tamaño	Adaptado
Centro de relevancia	Multa
Transición	Lento
Centro de ángulo de span	Multa
Suavizado	Alto
Promedio	0,94987
Nodos	112841
Elementos	24776

Realizado por: Autores, 2019

3.14.4.1 Esfuerzo equivalente

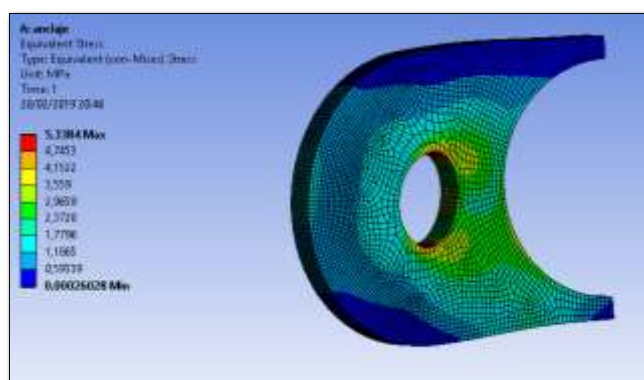


Figura 50-3: Esfuerzo en el anclaje de mesa de suspensión

Realizado por: Autores, 2019

En el análisis que se muestra en la imagen anterior se puede apreciar que se muestra un esfuerzo de 5,3384 Mpa, el material con el cual está diseñado este componente es de 250 Mpa. Lo que la pieza está muy por debajo por ello es óptimo para su construcción

3.14.4.2 Deformación total.

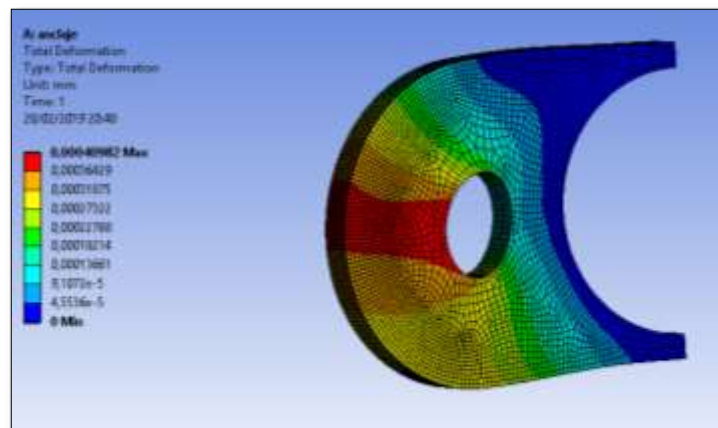


Figura 51-3: Deformación total

Realizado por: Autores, 2019

En la figura del análisis del anclaje de la mesa se muestra una deformación máxima de 0,0004098 mm. Lo que quiere decir, esta magnitud representa que es muy bajo, indicando que la construcción de este componente es confiable.

3.14.4.2.1 Factor de seguridad

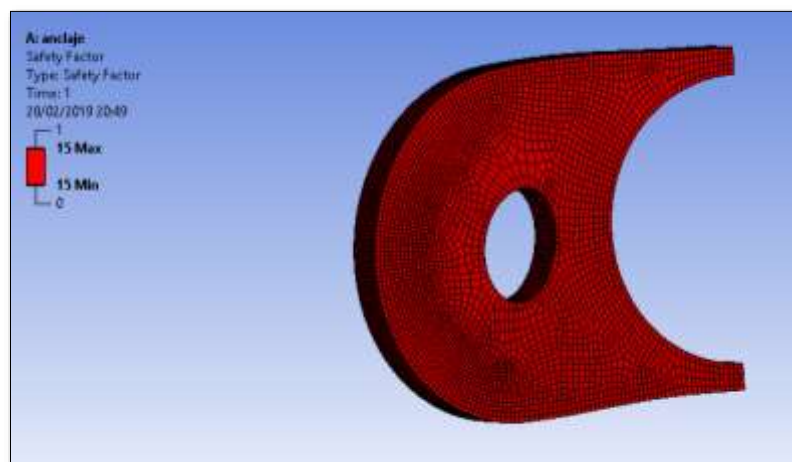


Figura 52-3: Factor de seguridad

Realizado por: Autores, 2019

En la figura del análisis del anclaje se muestra un valor de 15, lo que representa un factor mínimo, indicando que el elemento mencionado es muy confiable para el prototipo.

3.14.4.3 Resultados

En el análisis del componente anterior se obtienen los resultados que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 27-3: Resultados

Resultados	
Esfuerzo Equivalente	5,3384 Mpa
Deformación Total	0,0004098mm
Factor de Seguridad	15

Realizado por: Autores, 2019

3.15 Ensamble de componentes del sistema de suspensión delantera

Una vez que se analizaron los elementos del sistema de suspensión delantera, a continuación, se realiza un ensamble de los componentes mencionados, el ensamblaje se lo realiza en el programa denominado como SolidWorks.

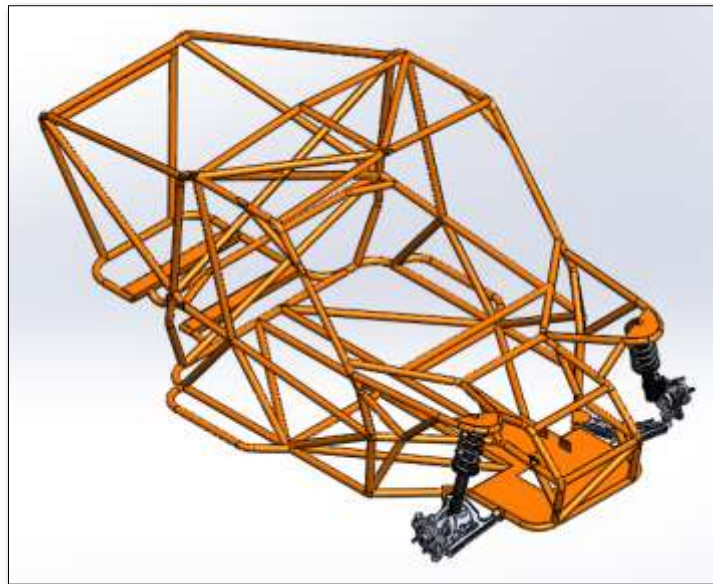


Figura 53-3: Ensamble del sistema de suspensión delantera

Fuente: Autores, 2019

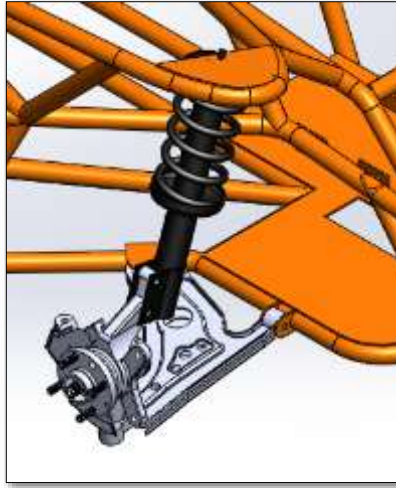


Figura 54-3:Ensamble suspensión delantera.

