



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO CON MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE
PARA LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”**

GRANDES ANALUISA JOSÉ LUIS

TOTOY MONTERO PAÚL HERNÁN

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: Propuesta Tecnológica

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2019

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

GRANDES ANALUISA JOSÉ LUIS

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE PARA LA
COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”**

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. Vicente Javier Romero Hidalgo
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

TOTOY MONTERO PAÚL HERNÁN

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE PARA LA
COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”**

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. Vicente Javier Romero Hidalgo
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GRANDES ANALUISA JOSÉ LUIS

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE PARA LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”

Fecha de Examinación: 2019-01-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo DIRECTOR			
Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso 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: TOTOY MONTERO PAÚL HERNÁN

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE PARA LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”

Fecha de Examinación: 2019-01-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo DIRECTOR			
Ing. Edgar Vicente Rojas Reinoso 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 DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE EL ANÁLISIS CAE PARA LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON”** que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación técnica 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.

Grandes Analuisa José Luis

Cédula de Identidad: 230007992-4

Totoy Montero Paúl Hernán

Cédula de Identidad: 172290939-5

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Grandes Analuisa José Luis y Totoy Montero Paúl Hernán, declaramos que el presente trabajo presentado es de nuestra autoría y los resultados alcanzados en los diferentes análisis son auténticos y son únicos en cuanto al estudio realizado en el presente trabajo. En la parte investigativa se utilizaron textos y figuras de varios autores los cuales han sido referenciados y citados correctamente. Somos conscientes del hecho de no respetar derechos de autoría y hacer plagio, por lo tanto, asumimos con gran responsabilidad de cualquier irregularidad presentada por el incumplimiento de lo declarado.

Grandes Analuisa José Luis

Cédula de Identidad: 230007992-4

Totoy Montero Paúl Hernán

Cédula de Identidad: 172290939-5

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Sara y Wilinton, por guiarme y brindarme su apoyo incondicional para seguir adelante en mi formación profesional.

A mis hermanos y toda mi familia por sus palabras de apoyo para no rendirme ante los obstáculos.

A mis amigos y compañeros de trabajo del club Eco Kuntur.

GRANDES ANALUISA JOSÉ LUIS

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Nelson Hernán y Maria Elena, así como a mis hermanos Jairo y Alex, quienes han estado brindándome su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Del mismo modo se lo dedico a mis abuelitas, tíos, primos y demás familiares que junto con mis amigos y compañeros de trabajo han sabido darme todo el aliento que siempre necesite

TOTOY MONTERO PAÚL HERNÁN

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres y hermanos que en todo el transcurso de mi formación profesional han sido mi apoyo y fortaleza.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz quienes han sabido compartir sus conocimientos para formación de nuevos profesionales.

A los Ingenieros encargados del club Eco Kuntur

De igual manera todos mis amigos y compañeros de toda la Carrera de Ingeniería Automotriz

GRANDES ANALUISA JOSÉ LUIS

Agradezco a mis padres y hermanos y cada miembro de mi familia por siempre haber estado junto a mí en todo momento, siendo el baluarte en el que siempre me he apoyado para cumplir esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi universidad, docentes y compañeros, puesto que ellos supieron guiarme y formarme no solo como un profesional, sino también como una persona con valores.

Finalmente quiero agradecer a los miembros del Club Eco Kuntur, por todo el esfuerzo que pusimos todos, y por ayudarnos a cumplir este sueño.

TOTOY MONTERO PAÚL HERNÁN

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I.....	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
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 práctica</i>	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPITULO II	5
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes	5
2.1.1 <i>Shell Eco-Marathon</i>	5
2.1.1.1 <i>Historia</i>	5
2.1.1.2 <i>Categorías</i>	6
2.1.1.3 <i>Normativa Aplicable</i>	7
2.1.2 <i>Equipos participantes en Latinoamérica</i>	7
2.1.3 <i>Equipos participantes en Ecuador</i>	8
2.2 Estado del Arte	8

2.2.1	<i>Bastidor</i>	8
2.2.1.1	<i>Tipos de Bastidor</i>	8
2.2.2	<i>Carrocería</i>	11
2.2.2.1	<i>Tipos de Carrocería</i>	11
2.2.2.2	<i>Aerodinámica</i>	13
2.2.3	<i>Sistema de Dirección</i>	22
2.2.3.1	<i>Tipos de Sistemas de Dirección</i>	22
2.2.3.2	<i>Condición de Ackerman</i>	24
2.2.4	<i>Sistema de Frenado</i>	25
2.2.4.1	<i>Instalaciones</i>	26
2.2.4.2	<i>Clasificación</i>	27
2.2.5	<i>Motor Otto</i>	30
2.2.5.1	<i>Sistemas de Inyección</i>	31
2.2.6	<i>Neumáticos y Ruedas</i>	32
2.2.6.1	<i>La Rueda</i>	32
2.2.6.2	<i>Neumático</i>	33
CAPÍTULO III		34
3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	34
3.1	Parámetros de diseño.....	34
3.2	Diseño del prototipo.....	35
3.2.1	<i>Selección de motor</i>	35
3.2.2	<i>Selección del sistema de transmisión</i>	39
3.2.3	<i>Frenos</i>	41
3.2.4	<i>Selección de la forma de la carrocería</i>	42
3.2.5	<i>Diseño del Bastidor</i>	44
3.2.5.1	<i>Propuesta de diseño</i>	45

3.2.5.2	<i>Selección de materiales</i>	46
3.2.5.3	<i>Análisis Estático</i>	52
3.2.6	<i>Diseño de la Carrocería</i>	55
3.2.6.1	<i>Análisis Aerodinámico</i>	56
3.3	Construcción del Prototipo	58
3.3.1	<i>Construcción del Bastidor</i>	58
3.3.2	<i>Montaje del Tren de Potencia</i>	60
3.3.3	<i>Conversión del Sistema de Inyección Electrónica</i>	63
3.3.4	<i>Implementación del Sistema de presurización de Combustible</i>	69
3.3.5	<i>Construcción del sistema eléctrico</i>	70
3.3.6	<i>Implementación del sistema de frenos</i>	71
3.3.7	<i>Implementación del sistema de dirección</i>	72
3.3.8	<i>Construcción de la carrocería</i>	79
	CAPÍTULO IV	85
4	ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO	85
4.1	Costos directos	85
4.2	Costos Indirectos	88
4.3	Costos totales	88
	Conclusiones	91
	Recomendaciones	90
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Studebaker modificado de Greenshields.....	6
Figura 2-2: Bastidor de tipo Escalera	9
Figura 3-2: Chasis autoportante	9
Figura 4-2: Bastidor tubular.....	10
Figura 5-2: Chasis monocasco	11
Figura 6-2: Carrocería monovolumen	11
Figura 7-2: Carrocería de dos volúmenes	12
Figura 8-2: Carrocería de tres volúmenes.....	12
Figura 9-2: Fuerzas y momentos aerodinámicos que actúan sobre el vehículo	14
Figura 10-2: Coeficientes de arrastre para varios cuerpos.....	16
Figura 11-2: Viento relativos visto desde el motor del vehículo en el camino	16
Figura 12-2: Dirección tipo piñón cremallera	24
Figura 13-2: Geometría de la dirección	25
Figura 14-2: Freno de tambor	28
Figura 15-2: Freno de disco de mordaza fija	29
Figura 16-2: Freno de disco de mordaza flotante	30
Figura 1-3: Motor Honda GY6-QMB.....	36
Figura 2-3: Motor Honda GX 25	37
Figura 3-3: Motor Honda GX 35	37
Figura 4-3: Prototipo de BYU SMV, SEM Americas 2018	43
Figura 5-3: Prototipo de Microjoule-La Joliverie, SEM Europa 2018.....	43
Figura 6-3: Prototipo de Panjavidhya 1, SEM Asia 2018	44
Figura 7-3: Boceto preliminar del bastidor.....	45
Figura 8-3: Figura propuesta del diseño del bastidor	46
Figura 9-3: Forma propuesta para la carrocería.....	56
Figura 10-3: Fase inicial de construcción del bastidor	59
Figura 11-3: Bastidor reforzado con fibra de carbono.....	60
Figura 12-3: Primera desmultiplicación del sistema de transmisión	61
Figura 13-3: Segunda desmultiplicación del sistema de transmisión	62

Figura 14-3: Diagrama de bloques del tren de potencia	62
Figura 15-3: pernos del carburador para el nuevo cuerpo de aceleración	63
Figura 16-3: Nuevo cuerpo de aceleración	64
Figura 17-3: Instalación del sensor ECT	65
Figura 18-3: Ubicación del sensor de oxígeno con respecto al motor.....	66
Figura 19-3: Cableado del sistema de inyección electrónica de combustible	67
Figura 20-3: Diagrama de bloques del sistema de presurización de combustible.....	70
Figura 21-3: Esquema eléctrico implementado en el prototipo.....	71
Figura 22-3: Implementación de frenos de disco, rueda posterior del prototipo.....	72
Figura 23-3: Diseño CAD del mecanismo de la dirección	72
Figura 24-3: Cortes de sección transversal de madera para la base de la carrocería.....	79
Figura 25-3: Molde inferior de madera con la silueta de la carrocería.....	80
Figura 26-3: Molde inferior de madera cubierto con papel periódico.....	80
Figura 27-3: Capa de yeso para los moldes de la carrocería	81
Figura 28-3: Comparación de dimensiones entre el molde y el bastidor	81
Figura 29-3: Molde de yeso pintado	82
Figura 30-3: Capas de fibra de carbono sobre el molde de yeso	83
Figura 31-3: Conjunto de chasis y carrocería	83
Figura 32-3: Prototipo pintado.....	84

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Coeficiente de fuerza lateral en función del ángulo relativo del viento	18
Gráfico 2-2: Coeficiente de momento de cabeceo en función del ángulo de cabeceo ..	20
Gráfico 3-2: Coeficiente de momento en función del ángulo relativo del viento	21
Gráfico 1-3: Histograma de frecuencias de materiales empleados por otros equipos ...	49
Gráfico 2-3: Porcentaje de materiales utilizado por los equipos participantes	49
Gráfico 3-3: Distribución de Cargas a las que está sujeto el bastidor	53
Gráfico 4-3: Análisis de deformaciones en el bastidor	53
Gráfico 5-3: Análisis del factor de seguridad del bastidor	54
Gráfico 6-3: Análisis de presión sobre la carrocería a una velocidad de 9 m/s	57
Gráfico 7-3: Análisis de presión sobre la carrocería a una velocidad de 16 m/s	57
Gráfico 8-3: Cargas a las que está sujeta la dirección	73
Gráfico 9-3: Análisis de deformaciones sobre la dirección	74
Gráfico 10-3: Factor de seguridad y deformación sobre los bujes de la dirección I	74
Gráfico 11-3: Factor de seguridad y deformación sobre los bujes de la dirección II ...	75
Gráfico 12-3: Cargas a las que está sujeta la dirección cuando esta ha girado 20°	76
Gráfico 13-3: Análisis de deformaciones cuando esta ha girado 20°	77
Gráfico 14-3: Factor de seguridad de la dirección cuando esta ha girado 20°	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Fuerzas y momentos aerodinámicos.....	13
Tabla 2-2: Ventajas y Desventajas del sistema piñón cremallera.....	23
Tabla 3-2: Distribución de las fuerzas de frenado según su sistema	26
Tabla 1-3: Selección de motor, matriz de decisión.....	37
Tabla 2-3: Selección de transmisión, matriz de decisión.....	40
Tabla 3-3: Selección de sistemas de frenos, matriz de decisión	41
Tabla 4-3: Puntuación Z de acuerdo con el nivel de confianza	47
Tabla 5-3: Equipos participantes y materiales que utilizaron para su bastidor.....	48
Tabla 6-3: Frecuencias de los materiales ocupados por otros equipos concursantes	48
Tabla 7-3: Propiedades Mecánicas de Acero estructural ASTM A 500.....	50
Tabla 8-3: Propiedades Mecánicas de Aluminio 6063-T5	50
Tabla 9-3: Propiedades de Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono	51
Tabla 10-3: Selección de materiales para el bastidor, matriz de decisión	51
Tabla 11-3: Catálogo de tubo cuadrado, Aluminio 6063-T5	52
Tabla 12-3: Resultados del análisis estático	54
Tabla 13-3: Selección de materiales para la carrocería, matriz de decisión	55
Tabla 14-3: Relaciones de transmisión para las diferentes marchas del prototipo	61
Tabla 15-3: Tabla de componentes y pines del sistema de inyección	67
Tabla 16-3: Resultados obtenidos en los distintos análisis CAE.....	79
Tabla 1-4: Tabla de costos directos	85
Tabla 2-4: Tabla de costos indirectos	88
Tabla 3-4: Tabla de costos totales	88

RESUMEN

Con miras a la competencia Shell Eco Marathon, se diseñó y construyó un prototipo de alta eficiencia energética y grandes prestaciones mecánicas. Para el diseño se utilizó el método de elementos finitos, utilizando software especializado de diseño y simulación. Esta propuesta tecnológica empezó con la revisión literaria, y recolección de datos, no solo de parámetros y variables de diseño, sino también de equipos que previamente han participado en esta competición. Elementos como el motor, transmisión y frenos fueron seleccionados mediante matrices de decisión, del mismo modo para la selección de materiales del bastidor se tomó en cuenta un análisis estadístico de las aleaciones más utilizadas, para que posteriormente sea sometida a una matriz de decisión. El material base seleccionado para el bastidor fue Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono bidireccional 3k. Este material en los análisis computacionales nos brindó propiedades mecánicas excelentes, además de un factor de seguridad ligeramente superior a 3. La forma de la carrocería también fue influenciada por los equipos que previamente participaron, y el material utilizado fue seleccionado a partir de una matriz de decisión, siendo el material empleado, la fibra de carbono bidireccional 3k. Adicionalmente, el motor fue modificado por un sistema de inyección electrónica de modo que su eficiencia se vea mejorada considerablemente. Todos los componentes adicionales fueron montados cuidadosamente sobre el bastidor, de modo que pueda cumplir las regulaciones de la competición. Como resultados se obtuvo un prototipo con un peso total de 52 kg, incluyendo un extintor de seguridad y un arnés de seguridad de cinco puntos, que puede alcanzar una velocidad máxima de 60 km/h y que pudo superar sin ningún inconveniente la revisión técnica de la competición. Finalmente, se recomienda sustituir la central electrónica del vehículo por una que nos brinde mayor número de opciones y manipulaciones, con el fin de tener una inyección de gasolina más precisa, además de sustituir los elementos de acero por componentes de aluminio, con el fin de reducir peso.