Realizado por: Autores

3.16 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Después de haber realizado los respectivos análisis y cálculos considerando el peso del vehículo biplaza, el diseño y la selección de los elementos, se procede a la implementación y construcción de los elementos que conformaran el sistema de trasmisión eléctrica y suspensión delantera de prototipo buggy biplaza.

3.17 Implementación del sistema del tren de transmision electrica

3.17.1 *Instalación del motor*

Para la instalación eléctrica del motor se procedió a colocar sus respectivas bases y fijar de manera adecuada alineando con el eje de trasmisión. El cual este acoplado por medio de un sistema diferencial de cono y corona al motor eléctrico.



Figura 55-3: Instalación del motor en sus bases

Realizado por: Autores, 2019

3.17.2 *Intalacion del modulo de control*

De igual forma que el motor se realizó sus respectivas bases para su fijación con el fin de que este tenga un sistema de refrigeración por aire.



Figura 56-3: Fijación del controlador

Realizado por: Autores, 2019

3.17.3 *Diagrama de instalación del motor y controlador*

Para la instalación eléctrica se procedió a través del diagrama de conexión eléctrica donde se detalla toda la instalación eléctrica del módulo de control con el motor y demás componentes del sistema eléctrico implementado en el prototipo biplaza.

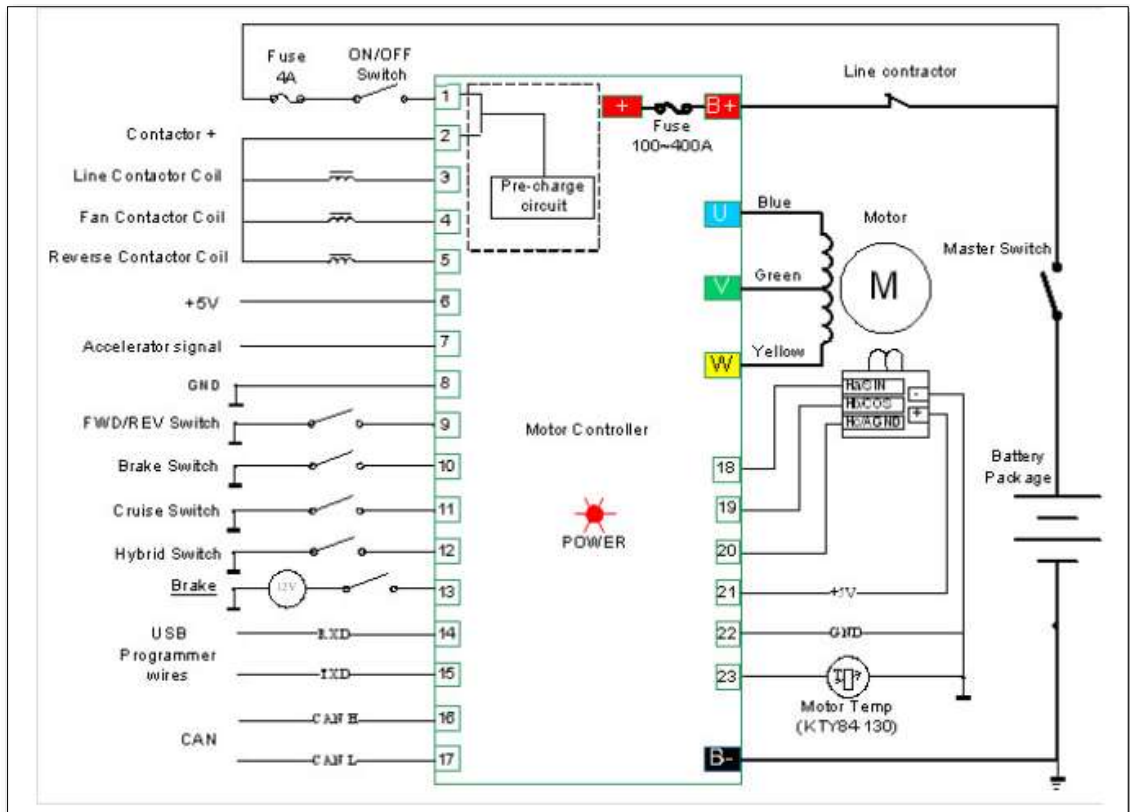


Figura 57-3:Diagrama eléctrico

Fuente: (Golden motors , 2015)

Realizado por: Autores, 2019

3.17.4 Esquema de instalación

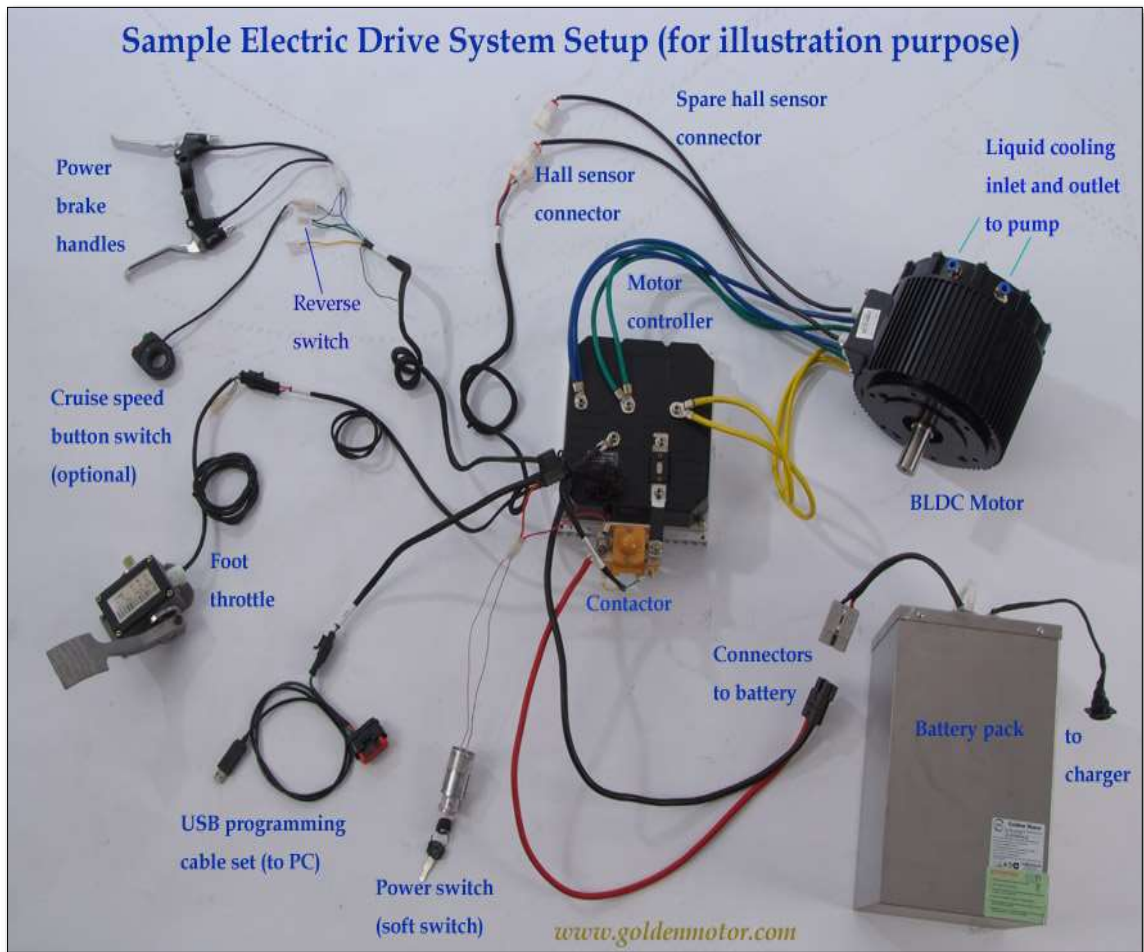


Figura 58-3: esquema de conexión

Fuente: (Golden motors , 2015)

Realizado por: Autores, 2019

3.17.5 Instalación del acelerador

Para instalar el acelerador se procedió a adquirir primero el pedal para acoplar un mecanismo de soporte para el sensor de posición del acelerador el cual cumple la función de un pedal electrónico.

3.17.6 Programación de parámetros de funcionamiento

Para la programación de parámetro de funcionamiento se realizó la adquisición y la instalación del software de la empresa Golden motor. A demás se enlisto los principales

parámetros de operación de un vehículo los cuales se detallan en las características del motor y modulo adquirido.

Para la programación del módulo se procedió a realizar los ajustes de funcionamiento del módulo de control y el motor para realizar las respectivas pruebas de pista.

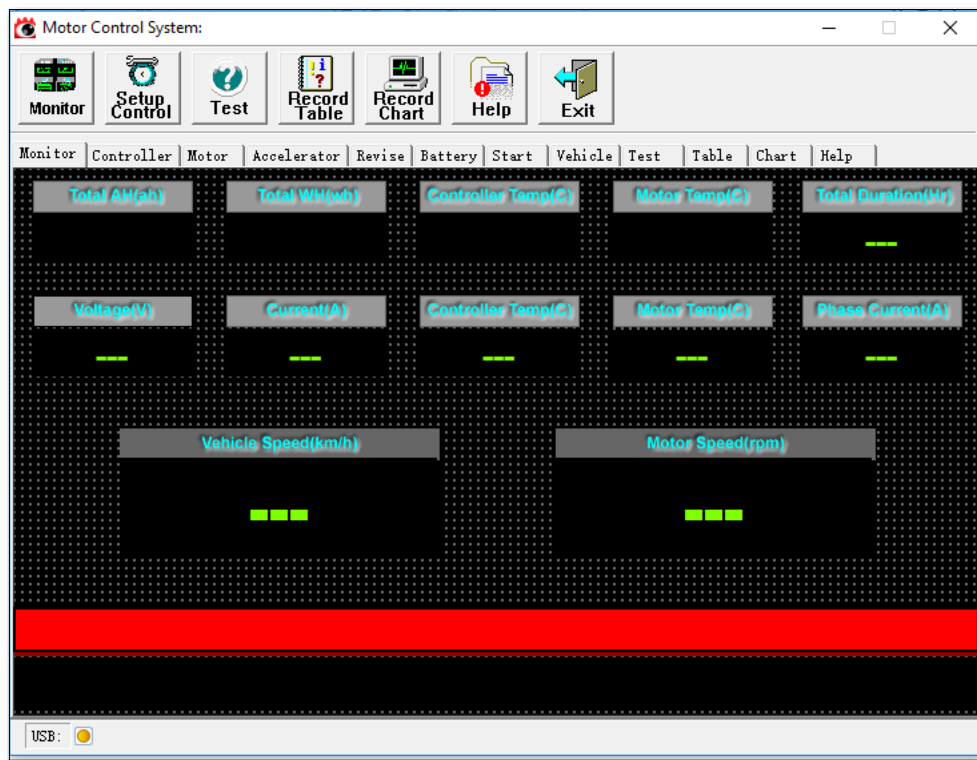


Figura 59-3: Ingresos de parámetros de funcionamiento

Realizado por: Autores, 2019

3.18 Construcción e implementación del sistema de trasmision delantera

Una vez analizado los componentes y observar los resultados de los mismos, se determinar que son óptimos para su implementación, lo que se concluye que los elementos del sistema de suspensión elegida son aptos para la construcción e implementación en el prototipo.

En la presente sección se esta parte se especificará de forma clara el material, el desarrollo, las máquinas y herramientas que se aplican en la construcción e implementación del sistema suspensión delantera del prototipo buggy.