PALABRAS CLAVE: <CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PROTOTIPO>, <EFICIENCIA ENERGÉTICA>, <ELEMENTOS FINITOS>, <MOTOR>, <TRANSMISIÓN>, <BASTIDOR>, <CARROCERÍA>, <DISEÑO>, <SIMULACIÓN>, <CONSTRUCCIÓN>, <FIBRA DE CARBONO>, <INYECCIÓN ELECTRÓNICA>

ABSTRACT

With a view to the Shell Eco Marathon competition, a prototype of high energy efficiency and great mechanical performance was designed and built. For the design, the finite element method was applied, using specialized design and simulation software. This technological proposal began with the literary revision, and data collection, not only parameters and design. Variables, also there were some teams that have previously participated in this competition. Elements such as the engine, transmission and brakes were selected by means of decision matrix, in the same way the selection of materials of the frame with statistical analysis of the most elements used alloys were considered later it was submitted into a matrix decision. The base material selected for the frame was Aluminum 6063-T5 coated with bidirectional carbon fiber 3k. According the computational analysis, this material gave us excellent mechanical properties, with a safety factor slightly higher than 3. The shape of the body was also influenced by the equipment that previously participated, and the material used at the time selected from a decision matrix, being the bidirectional carbon fiber 3k the material used. Additionally, the engine was modified by an electronic injection system that represents a considerably efficiency improvement. All the additional components were carefully mounted on the frame, so it could accomplish with the regulations in the competition. As a result, a prototype with a 52 kg total weight was obtained, including a safety extinguisher and a five-point safety harness, which can reach a maximum speed of 60 km/h and it was able to overcome without any inconvenience the technical revision of the competition. Finally, it is recommended to replace the electronic center of the vehicle with the one that gives us a greater number of options and manipulations, in order to have more precise gasoline injection, also replacing the steel elements with aluminum components, in order to reduce weight.

KEY WORDS :< TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <PROTOTYPE>, <ENERGY EFFICIENCY>, <FINITE ELEMENTS, <ENGINE>, <TRANSMISSION<FRAME BODY>, <DESIGN>, <SIMULATION>, <CONSTRUCTION>, <CABONFIBER>, <ELECTRONIC INJECTION>

INTRODUCCIÓN

La competencia Shell Eco-Marathon es una carrera que invita a los estudiantes de todas partes del mundo a diseñar, construir y conducir un prototipo que sea altamente eficiente con el medio ambiente. Existe dos grandes categorías para la competencia, UrbanConcept, vehículos que son similares a los de calle y comparten todos los sistemas que un coche de producción en serie, y la otra categoría, Prototipos, vehículos de forma futurística, siendo esta normalmente alargada y con curvas pronunciadas, este tipo de vehículos son los que buscan la mayor eficiencia. La fuente de energía puede ser gasolina, etanol, Diésel, o de tipo eléctricos o híbridos.

El diseño y construcción del prototipo será una oportunidad para emplear todo lo aprendido en las aulas de ingeniería automotriz, para el desarrollo de elementos como el bastidor, carrocería y dirección se empleó el método de elementos finitos para poder validar el diseño. El resto de los elementos fueron cuidadosamente seleccionados e implementados dentro del prototipo.

Para la programación del módulo electrónico del prototipo se tomó en cuenta factores como la altura donde se desarrollará la competencia, la humedad del ambiente, la velocidad del viento, la cantidad de agua que se encuentra en el aire, entre otros. Todo esto con el fin de optimizar aún más el prototipo en cuestión.

Mediante el presente trabajo de titulación como una propuesta tecnológica aportará a la investigación para el desarrollo de vehículos similares que sean capaces de recorrer la mayor cantidad de distancia utilizando un mínimo de combustible.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La competencia Shell Eco Marathon tiene sus inicios en el año 1939 en los Estados Unidos, los obreros de Shell Oil Company realizaron una apuesta para ver quién podía alcanzar una mayor distancia de recorrido utilizando la misma cantidad de combustible. Desde entonces, la competencia se ha expandido a Europa y Asia, incluye muchos tipos de energía en los cuales pueden participar las unidades educativas de cada continente, abriéndose paso a una competencia de innovación tecnológica y movilidad. (Royal Dutch Shell, 2018)

Debido a que en la actualidad se diseñan vehículos cada vez más eficientes optimizando el consumo energético, utilizando materiales mucho más ligeros que cumplan con los requerimientos de diseño y un control de la electrónica mucho más eficiente enfocado en la región en la cual van a transitar.

Se ha trabajado principalmente con materiales como fibra de carbono que tiene prestaciones similares al acero, pero con un peso mucho menor, por ende, se utiliza mayormente este material para optimizar el peso del vehículo, debido a que el peso es directamente proporcional al consumo de combustible.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad uno de los problemas fundamentales que afecta a la sociedad es la contaminación del medio ambiente producida por el crecimiento del parque automotor y el consumo excesivo de combustibles fósiles, provocando daños a los seres vivos y cambios climáticos, estos cambios se ven reflejados día a día con anomalías como lloviznas repentinas, calores exorbitantes, u olas de frío, siendo una temática diaria con la que se debe batallar.

Debido a lo mencionado, aparece la necesidad de diseñar y construir un prototipo de vehículo que disminuya el consumo de combustibles fósiles y las emisiones

contaminantes, de modo que se pueda retrasar o frenar los efectos de los gases contaminantes sobre la atmósfera.

El prototipo en cuestión debe tener tecnología capaz de minimizar el impacto ambiental, teniendo un control de todos los parámetros que puedan mermar su eficacia, además de utilizar materiales nuevos e innovadores para su construcción, mismos que deberán ser livianos y resistentes.

En adición, una forma correcta de manejarlo (el prototipo) ayudará notablemente en aumentar la eficiencia energética que este posea, brindando un mayor kilometraje con menor consumo de carburante.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Shell Eco-Marathon es una competencia que incentiva a estudiantes de todo el mundo a crear vehículos más eficientes, debido a que gran parte de la población mundial utiliza vehículos de combustión interna para moverse, hay que tener presente el impacto ambiental que estos provocan, por lo tanto, se diseñará y construirá un prototipo de vehículo amigable con el medio ambiente que consuma la menor cantidad de combustible utilizando software de diseño y simulación para su posterior proceso de manufactura.

1.3.2 Justificación práctica

Con el presente trabajo se mostrarán nuevas posibilidades de mejora en el campo automotriz aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica en la Escuela de Ingeniería Automotriz, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo interviniendo en uno de los problemas fundamentales que se tiene a nivel mundial que es el consumo de combustibles fósiles y la contaminación que estos provocan.

A pesar de ser solo un prototipo se beneficiará a la sociedad al brindarles ideas para una movilidad sustentable y eficiente tanto ambiental como automovilística, las mismas que ayuden a disminuir los gases contaminantes generados por los vehículos y se pueda mejorar la calidad de vida de cada uno de nosotros.

Además, al crear un prototipo eficientemente energético se podrá colaborar a disminuir la emisión de gases contaminantes producidos por los vehículos que circulan en la urbe, reduciendo de ese modo la posibilidad de que existan cambios bruscos a largo plazo en las áreas verdes y ecosistemas presentes en la ciudad y sus alrededores.

Finalmente, al ser un prototipo innovador tanto en eficiencia como sostenibilidad, se trabajará con una tecnología que permita alcanzar el objetivo planteado y que además quede como una referencia para futuros proyectos o investigaciones a nivel nacional e internacional en el campo automotriz.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar y construir un vehículo con motor de combustión interna mediante el análisis CAE para la competencia Shell Eco-Marathon.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los antecedentes de la competencia Shell Eco-Marathon mediante el uso de bibliografía, normas y reglamentación para cumplir con los requerimientos establecidos.
- Diseñar y construir un bastidor mediante el uso de software de diseño para cumplir con los requerimientos de la competencia.
- Diseñar y construir una carrocería mediante el uso de software de diseño de modo que cumpla con los requerimientos de la competencia.
- Modificar el motor Honda GX 35 utilizando el sistema de inyección electrónica indirecta para mejorar su desempeño.

- Implementar un sistema de transmisión con el fin de optimizar el consumo de combustible.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 *Shell Eco-Marathon*

La competición Shell Eco-Marathon (Shell Oil Company, 2018) es creada por la empresa transnacional Shell Oil Company, donde se desafía a estudiantes de todas partes del mundo a diseñar, construir, probar y conducir vehículos de alta eficiencia energética.

Anualmente se celebran tres grandes competiciones a lo largo del globo, destinadas para estudiantes de América, Europa y Asia, siendo los participantes afines a su ubicación geográfica. Además, se tiene 3 competencias menores en cada uno de los continentes antes mencionados denominados Shell Eco-Marathon Challenger Events, donde los participantes pueden adquirir experiencia o afinar sus prototipos.

2.1.1.1 *Historia*

Según los registros (Shell Oil Company, 2017), la competición data de 1939 cuando los empleados de la compañía en Estados Unidos hicieron una competencia amistosa donde el ganador era definido por quien recorría la mayor distancia utilizando todos los participantes la misma cantidad de combustible.

Los registros de la primera competición (Affleck & Toft, 1977), la primera persona en ganarlo fue R. J. Greenshields quien alcanzó la marca de 149.95 millas/galón (4.73 l/100 km), corriendo un Studebaker y diez años más tarde el mismo Greenshields mejoró su registro a 149.95 millas/galón (1.57 l/ 100km). En 1968 un Fiat 600 cuyos dueños, J. M. Jones, R. C. Trokey y D. C. Carlson alcanzaron la marca de 244.35 millas/galón (0.964 l/100 km).



Figura 1-2: Studebaker modificado de Greenshields

Fuente: Affleck, Toft, 1977

Y aunque no era en ese entonces conocida como Shell Eco-Marathon como tal, su denominación era la de Mileage Marathon, manteniéndose con ese nombre hasta el año 1977, donde en la localidad de Leicestershire, en la pista de Mallory Park, Reino Unido, se celebra la primera “Shell Mileage Marathon”, siendo esta carrera la primera válida reconocida como un evento oficial de Shell y que posteriormente, en 1985, en el circuito Paul Ricar (Francia) se celebrará la primera Shell Eco-Marathon.

La competencia se ha venido desarrollándose anualmente, aumentando categorías y usos de combustibles, convirtiéndose pronto en la carrera más importante a nivel estudiantil de eficiencia energética, donde cada año se ven mejoras en los registros de los equipos participantes, según el organizador (Shell Oil Company, 2018), el ganador del último año en la SEM Americas fue el equipo BYU SMV, de Brigham Young University, obteniendo un resultado de 1985.4 millas/galón.

2.1.1.2 Categorías

Sin importar si sea un Challenger Event o una de las tres grandes competiciones Shell Eco-Marathon, se compite bajo el mismo reglamento, y existen las mismas categorías.

El organizador (Shell Oil Company, 2017), tiene 2 grandes categorías, las cuales son:

- Prototipos, son vehículos de aspecto futurísticos con una carrocería muy aerodinámica que generalmente compiten en tres ruedas, aunque hay vehículos que utilizan cuatro; quedando a criterio del equipo participante la cantidad de neumáticos que este posea.

- UrbanConcept, en este caso se hace a referencia a vehículos más similares a los que se encuentran en las calles de las distintas ciudades, presentan un equipamiento similar, ya que cuentan con luces de distinta intensidad, limpia parabrisas, entre otros.

Además, cabe mencionar que cada una de estas dos grandes categorías están subdivididas de acuerdo con el tipo de energía que utilizan, siendo estas:

- Hidrógeno
- Baterías eléctricas
- Motores de combustión interna

2.1.1.3 Normativa Aplicable

A pesar de que los criterios de diseño y fabricación de los vehículos destinados a esta competencia están a juicio de los equipos participantes, hay cierta normativa que se debe cumplir, la misma que varía ligeramente entre año y año, e indica ciertos requerimientos de dimensiones, peso, y principalmente seguridad, misma que los coches deben cumplir de manera obligatoria, esta es la misma para cualquier evento organizado por Shell, siendo la de este año: Shell Eco-Marathon 2018 Official Rules Chapter 1 mismo que se lo puede obtener de forma abierta en el website del organizador.

2.1.2 Equipos participantes en Latinoamérica

Es muy conocido que la mayoría de los equipos que compiten son de establecimientos estadounidenses o canadienses, sin embargo, año tras año el porcentaje de equipos latinoamericanos ha ido aumentando, y mejorando constantemente sus participaciones.

En el último certamen, países como Brasil, Perú, Guatemala, Ecuador, Colombia, México tuvieron su representación. Siendo el equipo más destacado en la última competición, el conformado en la Universidade Tecnológica Federal do Paraná, denominados Pato a Jato, con un registro de 1230 millas/galón (Shell Oil Company, 2018).

2.1.3 Equipos participantes en Ecuador

Ecuador cuenta con dos participaciones en la competición Shell Eco Marathon Americas, ambas participaciones han estado a cargo del equipo E-Team, equipo perteneciente a la Universidad del Azuay, en ambas ocasiones han participado en la categoría prototipos, vehículos eléctricos, siendo el 2018 el año que mejor resultado obtuvieron, obteniendo un consumo energético de 63 millas/kWh (Shell Oil Company, 2018), obteniendo el quinceavo lugar de la competición en su categoría. También cabe resaltar que, en el año 2016, obtuvieron el premio de Espíritu de Competencia (Shell Oil Company, 2018), este premio es otorgado al equipo que represente de mejor manera los valores de competencia y sacrificio durante la carrera.