3.18.1 *La capacidad del taller.*

La dimensión y capacidad del taller es de suma importancia para la construcción e implementación del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera, para realizar este proceso se requiere que dicho taller cuente con las máquinas y herramientas necesarias para realizar los diferentes trabajos como el plegado del perfil tubular con exactitud para los soportes de la suspensión mencionada

Es necesario que las máquinas y herramientas se encuentren en buen estado para el proceso de finalización de los componentes de la suspensión, esto reducirá el tiempo en que se desarrollara la construcción de piezas.

Máquinas y Herramientas

- Máquina de Torneado
- Máquina para plegar
- Una Amoladora
- Un Esmeril
- Taladro
- Juego brocas
- Máquina de Soldar tipo MIG
- Oxicorte
- Herramientas de medida: calibrador, flexómetro, escuadras.
- Caja de llaves y dados

3.19 Construcción de piezas

3.19.1 *Medición y trazado de piezas*

En esta parte se basa del diseño de los elementos del sistema de suspensión que se realizó en el software, para esto se considera la pérdida de material en exceso al hacer el corte y obtener las dimensiones del plano. Para ejecutar el diseño de las piezas se utilizan herramientas tales como, un flexómetro, un calibrador, escuadras, etc.



Figura 60-3: Diseño de las platinas

Realizado por: Autores, 2019

3.19.2 *Corte de perfiles y placas*

Diseñado el trazado de los tubos y las placas a continuación se realizó el corte de las mismas. Para el proceso de corte se utiliza con una cortadora eléctrica, con la cual se logra obtener un corte limpio y preciso.



Figura 61-3: Corte de tubos

Realizado por: Autores, 2019

El corte de la placa se lo realiza utilizando cortadora por oxiacetileno, con esta máquina se alcanza un corte de geometría exacta y rápida, obteniendo también un acabado de la pieza muy bueno.



Figura 62-3:Corte con oxiacetileno

Realizado por: Autores, 2019

3.19.3 *Acabado superficial de las piezas*

Para eliminar exceso de material del corte se realiza un acabado superficial, se desbasta las rebabas con la acción de pulido para darle a la superficie un mejor acabado. Para realizar esta acción se utiliza un esmeril, con el cual se consigue tener las dimensiones trazadas.



Figura 63-3: Acabado superficial de piezas

Realizado por: Autores, 2019

3.19.4 *Preparación de tubos para las bases de amortiguadores*

Una vez cortado los tubos con las dimensiones requeridas a continuación se efectúa el perfilado para lograr la geometría exacta, para realizar el proceso de soldado al chasis, y así fijarlos con un buen de forma correcta.



Figura 64-3: Base del amortiguador

Realizado por: Autores, 2019

3.20 Implementacion del sistema de la suspensión.

3.20.1 Mesa

Se eligió la mesa del Chevrolet Aveo Family 1.5L ya que cumple las condiciones requeridas, este está fijado al chasis por medio de dos bujes al anclaje de material ASTM A36 que se fija por medio de pernos.



Figura 65-3:Mesa

Realizado por: Autores, 2019

La mangueta la rótula y el amortiguador son seleccionados del mismo vehículo ya que el conjunto es de fácil accesibilidad y cumplen con los requisitos óptimos para el prototipo. Y ya están diseñados para un funcionamiento en conjunto de tal manera brindan un buen desempeño al mismo.



Figura 66-3:Conjunto mangueta rotula

Realizado por: Autores, 2019

3.20.2 *Anclajes de las mesas*

Para construir los anclajes de la mesa de suspensión se utiliza una paca de acero estructural al carbono ASTM A-36 con 5mm de espesor y dimensiones dispuestas en el plano establecido.



Figura 67-3:Anclaje de la mesa

Realizado por: Autores, 2019

En la construcción de los anclajes se realizan perforaciones para posteriormente ensamblar por medio de un perno esta tenga un movimiento de la mesa de suspensión.



Figura 68-3:Taladrado de anclajes

Realizado por: Autores, 2019

3.20.3 *Base del amortiguador- muelle*

Para la construcción de la base para el conjunto muelle-amortiguador se utiliza una placa de acero estructural ASTM A-36 de 5 mm de espesor.



Figura 69-3:Base del amortiguador

Realizado por: Autores, 2019

Se coloca los amortiguadores del vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5L en la posición deseada con el fin que cumpla su función de mejor manera para un buen funcionamiento del prototipo y sin inconvenientes.



Figura 70-3: Amortiguador-muelle del Aveo family 1.5L

Realizado por: Autores, 2019

3.21 Pruebas y resultados

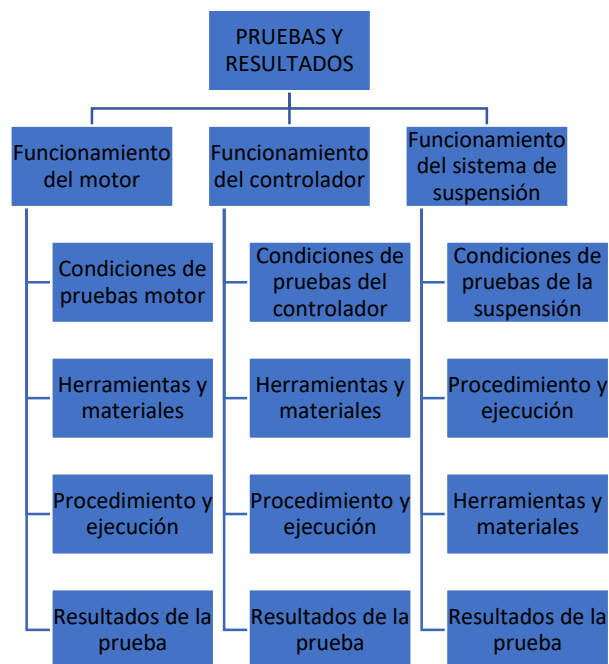


Gráfico 14-3: pruebas y resultados

Realizado por: Autores, 2019

3.21.1 *Funcionamiento del controlador*

El módulo de control es el encargado del desempeño y funcionamiento del motor eléctrico, ya que este se puede ajustar de acuerdo a los requerimientos del prototipo.



Figura 71-3: Modulo de control

Realizado por: Autores, 2019

3.21.1.1 Condiciones de pruebas motor

La prueba se realizó en las instalaciones de la ESPOCH con la cual se analizó parámetros de consumo de corriente(A) del motor eléctrico, principalmente en las salidas del prototipo.