2.2 Estado del Arte

2.2.1 Bastidor

Se denomina bastidor o chasis a la estructura del automóvil que soporta la carrocería. (Real Academia Española, 2018).

El cual está diseñado para soportar el peso de diferentes elementos como la de la carrocería, mecanismos de soporte, motor, transmisión, y elementos como lo son la suspensión y neumáticos. (Alonso Pérez, 2010).

Normalmente los perfiles utilizados para la construcción de bastidores son los de tipo cuadrado o los de tipo “U”.

2.2.1.1 Tipos de Bastidor

- De tipo Escalera

Es el bastidor más antiguo y relativamente sencillo con respecto a otros diseños, este tipo de bastidor data de la época colonial pues era utilizado en la fabricación de las carrozas que eran jaladas por caballos. (Garzon, 2012)

La constitución de este bastidor es de dos largueros de metal, los mismos que estarán dispuestos de manera paralela a lo largo del vehículo, y estos largueros serán unidos entre sí mediante varios travesaños (Garzon, 2012).

Para unir los elementos que van sujetos a este bastidor, se utiliza tornillería, y cierto tipo de juntas plásticas (Garzon, 2012).

Sin embargo, con el tiempo, la forma clásica de largueros rectos ha sido modificada, añadiendo elementos curvos, refuerzos en forma de “X”, o ensanchamientos en distintas secciones, mismo que mejoran las prestaciones vehiculares (Garzon, 2012).

Actualmente es utilizado para vehículos todo terreno, autobuses, camiones, camionetas, entre otros (Garzon, 2012).



Figura 2--1: Bastidor de tipo Escalera

Fuente: Jerónimo Garzón; 2012

- Autoportante

Los chasis autoportantes, actualmente son los más utilizados, están conformados por uniones entre chapas mediante soldadura o remaches a un suelo firme, la unión de los distintos materiales permite ganar la rigidez necesaria, pero además se optimiza el diseño reduciendo el peso y aliviando costos de producción (Garzon, 2012).



Figura 3-2: Chasis autoportante

Fuente: Jerónimo Garzón; 2012

- Tubular

El bastidor tubular, es una estructura formada por tubos huecos, formando una estructura similar a un tejido de araña, son muy utilizados para vehículos de competición, deportivos o motocicletas. Brindan la mejor relación de resistencia-peso, pero su principal desventaja es su alto costo de producción, y la dificultad que estos brindan para poder instalar o acceder a los componentes del coche (Garzon, 2012).



Figura 4-2: Bastidor tubular

Fuente: Jerónimo Garzón; 2012

- Monocasco

Se considera un chasis de tipo monocasco cuando el bastidor cumple un doble propósito, el de ser bastidor, pero también ser la carrocería del vehículo, son los más eficientes en cuanto a prestaciones, son ligeros y de gran resistencia estructural, sin embargo, el costo de fabricación es demasiado alto, motivo por el cual son usados en coches deportivos.



Figura 5-2: Chasis monocasco

Fuente: Jerónimo Garzón; 2012

2.2.2 Carrocería

Se define a carrocería como aquella parte de los vehículos que, normalmente va sujeta y fija al chasis, recubriendo el motor y demás elementos, y en cuyo interior se ubican los pasajeros y demás carga. (Real Academia Española, 2018).

2.2.2.1 Tipos de Carrocería

- **Monovolumen**

Se considera una carrocería de tipo monovolumen cuando se aprecia un solo cuerpo, es decir no hay cambios bruscos de sección para el espacio que ocupa el motor, el habitáculo y el maletero (Torres, 2016).

Un claro ejemplo sería el modelo de Volkswagen, Combi.



Figura 6-2: Carrocería monovolumen

Fuente: Nacho Torres, 2016

- Dos volúmenes

A diferencia del monovolumen, este tipo de carrocería tiene articulado una sección para el capó, donde va alojado el motor, sin embargo, sigue siendo un solo cuerpo sin cambios bruscos de sección entre el maletero y el habitáculo.

Un claro ejemplo de este tipo de carrocería son los autos hatchback.



Figura 7-2: Carrocería de dos volúmenes

Fuente: Nacho Torres, 2016

- Tres Volúmenes

En este tipo de carrocería se puede apreciar a simple vista las tres partes principales de un vehículo, es decir se aprecia grandes cambios de sección entre el habitáculo, el motor y el maletero.

El ejemplo más claro de este tipo de carrocería son los vehículos sedanes.



Figura 8-2: Carrocería de tres volúmenes

Fuente: Nacho Torres, 2016

2.2.2.2 Aerodinámica

“Rama de la mecánica de fluidos que estudia el movimiento del aire y otros gases, y su interacción con los cuerpos que se mueven en ellos” (Real Academia Española, 2018).

Las fuerzas aerodinámicas producidas en el vehículo tienen dos fuentes de origen, la primera de ellas relacionada a la forma del vehículo, y la segunda a la fricción viscosa. (Gillespie , 1992, p. 79).

Como resultado a la constante interacción entre el aire y el vehículo, se producen fuerzas y momentos que pueden alterar el comportamiento ideal de un coche. Estos pueden ser definidos sistemáticamente en tres fuerzas y tres momentos. (Gillespie , 1992, p. 87)

Para tomar en cuenta estos momentos y fuerzas se toma en cuenta los tres ejes principales del vehículo.

Tabla 1-2: Fuerzas y momentos aerodinámicos

Dirección	Fuerza	Momento
Longitudinal (Eje X, positivo hacia atrás)	Fuerza de Arrastre (D)	Momento volcamiento (R)
Lateral (Eje Y, positivo hacia la derecha)	Fuerza Lateral (S)	Momento de Cabeceo (M)
Vertical (Eje Z, positivo hacia arriba)	Fuerza de Levantamiento (L)	Momento de Guiñada (N)

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Realizado por: Autores

Estos momentos y fuerzas están denotados en la siguiente figura (**Figura 9-2:** Fuerzas y momentos aerodinámicos que actúan sobre el vehículo), tomándose en cuenta que las fuerzas no están relacionadas con su centro de gravedad, sino están en el plano situado en el piso, en la mitad de la distancia entre ejes, y en el centro de esta última.

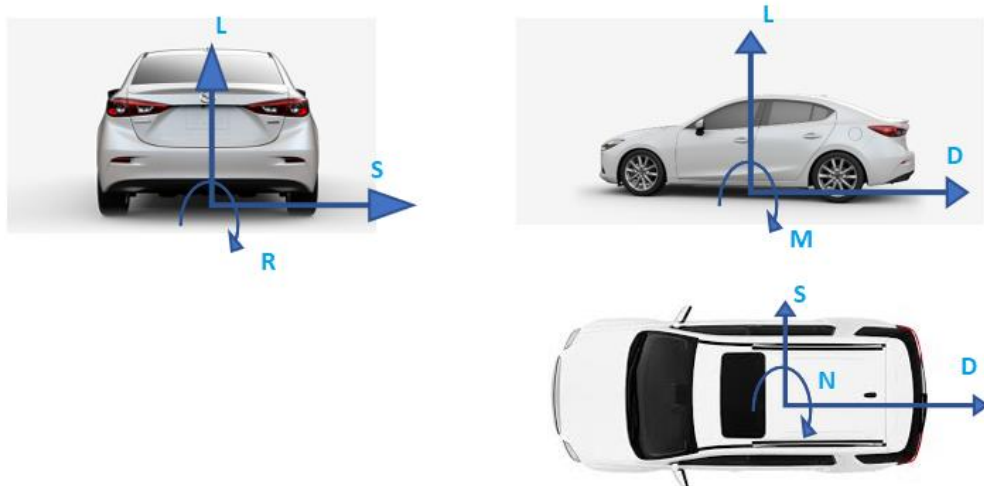


Figura 9-2: Fuerzas y momentos aerodinámicos que actúan sobre el vehículo

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Las fuerzas aerodinámicas son muy complejas de estudiar, debido a que el aire circula en diversas direcciones y recubre al vehículo, por lo que es importante caracterizar un modelo semi empírico para poder representar la fuerza de arrastre, la misma que es definida como la fuerza que dificulta el avance normal del vehículo (Gillespie , 1992, p. 97). Y Se la representa de la siguiente manera

$$D_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_D \cdot A \quad (1-2)$$

Donde:

D_A = Fuerza de Arrastre

C_D = Coeficiente aerodinámico de arrastre

A = Área frontal del vehículo

ρ = Densidad del aire

Se debe tomar en cuenta que la densidad del aire es variable, puesto que factores como la temperatura, presión e inclusive la humedad pueden causar variaciones en esta (densidad del aire). En condiciones de laboratorio se tiene que a 15 °C y 760 mmHG la densidad del aire es de 0.076 lb/ft³, es decir, 1.217 kg/m³. (Gillespie , 1992, p. 97.98) Sin embargo, cuando estas condiciones varían se puede obtener la densidad del aire utilizando lo siguiente:

$$\rho = 0.00236 \cdot \frac{P_r}{29.92} \cdot \frac{519}{460+T_r} \quad (2-2a)$$

Donde:

P_r =Presión atmosférica en pulgadas de mercurio

T_r =Temperatura del aire en grados Fahrenheit

Mientras que para el sistema métrico:

$$\rho = 1.225 \cdot \frac{P_r}{101.325} \cdot \frac{288.16}{273.16+T_r} \quad (2-2b)$$

Donde:

P_r =Presión atmosférica en kiloPascales

T_r =Temperatura del aire en grados Celsius

Mientras que el coeficiente de arrastre es determinado de forma experimental mediante un túnel de viento (Gillespie , 1992, p. 98), pero que puede ser representado de la siguiente manera:

$$C_A = \frac{D_A}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot A} = \frac{\text{Fuerza de arrastre}}{(\text{Presión dinámica})(\text{área})} \quad (3-2)$$

El coeficiente de arrastre es tan amplio como figuras existentes hay, esquematizándolos de la siguiente manera en cuanto a figuras más comunes, y tomando en cuenta que no existen componentes laterales en cuanto al aire que está en contacto con la carrocería (Gillespie , 1992, p. 98):

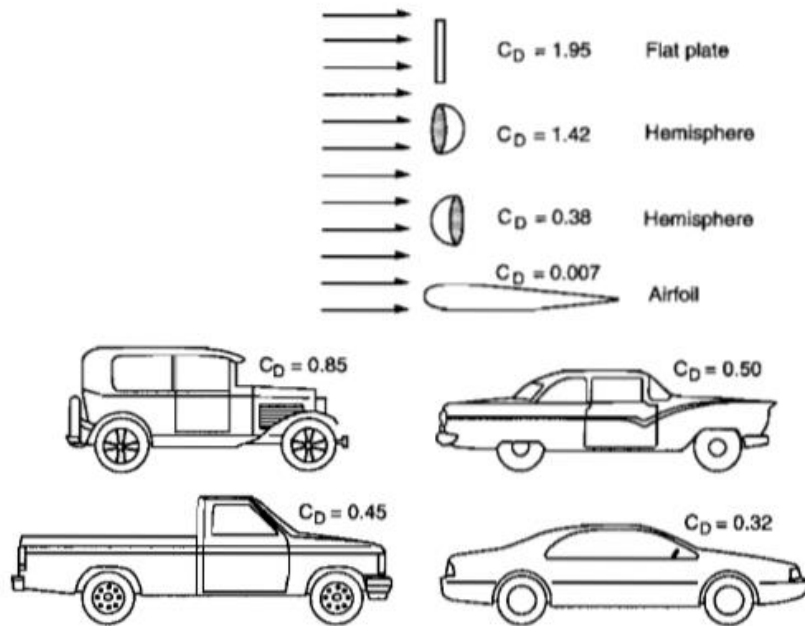


Figura 10-2: Coeficientes de arrastre para varios cuerpos

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Finalmente se debe tener en cuenta que, para considerar la velocidad del viento, la dirección de este será aleatoria y estará determinada por la trayectoria del coche. Además, se debe considerar que la velocidad relativa del viento vista desde el automóvil estará compuesto por una componente mucho más grande en dirección de la trayectoria del vehículo y una pequeña componente que estará en cualquier dirección (Gillespie , 1992, p. 99). Y se lo puede caracterizar de la siguiente manera:

$$V = V_V + V_W \quad (2-4)$$

Donde:

V_V =Velocidad del Vehículo

V_W =Velocidad del viento

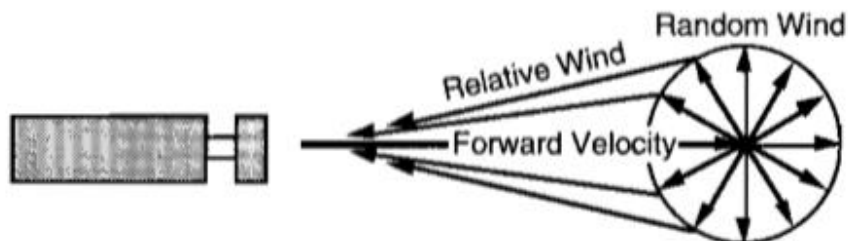


Figura 11-2: Viento relativos visto desde el motor del vehículo en el camino

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Cuando el viento atmosférico sopla hacia el vehículo, es considerado como un “viento en contra”, entonces en la ecuación 2-4, se procede a sumar la magnitud del viento, sin embargo cuando el viento sopla en la misma dirección que la trayectoria del vehículo, se considera como un “viento de cola”, y debido a la ecuación 1-2, donde se eleva al cuadrado la velocidad y tomando en cuenta que la fuerza de arrastre es menor que la obtenida cuando el viento está en contra, se procede a restar la velocidad del viento en la ecuación 2-4 (Gillespie , 1992, p. 99).