3.21.2 Herramientas y materiales

- Laptop (instalado el software del módulo de control)
- Cable de programación
- Motor eléctrico
- Baterías

3.21.3 Procedimiento y ejecución

La prueba se realizó con el banco de baterías de níquel hidruro metálico con una carga de no menor a 96 V de lo contrario se tendrá inconvenientes en el funcionamiento. Para lo cual se conectó el cable de programación con el cual se puede modificar parámetros en tiempo real y ajustar el módulo modificando datos tales como:

- Voltaje batería Min.
- Voltaje batería Max.
- Control de salida en torque.
- Control de aceleración.

- Consumo de corriente Max.
- Consumo de corriente min.

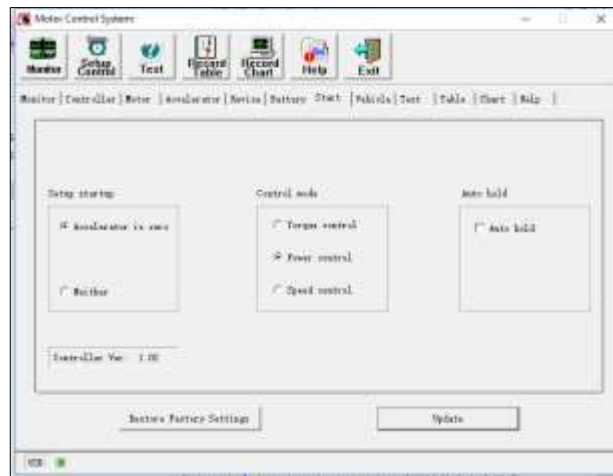


Figura 72-3: Parámetros del controlador

Realizado por: Autores, 2019

3.21.4 *Resultados de la prueba*

El prototipo híbrido al estar sometido a distintas cargas e irregularidades de diseño, el controlador es el encargado de transmitir una corriente e intensidad regulada según los requerimientos del motor eléctrico, al modificar parámetros de torque o potencia al salir se puede observar un consumo de corriente en las salidas de 16 (A) por fase con un total de 43 A en torque y por otra parte al codificar el parámetro de potencia tenemos un consumo de 20 A , sin embargo, el controlador varia las corrientes ya que el motor esta equipado con un sensor de efecto hall que ayuda al funcionamiento del controlador por ende se ha cumplido con lo propuesto en los objetivos planteados.

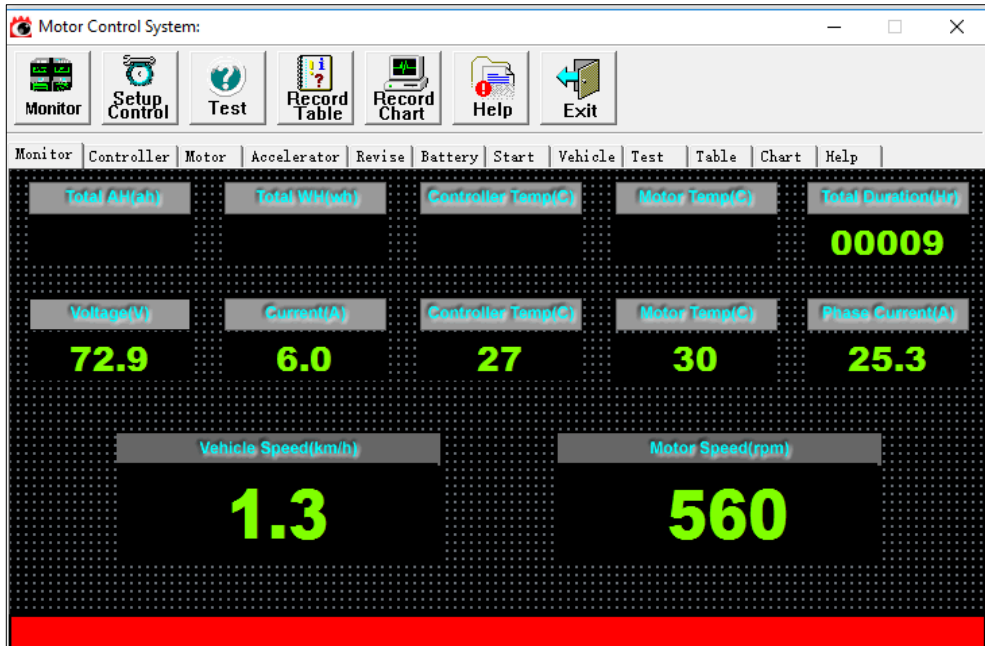


Figura 73-3: Resultados del módulo de control

Realizado por: Autores, 2019

3.21.5 Funcionamiento del motor

El motor eléctrico es el encargado del desplazamiento del prototipo ya que este acoplado al tren de transmisión por medio de un diferencial.



Figura 74-3: Prueba de funcionamientos

Realizado por: Autores, 2019

3.21.5.1 Condiciones de pruebas motor

La prueba se realizó en las instalaciones de la ESPOCH con la cual se analizó parámetros de consumo de corriente(A) del motor eléctrico, principalmente en las salidas del prototipo.

3.21.6 Herramientas y materiales

- Pinza amperimétrica
- Motor eléctrico
- Baterías

3.21.7 Procedimiento y ejecución

La prueba se realizó con el banco de baterías de níquel hidruro metálico con una carga de 96 V, se conectó a la unidad de potencia, se puso en movimiento el prototipo híbrido realizando pruebas de avance en las cuales se realizaron mediciones de consumo de corriente y velocidad que alcanza el prototipo.



Figura 75-3: Consumo de corriente en la salida

Realizado por: Autores, 2019

3.21.8 Resultados de la prueba

El prototipo híbrido al estar sometido a distintas cargas e irregularidades de diseño, el motor eléctrico necesita una alta corriente en las salidas alrededor de 90 (A) y en funcionamiento a una velocidad máxima de 20 km/h con un consumo de 20 A, sin

embargo, el motor debe vencer los esfuerzos que se calcularon para su desplazamiento mencionados en la tabla 28-3, al transmitir la fuerza de impulsión del motor por medio de un grupo diferencial se logra vencer estos esfuerzos por ende se ha cumplido con lo propuesto en los objetivos planteados.