Continuando con las fuerzas aerodinámicas, la fuerza lateral, es ocasionada por las componentes laterales del viento, ocasionando un posible cambio de trayectoria. El efecto exacto que estas producen depende de dos cuestiones, la primera, la forma del vehículo y la segunda, la naturaleza del viento (si es fuerte o débil). Cuando la componente lateral del viento es muy grande, se considera como “viento de costado” y la fuerza ocasionada puede inclusive ser más grande que la fuerza de arrastre debido a que el ángulo del viento es mayor al ángulo relativo del viento. (Gillespie , 1992, p. 101)

Se lo puede representar de la siguiente manera:

$$S_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_S \cdot A \quad (2-5)$$

Donde:

S_A = Fuerza lateral

V = Velocidad total del viento

C_S =Coeficiente de fuerza lateral (está en función del ángulo relativo del viento)

A = Área frontal del coche

En adición, para determinar el coeficiente C_S utilizado en la ecuación 2-5, se debe considerar que es 0 cuando el ángulo relativo del viento es 0, pero que forma una función lineal para ángulos relativos entre 20 y 40 grados como se muestra en el **Gráfico 1-2**.

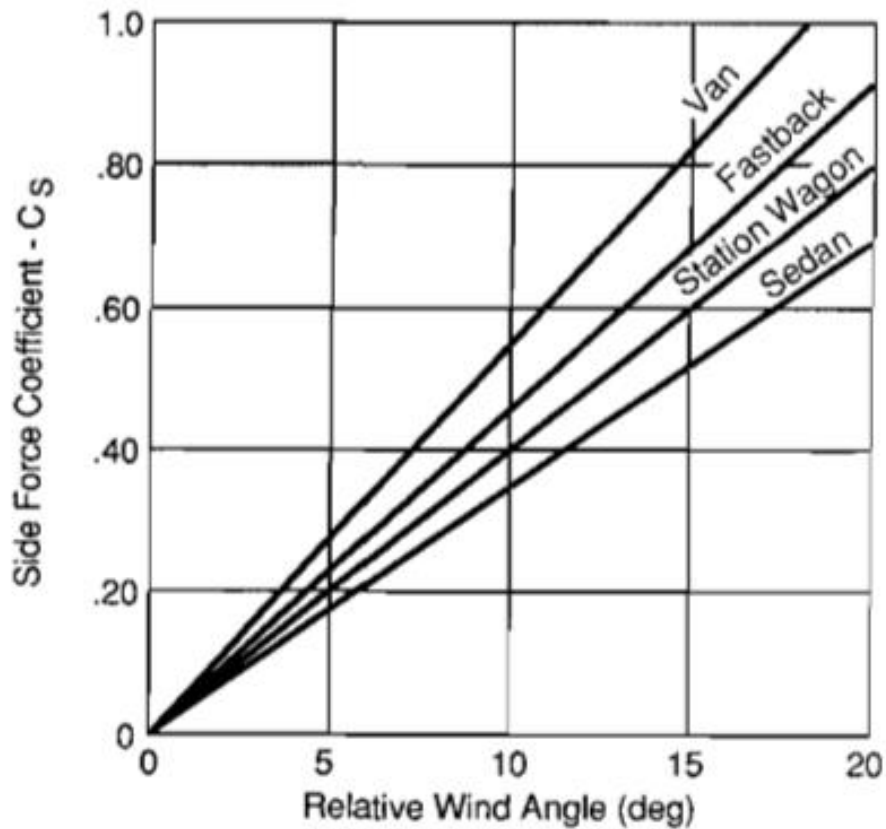


Gráfico 1-2: Coeficiente de fuerza lateral en función del ángulo relativo del viento

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Prosiguiendo con las fuerzas aerodinámicas, la fuerza de levantamiento es producida por un diferencial de presión entre la parte superior del vehículo y la parte inferior de este, produciendo un aumento o disminución de carga sobre los ejes del coche, causando problemas o mejoras en la estabilidad de este (vehículo). Cabe mencionar que la fuerza de levantamiento es medida desde la parte media de la línea generada en la distancia entre ejes (Gillespie , 1992, p. 103).

Se lo puede caracterizar de la siguiente manera:

$$L_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_L \cdot A \quad (2-6)$$

Donde:

L_A = Fuerza de levantamiento

C_L = Coeficiente de levantamiento

A = Área frontal del vehículo

Los vehículos al ser diferentes entre sí, inclusive entre coches del mismo modelo, por inclusión de alerones y difusores entre otros, no se pueden generalizar un coeficiente C_L , teniendo que ser este determinado para cada modelo, empíricamente mediante un túnel de viento. Aunque se puede utilizar los valores para autos modernos de pasajeros un coeficiente que esté en un rango entre 0.3 y 0.5 teniendo en cuenta que el ángulo del viento sea igual a cero, mientras que para vientos de costado este coeficiente crece drásticamente alcanzando valores de 1 o más. (Gillespie , 1992, p. 103).

Empezando con los momentos producidos en vehículo, el primero a tomar en cuenta es el de cabeceo, pues está muy ligado a la fuerza de levantamiento, en este caso este momento, produce un efecto de transferencia de peso entre los ejes frontal y posterior del coche, este momento tiende a crecer debido al hecho que el arrastre no está presente a nivel del piso. (Gillespie , 1992, pp. 103, 104).

Se lo puede representar de la siguiente manera:

$$PM = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{PM} \cdot A \cdot L \quad (2-7)$$

Donde:

PM = Momento de cabeceo

C_{PM} = Coeficiente del momento de cabeceo

A = Área frontal del coche

L = Distancia entre ejes

Se debe considerar que un momento puede ser trasladado a lo largo de un eje sin que este cambie su efecto, por lo que no presentará un punto de aplicación. Y su coeficiente C_{PM} variará dependiendo de la forma de la carrocería, como se puede apreciar en el **Gráfico 2-2**, se debe tener en cuenta el sentido del ángulo basándose en la **Figura 9-2**.

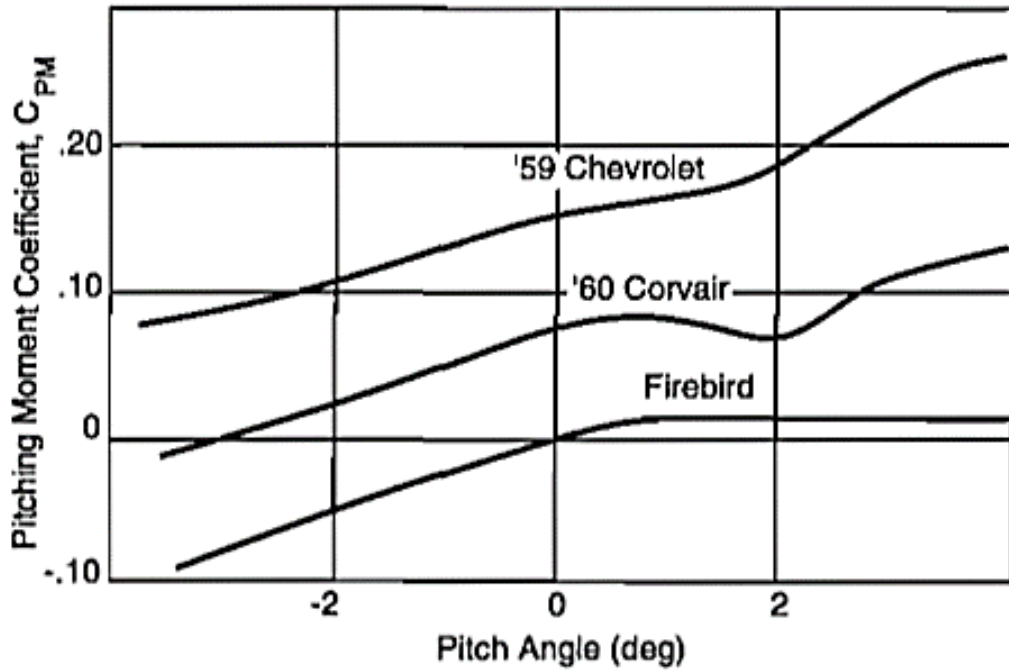


Gráfico 2-2: Coeficiente de momento de cabeceo en función del ángulo de cabeceo

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

En la otra mano tenemos el movimiento de guiñada, generado por una fuerza aplicada en algún lugar diferente del centro de la línea generada por la mitad de la distancia entre ejes, ocasionando normalmente problemas de estabilidad en el comportamiento de los vehículos. (Gillespie , 1992, pp. 104, 105)

Se lo puede caracterizar con la siguiente ecuación:

$$YM = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{YM} \cdot A \cdot L \quad (2-8)$$

Donde:

YM = Momento de guiñada

C_{YM} = Coeficiente del momento de cabeceo

A = Área frontal del coche

L = Distancia entre ejes

Al igual que el coeficiente de la fuerza lateral del vehículo, el coeficiente del momento de guiñada está estrechamente ligado al ángulo relativo del viento, siendo esta una función

lineal del mismo (ángulo relativo del viento). Teniendo la consideración de que cuando el ángulo relativo es cero, el coeficiente también es cero, como lo demuestra el **Gráfico 3-2**.

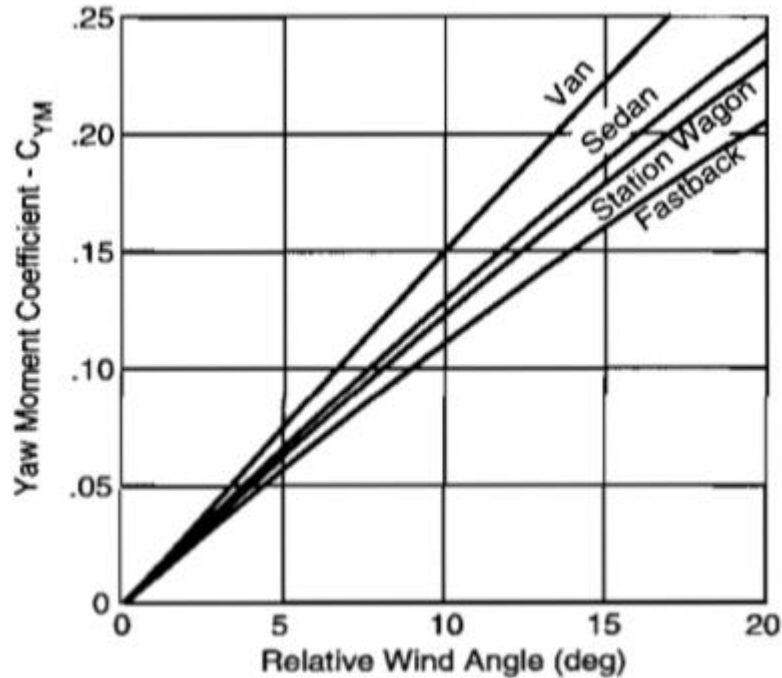


Gráfico 3-2: Coeficiente de momento de guiñada en función del ángulo relativo del viento

Fuente: Thomas Gillespie, 1992

Finalmente, el último momento a ser estudiado es el momento volcamiento, ocasionado por una fuerza lateral aplicada a un punto alto de la carrocería, considerándose únicamente una pequeña influencia en la estabilidad del coche, dependiendo en gran medida de las propiedades del balanceo de la suspensión. (Gillespie , 1992, pp. 105, 106)

La siguiente ecuación lo representa:

$$RM = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{RM} \cdot A \cdot L \quad (2-9)$$

Donde:

RM = Momento volcamiento

C_{YM} = Coeficiente del momento volcamiento

A = Área frontal del coche

L = Distancia entre ejes

Al igual que el momento de guiñada, el coeficiente es una función lineal para los primeros veinte grados de ángulo relativo del viento. Teniendo un rango de coeficientes entre 0.018/grado a 0.04/grado. (Gillespie , 1992, p. 106)

2.2.3 Sistema de Dirección

Es considerado como el sistema de dirección de un vehículo a el conjunto de mecanismos cuyo objetivo no es otro que el de orientar las ruedas directrices, a voluntad del conductor con el fin de alterar la trayectoria vehicular. (Luque, et al., 2012, p. 237).

Sin embargo, el sistema de la dirección no solo se limita a la maniobrabilidad precisa y fiable del coche, también está enfocado en el aislamiento de perturbaciones procedentes de la calzada, busca un contacto constante entre los neumáticos y el piso, y presente un esfuerzo mínimo para el conductor cuando el vehículo se desplace a bajas velocidades, y una gran estabilidad cuando el coche se desplace velozmente. (Luque, et al., 2012, p. 237)

2.2.3.1 Tipos de Sistemas de Dirección

A pesar de que existen dos grupos en la clasificación de los sistemas de dirección, en cada uno de ellos se puede apreciar la siguiente subdivisión:

- Dirección manual, donde la fuerza necesaria para modificar la trayectoria del vehículo proviene exclusivamente del conductor. (Luque, et al., 2012, p. 252)
- Dirección asistida, donde la fuerza necesaria para modificar la trayectoria del vehículo proviene del conductor y de alguna fuente externa. (Luque, et al., 2012, p. 252)
- Servodirección, donde la fuerza necesaria para modificar la trayectoria del vehículo proviene de varias fuentes externas. (Luque, et al., 2012, p. 252)
- Autodirección, se define como la modificación de la trayectoria está dada por la aplicación de fuerzas o momentos debido al contacto entre las llantas y la calzada. (Luque, et al., 2012, p. 252)

Sistema Piñón-Cremallera

Es un sistema relativamente sencillo, donde un piñón gira por acción del volante, moviendo una cremallera que se encuentra ubicada transversalmente, esta a su vez está unida por medio de rotulas a las bieletas de la dirección.

Actualmente es uno de los sistemas más aceptados y brinda las siguientes ventajas y desventajas:

Tabla 2-1: Ventajas y Desventajas del sistema piñón cremallera

Ventajas	Desventajas
Construcción sencilla	Alta sensibilidad a impactos
Fácil y económica de fabricar	Tensiones importantes debido a fuerzas angulares en la bieleta
Buena eficiencia	Sensibilidad importante en el volante ante perturbaciones externas
Contacto libre entre piñón y cremallera	La longitud de la biela es algunas veces demasiado corta cuando se conecta directamente a la cremallera
La bieleta puede unirse directamente a la cremallera	El ángulo de giro depende del movimiento de la cremallera
Baja elasticidad de la dirección	No puede usarse en un eje rígido
Fácil de limitar el movimiento máximo de la cremallera	Con brazos demasiado cortos resultan fuerzas elevadas en el sistema

Fuente: Pablo Luque, 2012

Realizado por: Autores

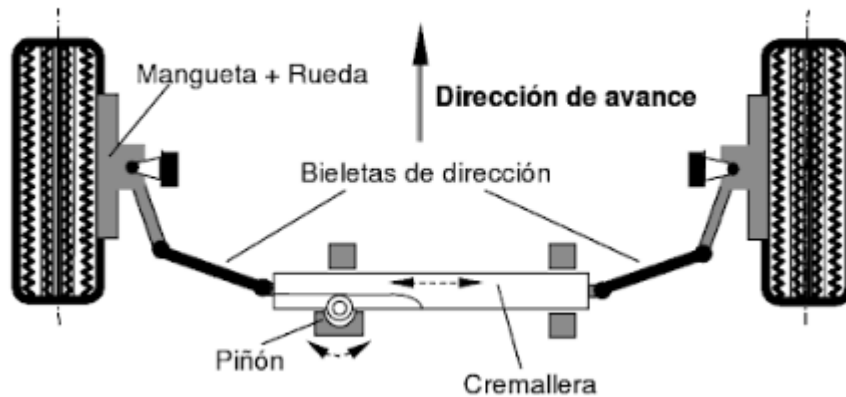


Figura 12-2: Dirección tipo piñón cremallera

Fuente: Pablo Luque, 2012

Sistema de Bolas Recirculantes

Consiste en un mecanismo que alberga un tornillo roscado, donde en uno de sus extremos se encuentra el extremo de la columna de dirección, este tornillo al ser accionado por el volante y columna de dirección gira alrededor de 4 vueltas alrededor de sí mismo, causando el movimiento de una serie de engranajes, los mismos que disminuirán considerablemente el esfuerzo realizado por el conductor. Debe su nombre a que utiliza una serie de esferas que facilitan su desplazamiento. Su aplicación más común es en vehículos de trabajo pesados. (Luque, et al., 2012, pp. 256, 257)

Es un sistema cuya principal característica es que puede montarse sobre un eje rígido, y además puede transmitir fuerzas elevadas. (Luque, et al., 2012, p. 257)

2.2.3.2 Condición de Ackerman

Al revisar la **Figura 13-2**, se puede decir sin lugar a duda que mientras el vehículo está tomando una curva de radio constante, se constata que las ruedas exteriores presentarán una trayectoria circular con un radio mayor al presentado por las interiores, para asegurar un comportamiento dinámico y óptimo, las ruedas interiores y exteriores deberán tener un ángulo de guiado diferente. Además, esta condición permitirá que se corten en un punto 0, lo que asegurará un radio de curvatura constante para todas las ruedas.

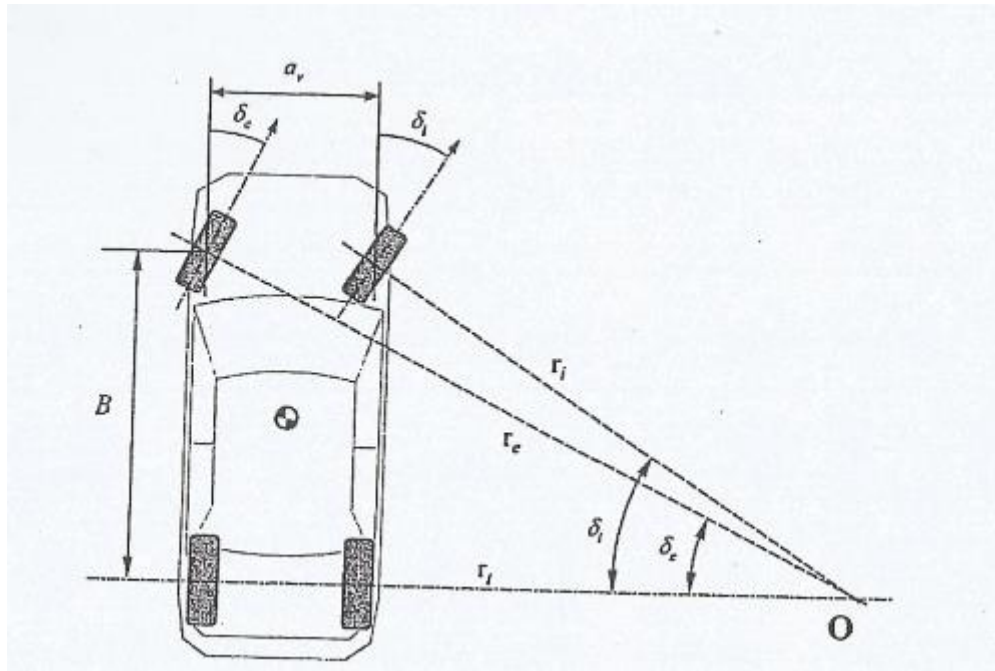


Figura 13-2: Geometría de la dirección

Fuente: Pablo Luque, 2012

Por lo que se lo puede representar con la siguiente expresión:

$$\cotg(\delta_e) - \cotg(\delta_i) = \frac{a_v}{B} \quad (1-20)$$

Donde:

δ_e = ángulo de guiado externo

δ_i = ángulo de guiado interno

a_v = ancho de vía anterior

B = Batalla o distancia entre ejes

Esta expresión, se la representa como la condición de Ackerman, siendo utilizada por primera vez en 1878 por Jeantaud. (Luque, et al., 2012, p. 241)

2.2.4 Sistema de Frenado

Se considera sistema de frenado, al conjunto de mecanismos que permiten disminuir la velocidad del vehículo, o inclusive detenerlo por completo. Se considera uno de los

sistemas de seguridad imprescindibles que debe existir en un vehículo. Debe presentar características de precisión y principalmente fiabilidad. (Luque, et al., 2012, p. 393)

2.2.4.1 Instalaciones

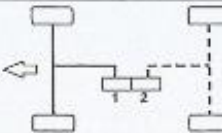
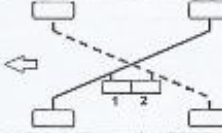
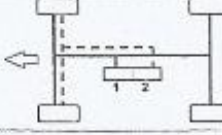
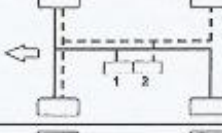
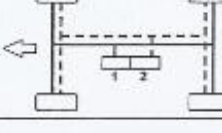
Freno de Servicio

Es aquel freno que se utiliza a voluntad y criterio del conductor permitiéndole desacelerar el coche de manera progresiva, o para poder detenerlo. Este es accionado por el pedal, y su principal característica es la precisión. (Luque, et al., 2012, p. 394).

Del mismo modo para poder frenar el auto, utilizan circuitos hidráulicos de uno o dos circuitos. Siendo el de un único circuito empleado en vehículos antiguos o pequeños, transmite una sola fuerza a todas las ruedas, la gran desventaja es que si existe algún desperfecto en el sistema el sistema se ve críticamente mermado. Por su lado el de circuito dual, donde se maneja de a dos ruedas cada circuito, convirtiéndolo en el más fiable. (Luque, et al., 2012, p. 395)

Las variantes pueden ser:

Tabla 3-2: Distribución de las fuerzas de frenado según su sistema

	<p>Sistema II Distribución eje delantero, eje trasero. Cada circuito frena un eje</p>
	<p>Sistema X Distribución diagonal</p>
	<p>Sistema HI Distribución eje delantero-eje trasero, eje delantero</p>
	<p>Sistema LL Distribución eje delantero y rueda trasera, eje delantero y rueda trasera</p>
	<p>Sistema HH Distribución eje delantero-eje trasero, eje delantero-eje trasero</p>

Fuente: Pablo Luque, 2012

Freno de Socorro

Sistema de frenado, creado con el fin de poder sustituir al sistema de servicio cuando esté presente alguna falla, normalmente no es tan eficiente y utiliza componentes del sistema de servicio y del sistema de estacionamiento. (Luque, et al., 2012, p. 396)

Freno de estacionamiento

También conocido como freno de mano, cuya función principal es la de mantener estático al coche sin importar las condiciones, es decir, bajo cualquier pendiente en cualquier tipo de clima. Por motivos de seguridad este tipo de freno debe ser operativo inclusive si existe alguna falla en el sistema hidráulico o neumático. (Luque, et al., 2012, p. 397)

2.2.4.2 Clasificación

Freno de Tambor

Se considera como freno de tambor al que por medio de zapatas en fricción con un tambor pueden detener un cuerpo en movimiento. Es uno de los mecanismos más utilizados tanto por autos, camionetas y automotores de gran tamaño. (Luque, et al., 2012, p. 448)

Utilizan varios tipos de accionamiento:

- Accionamiento hidráulico, utiliza un sistema hidráulico quien será el encargado de transmitir la fuerza a las zapatas por medio de cilindros. (Luque, et al., 2012, p. 448)
- Accionamiento por aire comprimido, formado principalmente por un compresor, un calderín y una válvula reguladora de caudal la cual será accionada de acuerdo con el uso del pedal. El aire es el medio utilizado para accionar los cilindros de frenado. (Luque, et al., 2012, p. 449)
- Accionamiento mixto, utilizan un servofreno accionado por un compresor a través de un calderín (en contraste a la mayoría de los servofrenos donde se toma un vacío provocado por el colector de admisión). El pedal regula el paso de aire hacia el servofreno y acciona un circuito hidráulico que procederán a frenar el automotor. (Luque, et al., 2012, p. 449)

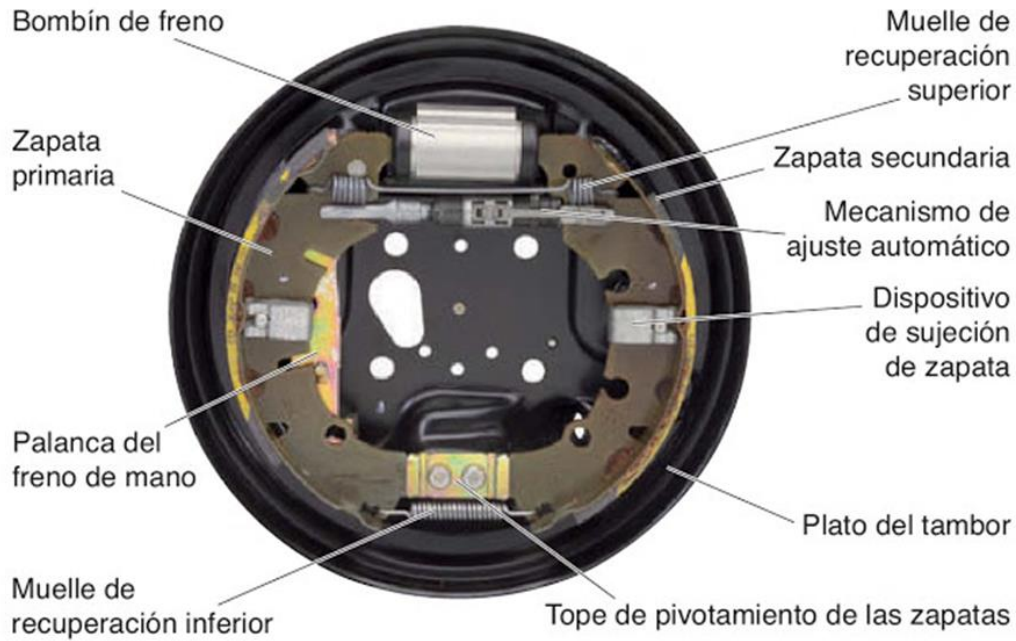


Figura 14-2: Freno de tambor

Fuente: (Dominguez & Ferrer, 2012)

Freno de Disco

Debido al calor que se produce debido a la fricción en el momento de frenar, los frenos de tambor tienden a perder eficacia, por lo que se empezó a sustituir este tipo de frenos con los de discos, el mismo que presentan una buena absorción y disipación de calor. La forma de frenar es aplicar una fuerza axial sobre el disco utilizando pastillas, las cuales mantienen sus propiedades en un amplio rango de temperaturas. (Luque, et al., 2012, p. 458)

Se los puede clasificar en:

- Mordaza o pinza fija, es una mordaza donde esta permanece sujeta a la pieza de sustentación de freno de una manera rígida, como característica principal es la presencia de dos émbolos que presionaran la pastilla hacia cada una de las caras del disco de frenado. Son pesadas, pero más eficaces, lo que las hace idóneas para vehículos grandes o de altas prestaciones. (Luque, et al., 2012, p. 460)

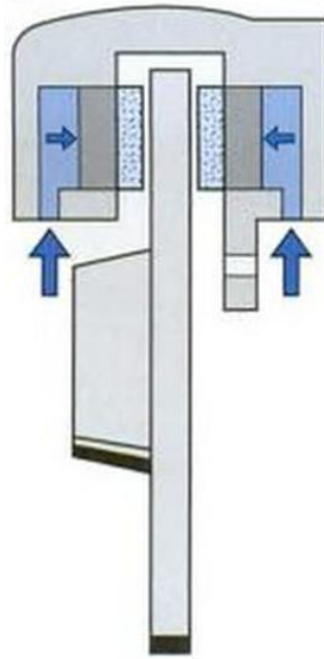


Figura 15-2: Freno de disco de mordaza fija

Fuente: (Bosch, 2003)

- Mordaza o pinza flotante, en contraste con el de pinza móvil, la pinza presenta un movimiento axial, mismo que brinda cierto desplazamiento. Posee únicamente un embolo el mismo que desplazara una pastilla hacia el disco. Son de menor tamaño y normalmente son utilizados en coches donde se tiene poco espacio.