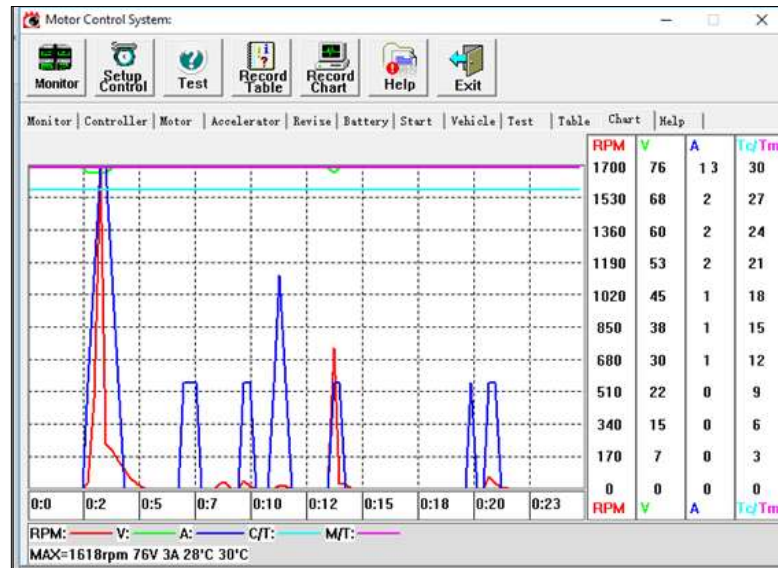


Figura 76-3: consumo en las salidas

Realizado por: Autores, 2019

3.21.8.1 Prueba de torque y potencia

Para esta prueba se realizó en cambio del parámetro en el software donde se seleccionó salida de torque, el cual brinda una mejor salida en pendientes.

3.21.8.2 Prueba de pista

Resultados:

Se hicieron pruebas de pista del vehículo solar en un recorrido de 1.5 km en el cual el tiempo de duración de las baterías fue unos 5 minutos aproximadamente debido al alto consumo de energía que los motores demandan al momento de la partida y debido al peso de la estructura, se realizaron diferentes mediciones como es el amperaje consumido al arranque, en avance y en reversa.

3.21.9 Funcionamiento del sistema de suspensión

El sistema de suspensión delantera minimiza los efectos que se transmite a los ocupantes a través de los neumáticos debido a las imperfecciones que se encuentran en la calzada.



Figura 77-3: pruebas del sistema de suspensión

Realizado por: Autores, 2019

3.21.9.1 Herramientas y materiales

Uso de espacio físico de la ESPOCH (caminos de la institución)

3.21.9.2 Condiciones

Un ciclo de conducción por las vías de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

- Circular por los rompe velocidades
- Circulación por el asfalto y vías de segundo orden.

3.21.9.3 Procedimiento y ejecución

Se colocó el prototipo en las vías de la ESPOCH verificamos que en la misma no se encuentren otros vehículos para evitar accidentes y contratiempos al momento de realizar la prueba, procedemos con el ciclo de conducción circulando tanto por el asfalto, camino adoquinado. Realizamos lo siguiente:

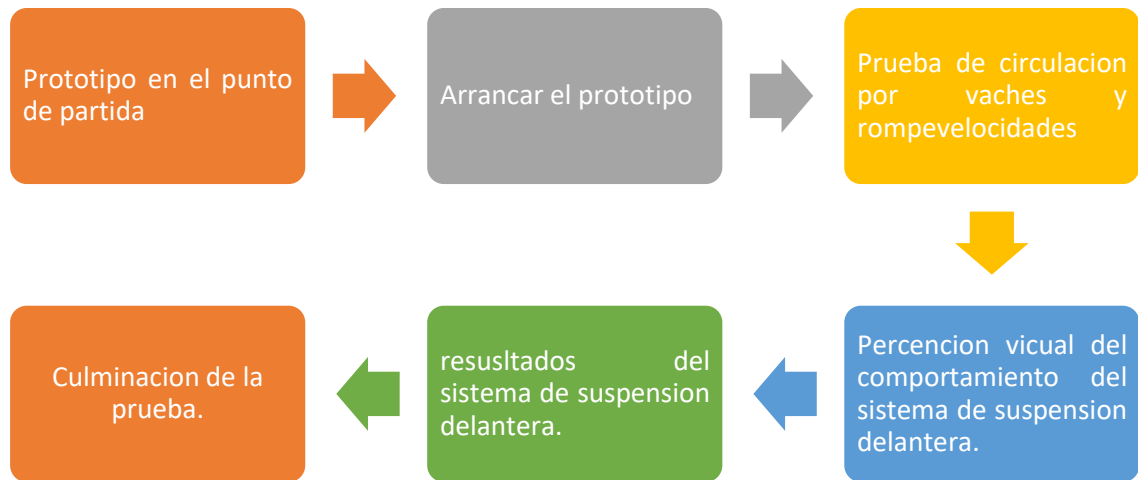


Gráfico 15-3: Procedimiento de pruebas

Realizado por: Autores, 2019

3.21.9.4 Resultados de la prueba

En la circulación por el rompe-velocidades se comprobó que el sistema de suspensión minimiza las irregularidades de la carretera haciendo que la conducción se realice de forma que brinda una buena estabilidad y confort hacia los ocupantes del vehículo híbrido tipo buggy 4x4.

El desplazamiento de la suspensión es de 70 mm lo cual se realizó elevando una de las llantas del prototipo y realizando su respectiva medición la cual esta próxima con el recorrido requerido de 100 mm establecido anteriormente.



Figura 78-3: suspensión derecha elevado a 300 mm

Realizado por: Autores, 2019



Figura 79-3: Lado izquierdo no elevado

Realizado por: Autores, 2019

Tabla 28-3: pruebas del sistema de suspensión delantera

PRUEBAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DELANTERA (X)			
EVALUAR	BUENO	REGULAR	MALO
Estabilidad en línea recta	√		
Estabilidad en virajes	√		
Confort	√		

Control del buggy	√		
No existen sonidos o vibraciones raros desde la rueda al habitáculo.	√		
No existen chirridos en las juntas de los elementos del sistema de suspensión delantera	√		

Realizado por: Autores, 2019

3.21.9.5 Conclusión

En la conducción del se apreció que el sistema de suspensión delantera trabaja adecuadamente teniendo una carrera del 70 % en relación a los requerimientos, lo que indicó un excelente funcionamiento de dicho sistema al circular por obstáculos de la carretera como un rompe-velocidades o irregularidades de la calzada debido a desgaste natural, notando una gran estabilidad y confort para el conductor y acompañante.