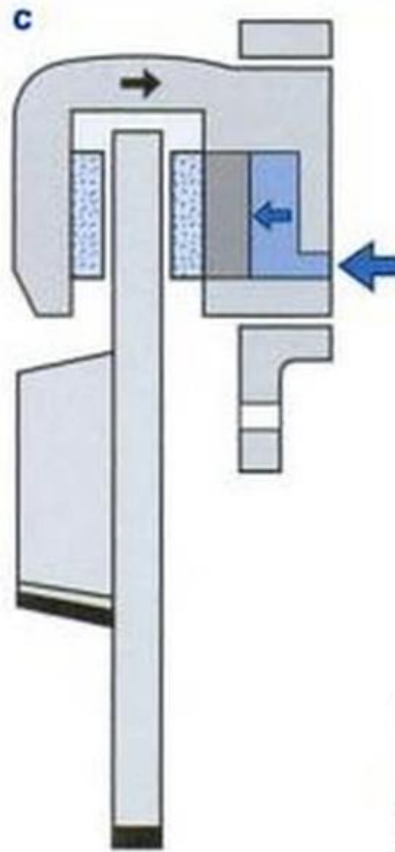


Figura 16-2: Freno de disco de mordaza flotante

Fuente: (Bosch, 2003)

2.2.5 *Motor Otto*

Se considera un motor de combustión interna a aquella máquina que es capaz de transformar energía química en trabajo mecánico. Esta transformación se la realiza mediante la combustión. Se denomina motor de combustión interna debido a que la cámara de combustión al estar ubicada en el mismo lugar donde se realiza el trabajo. (Bosch, 1999, p. 358).

Por su parte se considera un motor Otto al motor que trabaja con la formación de una mezcla homogénea, interior o exterior y encendido externo. Es decir, la mezcla de aire combustible se comprime y mediante una chispa se realiza la combustión. (Bosch, 1999, p. 364).

Finalmente se puede definir como mezcla homogénea, a la combinación entre aire y carburante combustible, pero únicamente se considera homogénea cuando las sustancias se encuentran en los siguientes estados de la materia, gas-gas, o gas-vapor, por lo que se

debe vaporizar el carburante antes del encendido. En ciertas condiciones, como, por ejemplo, el arranque en frío, donde por razones de temperatura el combustible utilizado no puede ser vaporizado, lo que se debe hacer es introducir una mayor cantidad de este, de modo que la parte que se vaporice pueda generar una combustión. (Bosch, 1999, p. 364)

2.2.5.1 Sistemas de Inyección

La mayor ventaja de cualquier tipo de sistema de inyección de combustible es el control preciso de la cantidad de combustible inyectado en el motor. El principio básico de la inyección de combustible se resume en la variación de presión que es suministrada hacia el inyector, entonces la cantidad de combustible inyectado es directamente proporcional al tiempo en que el inyector ha sido abierto. (Jain & Asthana, 2006, p. 411)

Sistemas de inyección modernos son controlados electrónicamente, por lo tanto, la cantidad y calidad de combustible puede ser ajustado a la manera más óptima dependiendo a las condiciones de funcionamiento del motor. Además, estrictas regulaciones de control de emisiones contaminantes provenientes del motor son medidas constantemente por el sistema de inyección, con el fin de reducirlas. (Jain & Asthana, 2006, p. 411)

Un sistema de inyección de combustible, el cual dosifica correctamente la cantidad de un combustible altamente atomizado, provee las siguientes ventajas, cuando se lo es comparado con un sistema a carburador (Jain & Asthana, 2006, p. 412):

- Menor emisión de contaminantes
- Menor consumo de combustible
- Funcionamiento del motor más fluido debido a que la potencia generada posee mayor uniformidad en cada cilindro
- Ajuste automático de la relación aire-combustible con el fin de poder adaptarse a las condiciones de operación existentes en ese momento.

Inyección de gasolina fue usada por primera vez en 1899 en un Gorbron Brille, el cual tenía una bomba rotatoria para la inyección de combustible. Para los automóviles, la inyección no fue seriamente considerada hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando, en 1946, Mercedes estaba desarrollándolo para autos de producción en serie. (Jain & Asthana, 2006, p. 412)

Para 1954, Mercedes equipó en su 300 SL y en algunos otros autos de carreras junto con Bosch un sistema de inyección directa basado en el uso de una bomba provista de una leva y embolo. Sin embargo, no fue hasta 1956 que se realizó el mayor cambio en la historia de la inyección de la gasolina debido a la introducción del electro inyector con bendix, en el cual prácticamente todos los sistemas de inyección modernos están basados (Jain & Asthana, 2006, p. 412).

A partir de este momento, un sin número de sistemas han sido desarrollados, especialmente por Bosch, y junto con el desarrollo de la electrónica los sistemas cada vez fueron más precisos, y eficientes (Jain & Asthana, 2006, p. 412).

2.2.6 Neumáticos y Ruedas

La historia del conjunto rueda-neumático proviene desde hace tiempo atrás, allá por el año 1845, cuando Robert Thompson, implemento un tubo hinchado en el contorno de una rueda, con el único objetivo de mejorar el confort que poseían los carruajes de aquella época. Y a pesar de que su idea no fue aceptada por la comunidad de aquella época, sentó un precedente, mismo que sería retomado por John Dunlop, en 1888. Y no fue hasta 10 años más tarde que André y Édouard Michelin lo implementaron a un vehículo motorizado. (Luque, et al., 2012, p. 15)

El continuo desarrollo, la mejora en los diseños, han permitido que el neumático esté presente en la totalidad de los vehículos que circulan por carreteras. El conjunto rueda-neumático, este compuesto por la rueda propiamente dicha y una cubierta que puede o no poseer cámara de aire. En el interior de la cubierta, aire a presión es introducido, de modo que brinde ciertas características de rigidez y elasticidad de modo que cumpla con las funciones para la cual fue diseñado (Luque, et al., 2012, p. 15).

El conjunto rueda-neumático tiene como objetivo transmitir la fuerza generada por el tren de potencia hacia la calzada, representando en el único nexo entre ambos sistemas, por lo que es de vital importancia un correcto funcionamiento pues incide de manera directa en la dinámica del automóvil. (Luque, et al., 2012, p. 15)

2.2.6.1 La Rueda

Se puede definir a la rueda como el elemento giratorio que soporta las diferentes cargas y está situado entre el neumático y el eje (Luque, et al., 2012, p. 16).

La rueda está compuesta por:

- Llanta
- El disco

Ambos componentes pueden formar una sola pieza, o pueden estar unidos e inclusive ser desmontables. Se considera a llanta a la parte de la rueda donde se apoya el neumático, mientras que disco es la parte que une la llanta con el cubo de la rueda (Luque, et al., 2012, p. 16).

2.2.6.2 *Neumático*

Se considera como neumático a la cubierta montada sobre la rueda, además de la cámara que forma entre la cubierta y la rueda, que normalmente suele estar llena con aire a presión (Luque, et al., 2012, p. 20).

El Neumático, al ser el elemento que se encuentra en contacto directo con la calzada todo el tiempo, influye de manera sustancial en el comportamiento dinámico del vehículo, cumpliendo con ciertas características mínimas para su correcto funcionamiento (Luque, et al., 2012, p. 21).

Una de esas características es la de poseer un elevado coeficiente de adherencia para la mayor cantidad de condiciones operativas, capacidad para poder soportar distintos esfuerzos, respuesta inmediata a los movimientos generados por la dirección, poseer ciertas propiedades de suspensión y amortiguamiento de como que sea capaz de absorber las irregularidades generadas por la calzada, entre otras (Luque, et al., 2012, pp. 21, 22).

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN Parámetros de diseño

Para el desarrollo del prototipo propuesto, se considerará como principal guía el reglamento vigente de la competición.

Como lo indica en el artículo 25 (Royal Dutch Shell, 2018), inciso ha, se debe poner especial énfasis en la seguridad de todos, incluye piloto, miembros del equipo, organizadores y espectadores, por lo que propone lo siguiente:

- El vehículo debe circular por el trazado del circuito en al menos 3 ruedas
- Los prototipos deben tener al menos una zona de deformación mínimo de al menos 100mm entre los pies y el frente del vehículo.

En cambio, en el inciso b del mismo artículo, especifica que apéndices aerodinámicos que cambien de forma por acción del viento, no son permitidos.

Siguiendo en el artículo 25 (Royal Dutch Shell, 2018), pero esta vez en el inciso c, menciona que no son permitidos apéndices externos que comprometa la seguridad de los asistentes, puntos afilados deben tener al menos un radio de 50 mm.

Del mismo artículo, en el inciso f aclara que las ventanas no deben ser construidas en materiales que al romperse se fragmenten en afiladas partes.

Por su parte el artículo 26 (Royal Dutch Shell, 2018) expresa que el chasis o estructura monocasco debe ser lo suficientemente segura para que en caso de colisión el piloto se sienta seguro de que el riesgo de accidentes va a ser mínimo. Haciendo énfasis en la resistencia mínima que debe brindar la barra antivuelco y de otras características como:

- Debe estar ubicada al menos a 50mm del casco del conductor
- Debe ser al menos igual de ancha que el ancho de los hombros del piloto
- Debe soportar una carga estática de 700N omnidireccional

El artículo 27 (Royal Dutch Shell, 2018) hace referencia al total aislamiento que debe presentar el piloto con respecto al sistema de propulsión y energía.

El artículo 39 (Royal Dutch Shell, 2018) hace referencia a las dimensiones que debe presentar el prototipo, siendo estas:

- La altura máxima debe ser 1000 mm
- El ancho de vía mínimo debe ser de al menos 500 mm.
- La relación entre la altura y el ancho de vía debe ser menos de 1.25
- La distancia entre ejes debe ser de al menos 1000 mm.

- El ancho máximo del vehículo no debe exceder los 1300 mm.
- La longitud total máxima del coche no debe ser más de 3500 mm.
- El peso máximo sin piloto debe ser de 140 kg.

El artículo 42 (Royal Dutch Shell, 2018) dice que la dirección debe ser precisa y sin ningún tipo de juego, y que además el radio de giro mínimo debe ser de 8 m.

Adicionalmente el artículo 43 (Royal Dutch Shell, 2018) expresa las particularidades sobre el sistema de frenado del prototipo, tales como que el freno para las ruedas delanteras debe ser independiente a las ruedas posteriores y que cada uno de estos deben ser capaces de inmovilizar al vehículo.

Finalmente, la sección 4B (Royal Dutch Shell, 2018) hace énfasis en los requerimientos que debe tener el motor de combustión interna, los cuales son:

- El motor utilizado debe ser de 4 tiempos y no se permitirá que este use un sistema de inyección a carburador.
- No se permitirán bombas eléctricas de combustible, pueden usarse bombas mecánicas o combustible directamente presurizado
- El sistema de alimentación de combustible debe ser totalmente visible y este no debe presentar inconvenientes para el drenado del mismo
- No se permitirá arranque manual, el arranque deberá ser eléctrico durante la competición, y este no deberá presentar ningún tipo de propulsión al vehículo.

3.2 Diseño del prototipo

El diseño del prototipo es de suma importancia para el soporte de todos los elementos, distribución aerodinámica, para así obtener los mejores resultados, buscando componentes específicos, compactos y eficientes.

3.2.1 Selección de motor

La selección del motor para la competencia Shell Eco-Marathon es uno de los más importantes factores para el éxito del equipo. La meta es mejorar la eficiencia del consumo de combustible, para lo cual encontrar un motor que sea capaz de proveer de movimiento al prototipo mientras consume un mínimo de combustible, es de vital importancia. También hay que considerar que durante la competencia los equipos están permitidos encender y apagar el motor durante la carrera guiándose en una estrategia de

competencia, la eficiencia en general del motor es considerada por sobre la potencia final que este pueda tener. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de los motores pequeños comienzan con una gran desventaja, puesto que el diseño de estos está dado para funcionar con un sistema más simple como es el carburador. El carburador aparte de mermar la eficiencia en cuanto a consumo de combustible, esta contra la reglamentación. Por lo que se prioriza un motor que funcione originalmente a inyección electrónica, o que sea fácilmente modificable.

Además, la relación de compresión es otra forma de mejorar la eficiencia de un motor, por lo que también se debería considerar buscar un motor que sea fácil de modificar o que tenga una relación de compresión alta. Al tener un presupuesto limitado, la relación de costo/rendimiento también será muy tomada en cuenta.

Los motores para considerar fueron 3: Honda GY6-QMB 50cc, Honda GX25 25cc, y un Honda GX35 35cc. Los motores fueron comparados en términos de potencia, torque, relación de compresión, facilidad de repuestos en el mercado local, arranque del motor, tipo de embrague, consumo inicial de combustible, costo. La **Figura 1-3** indicará el motor GY6-QMB, la **Figura 2-3** presentará al motor GX25 mientras que la **Figura 3-3** será del motor Honda GX35. Los motores serán calificados con valores de 1,5 y 10, donde 10 será la mejor calificación posible y 1 será la peor.



Figura 1-3: Motor Honda GY6-QMB

Fuente: Honda North America, 2018



Figura 2-3: Motor Honda GX 25

Fuente: Honda North America, 2018



Figura 3-3: Motor Honda GX 35

Fuente: Honda North America, 2018

Tabla 1-3: Selección de motor, matriz de decisión

	Porcentaje asignado	Honda GY6-QMB	Honda GX25	Honda GX35
Potencia y torque	5%	1	10	5
Relación de compresión	25%	10	1	1
Facilidad de Repuestos	20%	1	1	10
Tipo de arranque	10%	10	1	1

Tipo de embrague	10%	5	5	5
Consumo de combustible	10%	1	10	5
Costo	20%	1	5	10
Total	100% (10 puntos)	4.55	3.55	5.6

Fuente: Honda Ecuador, 2018

Realizado por: Autores

En la categoría de potencia y torque, entre menos es mejor. El prototipo debe ser ligero, de tal modo que no se necesita de grandes características para alcanzar la velocidad deseada. El motor GY6-QMB produce 2.1 kW a 6500 rpm y posee un par de 3.1 Nm a 5500 rpm (Honda, 2018), el motor GX25 produce 0.72 kW a 700 rpm y 1 Nm a 5000 rpm (Honda, 2018) y finalmente, el motor GX35 produce 1 kW a 7000 rpm y 1.6 Nm a 5000 rpm (Honda, 2018). Una vez mencionadas las características, se puede decir que el motor GX25 producirá lo necesario para poder mover el vehículo, pero nada más que eso, sin embargo, fue quien tuvo la mejor calificación en esta categoría, seguido por el motor Honda GX35.

En cuanto a relación de compresión del motor, es importante medir la eficiencia termodinámica a una alta relación, entre más eficiente sea esta, la eficiencia del motor será mayor. Para esta categoría, el motor Honda GY6-QMB es quien tiene una relación de compresión más alta, siendo esta de 10,5:1 (Honda, 2018) siendo este calificado con 10 puntos, mientras que los otros dos comparten relación de 8:1 (Honda, 2018) teniendo una calificación acorde.

El motor GY6-QMB es un motor utilizado en scooter y pequeñas motos, mientras que los motores de serie GX son utilizados en maquinaria de jardinería especialmente. Sin embargo, los motores GX25 y GY6-QMB son muy poco utilizados en el país, siendo estos motores traídos únicamente bajo pedido, en contraste con el motor GX35 el cual ha sido casi un estándar para bombas fumigadoras, existiendo actualmente todos los repuestos y asesoría en el país para este motor (Honda GX35), por este motivo el motor GX35 será quien tenga los 10 puntos.

Por normativa de la competencia, el motor debe poseer un motor de arranque, siendo el motor Honda GY6-QMB el único que lo tiene (Honda, 2018), por lo que será calificado con 10 puntos en esta categoría, mientras que los otros dos con la calificación más baja.

Para la siguiente categoría, todos los motores ocupan el mismo tipo de embrague, este es de tipo centrífugo, por lo que todos son calificados con una nota intermedia de 5 puntos.

Las medidas de consumo inicial del motor (sin modificaciones), fueron tomadas con referencias a sus fichas técnicas, donde el motor GX25 consume 0.54 l/hr a 7000 rpm (Honda, 2018), el GX35 consume 0.71 l/hr a 7000 rpm (Honda, 2018) y el GY6-QMB utiliza 1.04 l/hr a 6500 rpm (Honda, 2018). A pesar de que el motor va a sufrir modificaciones, es bueno tener como punto de partida un motor de bajo consumo, por lo que del mismo modo se le asignó la mejor calificación al GX25.

Para la categoría de costos, no se tomó en cuenta únicamente el precio del motor, sino la facilidad de adquisición, los motores GY6 y GX25 al estar incorporados en poca maquinaria, esta tiene a ser relativamente costosa, por lo que el motor GX35 es quien gana en esta categoría.

Por lo tanto, y sumando los valores obtenidos, el motor con mejor calificación es el Honda GX35, con una valoración de 5.6 puntos.

3.2.2 Selección del sistema de transmisión

Para nuestro prototipo, nosotros basamos nuestro diseño en tres posibles sistemas de transmisión. Y, antes que nada, debemos tener en cuenta que el torque final que es proporcionado a las llantas es el que nos llevará a nuestra meta de aumentar la eficiencia energética en nuestro vehículo. Los tres tipos seleccionados son: disco de embrague y caja de cambios, transmisión cvt con uso de correa, y finalmente cadena y piñón.

Para la selección del sistema de transmisión a emplearse, se tomó en cuenta el peso de la transmisión, por obvias razones se debe buscar la opción más ligera posible, la alta fiabilidad, alta simplicidad, y finalmente el costo de implementar la transmisión a nuestro prototipo. Para la matriz de decisión empleada, valores entre 1 y 5, donde 5 es considerado como la mejor calificación, y 1 es la peor.

Tabla 2-3: Selección de transmisión, matriz de decisión

	Peso	Fiabilidad	Simplicidad	Costo	Total
Porcentaje asignado	30%	30%	10%	30%	100% (5 puntos)
Disco de embrague con caja de cambios	1	5	2	3	2.9
Transmisión CVT con correa	4	3	3	3	3.3
Cadena y piñón	5	3	5	5	4.4

Fuente: Honda Ecuador, 2018

Realizado por: Autores

“Peso” se refiere a que tan ligero una transmisión es, por ejemplo, la transmisión más ligera en esta matriz de decisión es el sistema de cadena y piñón. Es importante que el peso tenga un alto porcentaje, debido a que una de las metas del diseño de este prototipo es que sea lo más ligero posible para poder aumentar la eficiencia. “Fiabilidad”, trata en que tanto tiempo el sistema puede durar sin presentar algún tipo de problema. Al igual que la categoría anterior, presenta la misma importancia en nuestro diseño, al analizar minuciosamente las opciones, el sistema de embrague y caja de cambios es el mejor en esta característica. “Simplicidad”, se refiere a que tanto tiempo tomará implementar el sistema al prototipo. Finalmente, el “costo”, tiene igual importancia que las dos primeras categorías.

Como conclusión, podemos decir que la mejor opción para la transmisión es el sistema de piñón y cadena (4.4 de 5), satisface nuestra meta de mantener el peso del prototipo lo más liviano posible. Además, este sistema representa una fiabilidad aceptable, es simple de implementar y relativamente representa bajos costos en relación con los otros.

3.2.3 Frenos

El vehículo necesita maniobrar a través de un trazado y tiene la necesidad de frenar abruptamente, Tres diferentes sistemas de freno fueron considerados para este proyecto: frenos de disco, frenos de pinza y freno de tambor

La matriz de decisión a continuación está dada con valoraciones entre 1 y 10. Siendo los posibles valores para tomar los siguientes: 1,5, y 10. La valoración de 10 corresponde a la mejor nota posible, mientras que la de 1 será la peor. Cada categoría considerada tendrá un porcentaje de la valoración final asignada.

Tabla 3-3: Selección de sistemas de frenos, matriz de decisión

	Porcentaje asignado	Disco	Pinza	Tambor
Peso	30%	10	10	1
Fiabilidad	30%	10	1	1
Simplicidad	10%	10	10	5
Costo	30%	5	10	5
Total	100% (10 puntos)	8.5	7.3	2.6

Realizado por: Autores

Las características consideradas en esta matriz de decisión son peso, fiabilidad, costo y simplicidad del sistema.

El peso del sistema es importante debido a la necesidad de mantener liviano al prototipo. Un sistema ligero ayudará a que el prototipo sea más competitivo frente a otros equipos. El sistema de frenos de tambor es relativamente hablando el más pesado debido al tamaño de sus componentes. Los otros dos sistemas son mucho más livianos ya que sus componentes son mucho más pequeños.

La fiabilidad del sistema implica a que tanto tiempo puede funcionar sin presentar algún inconveniente. También se consideró en que tan bien puede disipar calor. El freno de disco es generalmente el más fiable en comparación a los otros dos. Es bien conocido la simplicidad de diseño de los frenos de disco, y al estar expuestos con el medio ambiente

disipan el calor muy fácilmente, esto en contraste con los otros dos que no lo presentan, siendo esta característica muy importante ya que no presenta un decaimiento de rendimiento cuando está expuesto a altas temperaturas.

La simplicidad del sistema se relaciona a la cantidad de tiempo que toma, diseñarlos e implementarlos, de modo que el sistema funcione correctamente. Los sistemas de disco y pinza presentan casi la misma simplicidad, puesto que requieren solo un punto de montaje, además que presentar variantes en su sistema, como lo son de tipo hidráulico o mecánico. Se debe tener en cuenta que, para el montaje de cualquiera de los dos sistemas, se requiere de un punto de anclaje estacionario.

Finalmente, el costo, al ser un limitante crítico en el proyecto, lo que se buscará es la mejor propuesta costo-beneficio.

La propuesta que tuvo una mejor valoración en la matriz de decisión fue el sistema de frenos de disco.

3.2.4 Selección de la forma de la carrocería

La selección de la forma de la carrocería es de vital importancia, puesto que no solo definirá su silueta exterior, sino que también, afectará directamente en el diseño del bastidor que el prototipo poseerá.

Para esta decisión nos basaremos en un parámetro, el cuál será la disposición de las ruedas con respecto a la carrocería.

Esta decisión será tomada con respecto a los equipos ganadores de la última competencia, en la categoría prototipos con motores de combustión interna, en las 3 grandes competiciones.

En la competencia SEM 2018 Americas, el equipo BYU SMV, University of Toronto Supermileage y Mater Dei Supermileage, equipos que terminaron en primer, segundo y tercer lugar respectivamente.



Figura 4-3: Prototipo de BYU SMV, SEM Americas 2018

Fuente: Royal Dutch Shell, 2018

Mientras que los favorecidos en la SEM 2018 Europa fueron, Microjoule-La Joliverie, TED y PV3E.



Figura 5-3: Prototipo de Microjoule-La Joliverie, SEM Europa 2018

Fuente: Royal Dutch Shell, 2018

Finalmente, en la SEM 2018 Asia, los equipos que compartieron podio fueron, Panjavidhya1, ZEAL ECO-POWER PROTO, y Clean Diesel Team.



Figura 6-3: Prototipo de Panjavidhya 1, SEM Asia 2018

Fuente: Royal Dutch Shell

La constante entre estos 9 equipos elites fue que la disposición de las ruedas estaba en la parte interior de la carrocería, además que todos tienen una forma alargada. Por tal motivo nosotros empezaremos nuestro diseño a partir de ese punto.

3.2.5 Diseño del Bastidor

Se definió el modelo del bastidor ajustándose a la forma de la carrocería seleccionada anteriormente, se empezó realizando bocetos preliminares, tomando en cuenta medidas tentativas rigiéndonos al reglamento y estatura del piloto ayudándonos de software CAD, posteriormente se realizó una selección de materiales ajustándonos al mercado local y a procesos de manufactura adecuados.

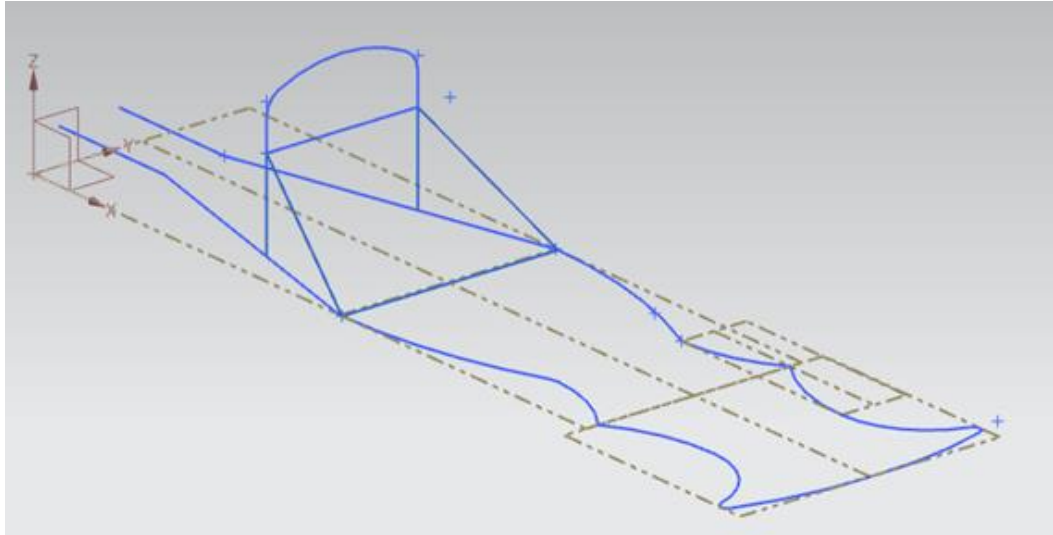


Figura 7-3: Boceto preliminar del bastidor

Realizado por: Autores

El bastidor es el elemento automotriz que está encargada de soportar el peso del piloto, además de la totalidad de componentes propios del prototipo, estos son batería, motor, transmisión, sistema de freno, dirección, luces, etc.

Por tal motivo debe poseer ciertas características de rigidez, y brindar seguridad al piloto en caso de colisiones.

3.2.5.1 Propuesta de diseño

Tomando en cuenta la reglamentación proporcionado por el organizador, y basándonos en prototipos que han concursado previamente en la competición, se estableció la siguiente propuesta de diseño, el piloto se situará en la parte de en frente del prototipo en una posición casi acostada, compartiendo espacio únicamente con el timón de la dirección y los mandos del vehículo, quedando el resto de los componentes situados en la parte posterior del mismo.

La principal ventaja que posee esta propuesta es que se mantiene una figura alargada de la carrocería manteniendo las prestaciones aerodinámicas que este debe poseer. Sin descuidar la seguridad mínima que debe presentar para el conductor.