3.21.9.6 Control de calidad del sistema de suspencion

Tabla 29-3: Control de calidad

CONTROL DE CALIDAD			
Marca (√)			
COMPONENTE	BUENO	REGULAR	MALO
Mesa	√		
Amortiguador	√		
Mangueta	√		
Rotula	√		
Neumático	√		
Anclajes	√		
Buje	√		
Muelle helicoidal	√		
Torreta	√		

Realizado por: Autores, 2019

CAPÍTULO IV

4 COSTOS

En el diseño e implementación del sistema de suspensión y transmisión eléctrica para un prototipo buggy biplaza, intervinieron los costos directos e indirectos, los cuales son los desembolsos que influyen en el progreso de construcción del proyecto de titulación.

4.1 Costos directos

Los costos directos se los detalla como los gastos que influyen directamente en el proyecto de titulación, como la materia prima y la mano de obra.

Tabla 30-4: Costos directos

Cantidad	Descripción	Precio por unidad (USD)	Precio total (USD)
1	Motor DC	1250	1250
1	Controlador	900	900
1	Cable de programación	50	50
1	Tubos	18	18
14	Platinas de 5 mm	3	42
2	Amortiguadores	40	80
2	Muelles	35	70
2	Torreta	20	40
2	Mangueta	70	140
2	Mesa	20	40
3	Eje de transmisión	20	60
2	Homocinéticas	18	36
2	Triceta	16	32
2	Campanas	14	28
1	Mecanizado eje y soldaduras	300	300
		TOTAL	3086

Realizado por: Autores, 2019

4.2 Costos indirectos

Son aquellos costos que no son medibles ni cuantificables y por lo tanto no influyen directamente en el trabajo de titulación, pero igual manera se debe toma en cuenta en el proceso del mismo.

Tabla 31-4: Costos indirectos

Descripción	Precio total (USD)
Transporte	300
Imprevistos	200
Documentación e investigación	150
Total	650

Realizado por: Autores, 2019

4.3 Costos totales

Tabla 32-4: costos totales

Descripción	Precio (USD)
Costos directos	3086
Costos indirectos	650
TOTALES	3736

Realizado por: Autores, 2019

CONCLUSIONES

- Mediante la revisión minuciosa de información pertinente de los diferentes tipos vehículos híbridos, se corroboró que la implementación de un motor eléctrico DC, controlador, transmisión por un grupo diferencial y un sistema suspensión delantera es adecuada para el prototipo buggy 4x4.
- Se calculó las condiciones de potencia y torque requeridos para el desplazamiento del prototipo de 15 Kw y 286,7 Nm respectivamente con el cual es suficiente para vencer las resistencias a la rodadura, resistencia a la pendiente y resistencia aerodinámica
- Se determinó los esfuerzos en los anclajes y bases del sistema de suspensión, para el mismo que se seleccionó un material ASTM A36 de 5 mm obteniendo un coeficiente de seguridad de 15 calculados en el software ansys y una deformación máxima de 0,003 mm.
- Para la selección del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera, se utilizó el método de ponderación seleccionando: un motor eléctrico (DC HPM-10KW tipo brushless), un controlador (HPC-500 200 A) y un sistema de suspensión McPherson ya que estos elementos son de bajo peso, presenta un tamaño moderado, de bajo costo y sobre todo es viable para la implementación en el prototipo híbrido 4x4.
- Las pruebas en el prototipo biplaza 4x4 se realizaron con un peso real de 1050 kg y un pack de baterías de níquel hidruro metálico con una corriente de 96 V 20 Ah las que permitieron de la unidad de potencia obteniendo una velocidad máxima de 20 km/h, se tuvo esta velocidad debido a que el peso del prototipo final es superior al de los cálculos y se produce un mayor consumo de energía elevado
- El motor conjuntamente con el controlador presentó un consumo de alrededor de 20 amperios en movimiento y en el arranque puede llegar hasta 90 amperios, las baterías tienen un amperaje máximo de 20 Ah, razón por la cual no abasteció esta demanda alta de corriente y se sacrifica el voltaje de la batería al mismo tiempo que el controlador regula la entrega de corriente hacia los motores.

RECOMENDACIONES

- Al momento de seleccionar los elementos del sistema a implementar tener en cuenta los parámetros que se deben cumplir para no tener inconvenientes al momento de adquirir los componentes y verificar que estos sean los adecuados y cumplan los requerimientos establecidos.
- Para el funcionamiento óptimo del prototipo híbrido 4x4, el pack de baterías deberá estar totalmente cargadas, y se deberá cargar en un rango de 15A como amperaje máximo de carga para poder alargar la vida útil de las baterías.
- Se recomienda realizar un estudio de la transmisión con el fin de mejorar el desempeño del prototipo híbrido 4x4 y obtener una mayor velocidad y autonomía.
- Fijar correctamente los parámetros en el controlador para tener un buen funcionamiento caso contrario el sistema no arrancara y también es indispensable colocar el cableado correctamente para evitar que se filtren corrientes o que se genere cortos por la mala sujeción de los terminales y deben estar colocados de tal manera que sea agradable a la vista.
- Al momento de seleccionar el material para los anclajes de la suspensión y bases del motor se debe tomar en consideración materiales existentes en el mercado del país caso contrario conllevaría costos adicionales debido a que se procedería a importarlos.
- Se recomienda al momento de colocar los anclajes del sistema de suspensión estos se encuentren ubicados simétricamente para evitar desniveles y un funcionamiento erróneo al momento de ensamblar el sistema.
- Al momento de ensamblar el motor y el eje de transmisión verificar que los piñones tanto del motor como del eje deben estar respectivamente alineado entre sí para evitar que se generen ruidos y esfuerzos innecesarios el monto de arrancar el motor y afectando al confort.

BIBLIOGRAFÍA

ABAD, Enrique. *Sistema de Suspensión.* Madrid España : EAE, 2015. pp. 23.

Adventures, Arctic. *Adventures.is.* [En línea] Enero de 2018. [Consulta: 12 de Febrero de 2019]. Disponible en: <https://adventures.is/iceland/day-tours/atvs-and-buggy/buggy-safari/>.

AGUEDA, Eduardo. *Sistemas de Transmision de fuerzas y trenes de rodaje [En línea].* Madrid-España : Paraninfo SA., 2012. pp. 45-57. Disponible en: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428339261/sistemas-de-transmision-de-fuerzas-y-trenes-de-rodaje-2-%C2%AA-edicion>

BARBECHO, Benito & PALACIOS, Guido. Diseño y construcción de un banco de determinación de centro de gravedad [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Cuenca : s.n., 2017. Disponible en: "<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14267/1/UPS-CT007015.pdf>"

BAUTISTA GONZALEZ, Thomas. *Circuitos de fluidos, Suspensión y Dirección* [En línea]. España: Idetex, 2017 pp. 30-50 Disponible en: "https://www.academia.edu/17178998/Circuitos_de_Fluidos.Suspensi%C3%B3n_y_Direcci%C3%B3n"

BUN-CA. *Manual Técnico de Motores Eléctricos [blog].* Costa Rica : San José,, 2011. Disponible en: "<http://www.bun-ca.org/publicaciones/manuales/UltimaVersion/Motores30Junio11.pdf>"

CALVO, Martín. *Mecánica del automóvil* [En línea]. Zaragoza : INO Reproducciones, S.A., 2003. pág. 44. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Mec%C3%A1nica_del_autom%C3%B3vil_actual.html?id=QUWEJdvweOsC&redir_esc=y

CROUSE, William H. *Mecánica del automóvil II* [En línea]. España : McGraw-Hill, Inc, 2003 pp. 30-35. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=GiBcTaBz5f8C&q=amortiguador&hl=es&source=gbs_word_cloud_r&cad=6 \l "v=snippet&q=amortiguador&f=false"

Curiosoando. Curiosoando híbrido. *que es un coche híbrido [blog].* 3 de Julio de 2014. [Consulta: 14 de Enero de 2019.] Disponible en: <https://curiosoando.com/que-es-un-coche-hibrido>.

FERNANDEZ, C. *Llantas de carbono y aluminio*. [En línea] 2 de Febrero de 2016. [Consulta: 5 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://blogs.km77.com/engendromecanico/bmw-m4-gts-llantas-de-carbono-y-aluminio/>.

RIERA ESPINOZA, Patricio. Trucaje y adaptacion de un sistema de suspension y direccion para un vehiculo tipo buggy de la formula automovilistica universitaria FAU. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniera). Riobamba : ESPOCH, 2010. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/938>

GARCÍA, Gilbert. *Componentes de la suspension*. [En línea] 2018. [Consulta: 18 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/componentes-de-la-suspension.php>.

Golden motors. *Golden Motors*. [En línea] Enero de 2015. [Consulta: 27 de Enero de 2019.] Disponible en: <https://www.goldenmotor.com/HPC%20Series%20Controller%20User%20Guide.pdf>.

GONZALES, Carlos. *suspension mcpherson*. Mexico : s.n., 2009 pp 55-60.

LOPEZ MARTINEZ, Jose Maria. *Vehículos híbridos y eléctricos*. Madrid : Dextra Editorial S.L., 2015 pp 38-60.

LUQUE, Pablo. *Ingeniería del automovil. sistemas y comportamiento dinamico*. Madrid-España : Paraninfo S.A., 2012. págs. pp 156-210.

LUQUE, Pablo; ÁLVAREZ, Daniel y VERA, Carlos. *Ingeniería del Automovil. Sistemas y Comportamiento Dinamico*. Madrid : Paraninfo S.A., 2012 pp 120-142.

MARTÍNEZ, Gil Hermógenes. *Manual práctico del autmóvil reparación, mantenimiento y prácticas*. MMXI/MMXII . Madrid : Cultura S.A., 2000.

MEHRDAD , Ehsani, y et. *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles*. Florida : CRC PRESS, 2010 pp 140-210.

Mirlisenna, Giuseppe. *Método de los elementos finitos ¿Qué es?* [En línea] 2016. [Consulta: 15 de Junio de 2018.] Disponible en: <https://www.esss.co/blog/es/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

MOLINA , Arturo. *Sistema de Suspensión*. [En línea] 30 de Mayo de 2012. [Consulta: 12 de Enero de 2019.] Disponible en: <http://art414.blogspot.com/2012/05/suspension.html>.

Perez, Miguel. *Circuito de fluidos. Suspension y direccion*. Madrid- Espana : Ediciones Paraninfo, S.A., 2018.

Planap. *¿Qué son los buggies?* [En línea] 20 de Febrero de 2012. [Consulta: 25 de Enero de 2019.] Disponible en: <https://www.planap.com/blog/buggies/que-son-los-buggies>.

SoloBuggys. *SoloBuggys.com.* [En línea] 28 de Enero de 2014. [Consulta: 15 de Enero de 2019.] Disponible en: <http://www.solobuggys.com/noticias/2014/01/que-es-un-buggy-y-cuales-son-sus-principales-caracteristicas/>.

tecnind2. Materiales de trabajo. *Tipos de excitación de un motor de corriente continua.* [En línea] 27 de Abril de 2015. [Consulta: 25 de Enero de 2019.] Disponible en: <https://maquinaselectricastecnind.wordpress.com/2015/04/27/tipos-de-excitacion-de-un-motor-de-corriente-continua/>.

Tecnologicos, Temas. *¿Me interesa un coche híbrido?* [blog] 26 de Julio de 2015. [Consulta: 17 de Enero de 2019.] Disponible en: <http://blog.temastecnologicos.com/2015/07/26/me-interesa-un-coche-hibrido/>.

tecvolucion. *Motor.* [En línea] 05 de Octubre de 2017. [Consulta: 15 de Enero de 2019.] Disponible en: <https://tecvolucion.com/que-es-un-motor-hibrido-y-que-tipos-hay/>.

VALDEZ, José. *Diseño y construcción de un sistema de suspensión delantera independiente para un vehículo tubular tipo "buggy" para uso en todo terreno.* (Trabajo de titulación). (Ingeniera). Sangolquí: Escuela Politecnica del Ejercito, 2006. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/819>

Weg. *www.weg.net.* [En línea] 2018. [Consulta: 22 de Enero de 2019.] Disponible en: https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Motores-EI%C3%A9ctricos/Trif%C3%A1sico---Alta-Tensi%C3%B3n/L%C3%ADneas-Dedicadas/Tracci%C3%B3n-EI%C3%A9ctrica/Locomotoras/Motores-de-Tracci%C3%B3n/p/MKT_WEN_TRACTION.