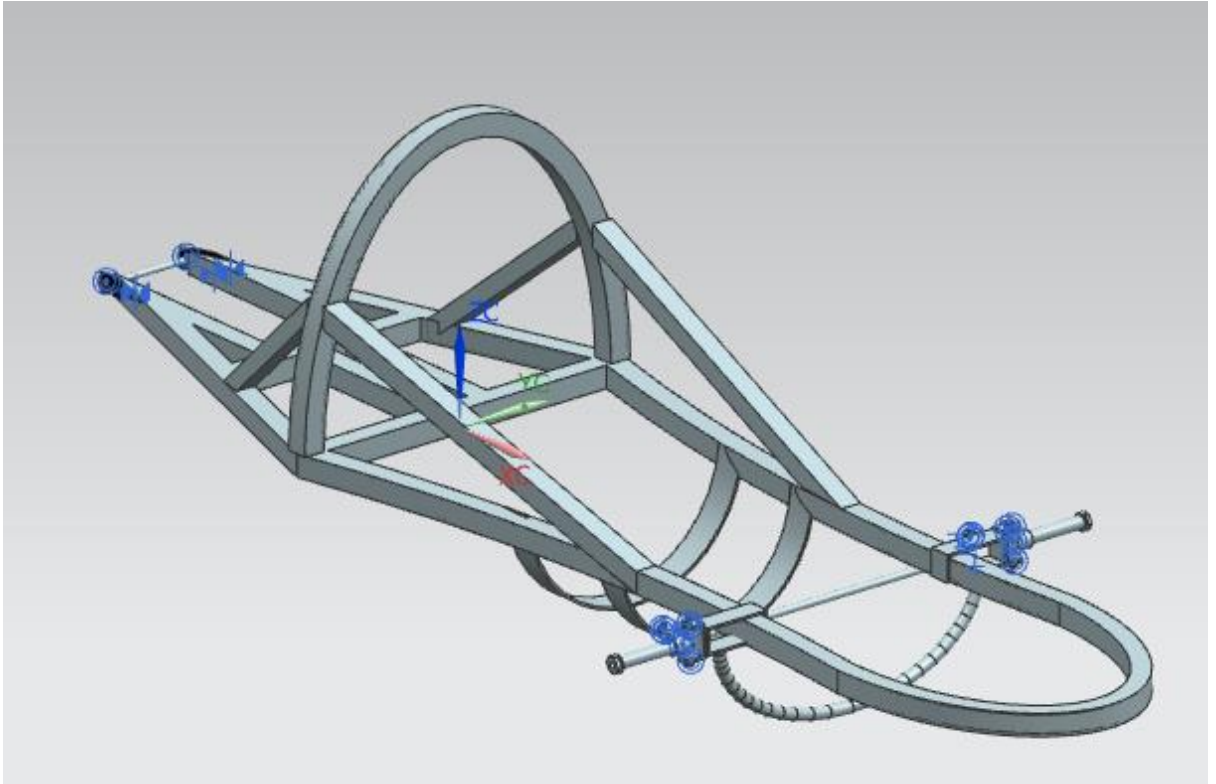


Figura 8-3: Figura propuesta del diseño del bastidor

Realizado por: Autores

3.2.5.2 Selección de materiales

Para poder seleccionar los materiales, se establecieron varias alternativas priorizando materiales fáciles de encontrar en el mercado local, que nos brinden las propiedades mecánicas necesitadas y que además nos brinde cierto tipo de ventaja para la competencia.

En primera instancia se realizó un estudio de los prototipos participantes en la competencia Shell Eco Marathon Brasil 2017, para determinar que materiales fueron los más comunes dentro de pista. Por motivos de privacidad de los equipos participantes no fue posible encontrar la aleación o variante de acero que fue ocupada en específico, sin embargo, se estableció una muestra de los equipos participantes de la siguiente manera.

Del registro de equipos participantes, 16 fueron en la categoría prototipos, cuya fuente de energía era gasolina o etanol.

De modo que para determinar el tamaño de la muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2}}{1 + \frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2 \cdot N}}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

e= Margen de error

p= Nivel de confianza

z= Puntuación Z

La puntuación Z esta tabulada de acuerdo con el nivel de confianza (**Tabla**)

Tabla 4-3: Puntuación Z de acuerdo con el nivel de confianza

Nivel de Confianza deseado	Puntuación z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

Fuente: (Survey Monkey, 2016)

Realizado por: Autores

Reemplazando en la fórmula anteriormente mencionada, se puede obtener lo siguiente:

$$n = \frac{\frac{2.58^2 \cdot 0.99(1 - 0.99)}{0.01^2}}{1 + \frac{2.58^2 \cdot 0.99(1 - 0.99)}{0.01^2 \cdot 16}}$$

$$n = 15.62 \approx \mathbf{16}$$

El resultado del tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 99% es de 15.62, lo que nos indica que la muestra será igual a la totalidad de equipos participantes.

Se resumió en la siguiente tabla (Tabla 5-3) los equipos que concursaron en el 2017 y el material del que estaban hechos sus respectivos bastidores.

Tabla 5-3: Equipos participantes y materiales que utilizaron para su bastidor

No.	Equipo	Material
1	EcoVeículo – Gasolina	Aleación de aluminio
2	Eficem Gasoline	Aleación de aluminio
3	Equipe Capivara	Aleación de aluminio
4	Equipe Coyote EC05	Variación de acero
5	Drop Team	Aleación de aluminio
6	e3 - Equipe UFSC de Eficiência Energética	Aleación de aluminio
7	Eco Octano UFPR	Aleación de aluminio
8	EcoRacing Gasolina	Otros
9	Equipe EcoOpala	Otros
10	Equipe PoliMilhagem	Aleación de aluminio
11	Equipe Roots de Eficiência Energética	Variación de acero
12	EQUIPE TRIÂNGULO VERDE	Variación de acero
13	GEFISUL PASSO FUNDO	Aleación de aluminio
14	IFC ECO TEAM – GASOLINA	Aleación de aluminio
15	Milhas Gerais	Variación de acero
16	Pato a Jato II	Aleación de aluminio

Fuente: Shell Eco-Marathon Brasil, 2017

Realizado por: Autores

Se procedió a realizar un histograma de frecuencias, y un gráfico de porcentajes, mismos que nos permita determinar que materiales son los más comunes dentro de esta competencia, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 6-3: Frecuencias y porcentajes de los materiales ocupados por otros equipos concursantes

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Aleación de aluminio	10	62,5	62,5	62,5
Variación de acero	4	25	25	87,5
Otros	2	12,5	12,5	100
Total	16	100	100	

Realizado por: Autores

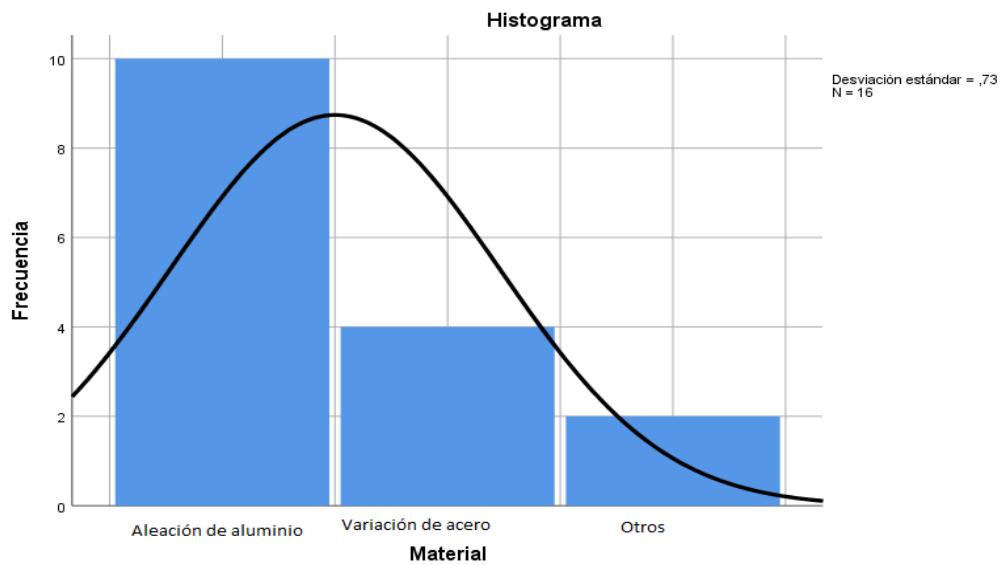


Gráfico 1-3: Histograma de frecuencias de materiales empleados por otros equipos

Realizado por: Autores

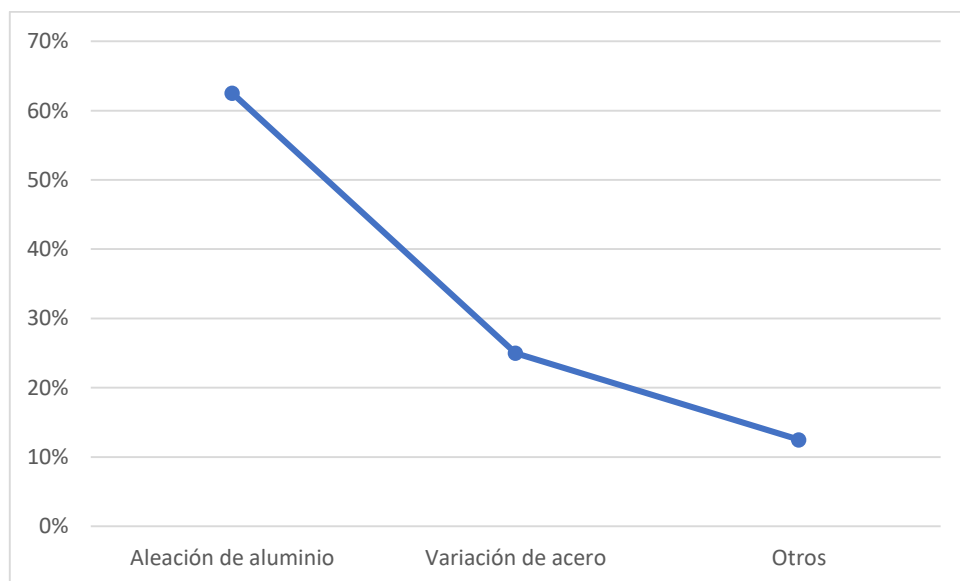


Gráfico 2-3: Porcentaje de materiales utilizado por los equipos participantes

Realizado por: Autores

Los resultados estadísticos (**Gráfico 1-3** y **Gráfico 2-3**) muestran que el aluminio (62.5 %) y el acero (25 %) son los materiales más populares dentro de la competición, se procedió a analizar 3 opciones, para determinar la más viable, y estos son:

- Acero estructural negro ASTM A 500
- Aluminio 6063-T5

- Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono

Con el fin de seleccionar la mejor opción, se tomó en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

Costo: Al ser un Inter universidades, se maneja un presupuesto limitado, por lo que se deber buscar la opción más viable.

Adquisición: El material debe estar en el mercado local, para poder cumplir con el cronograma de trabajo.

Proceso de manufactura: Los materiales deben tener procesos de manufactura sencillos de modo que el presupuesto global no se encarezca, además de que no genere tiempos extra en la construcción del prototipo.

Propiedades mecánicas: Se buscará el material que nos brinde las mejores propiedades mecánicas, haciéndose énfasis en el peso y límites elásticos y de tracción.

Tabla 7-3: Propiedades Mecánicas de Acero estructural ASTM A 500

Propiedad	Valor
Peso específico (kg/m³)	7850
Límite elástico (MPa)	230
Límite de tracción (MPa)	310

Fuente: RIOS, J; RODRIGUEZ, Y; 2017

Realizado por: Autores

Tabla 8-3: Propiedades Mecánicas de Aluminio 6063-T5

Propiedad	Valor
Peso específico (kg/m³)	2700
Límite elástico (MPa)	175
Límite de tracción (MPa)	130

Fuente: ALACER MAS; 2018

Realizado por: Autores

Tabla 9-3: Propiedades Mecánicas de Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono

Propiedad	Valor
Peso específico (kg/m³)	3000
Limite elástico (MPa)	400
Límite de tracción (MPa)	250

Fuente: (Ohsaki, et al., 1977)

Realizado por: Autores

Tabla 10-3: Selección de materiales para el bastidor, matriz de decisión

	Porcentaje asignado	Acero estructural ASTM A 500	Aluminio 6063-T5	Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono
Costo	25%	10	5	1
Adquisición	15%	10	5	1
Proceso de manufactura	10%	10	5	5
Propiedades mecánicas	50%	1	5	10
Total	100% (10 puntos)	5,5	5	5,9

Realizado por: Autores

Se asignó valores de 1 para la peor opción, 5 para la opción intermedia, y 10 para la mejor opción, una vez mencionado eso, se escogerá al Aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono debido que es el que presenta mejores propiedades mecánicas con respecto al resto.

Una vez seleccionado el material base con el cual se trabajará, se procederá a seleccionar las dimensiones del tubo de aluminio a ser trabajado mediante un catálogo del distribuidor local.

Tabla 11-3: Catálogo de tubo cuadrado, Aluminio 6063-T5

B

REFERENCIA	Lado B		Espesor(E)	Peso
	Milímetros	Pulgadas	mm	Kg/m
1014	44.40	1 3/4	1.90	0.875
1015	50.80	2	2.00	1.058
1017	38.10	1 1/2	2.40	0.929
**1244	22.20	7/8	1.20	0.298
*1285	25.40	1	1.60	0.488
1286	25.40	1	1.80	0.461
1373	31.73	1 1/4	1.80	0.584
1386	38.10	1 1/2	1.80	0.708
**1466	22.20	7/8	1.00	0.231
1555	16.00	5/8	1.20	0.193
1567	28.50	1 1/8	1.30	0.383
1583	38.10	1 1/2	1.20	0.480
1714	25.40	1	1.30	0.340
1848	50.80	2	3.18	1.642
1852	50.80	2	1.40	0.750
1854	31.75	1 1/4	1.10	0.366
*1855	25.40	1	1.30	0.412
1893	76.20	3	1.80	1.451
**1900	101.60	4	6.35	6.538

Fuente: CEDAL, 2018

El tubo base con el que se va a trabajar será un tubo cuadrado de arista de 1 ¼ de pulgada y 1.1 mm de espesor. La fibra de carbono con la que se va a trabajar es de tipo 3k bidireccional similar a la del estudio de Ohsaki, esto servirá para realizar las respectivas simulaciones y análisis de comportamiento de la estructura ante cargas.

3.2.5.3 Análisis Estático

Una vez concluida la fase de diseño mediante el uso de software CAD, se procedió a aplicar el método de elementos finitos, tomando en cuenta un análisis estático, donde se aplicará cargas distribuidas que simularan el peso del piloto; con el fin de conocer la deformación máxima a la que está sujeto y el factor de seguridad estructural.

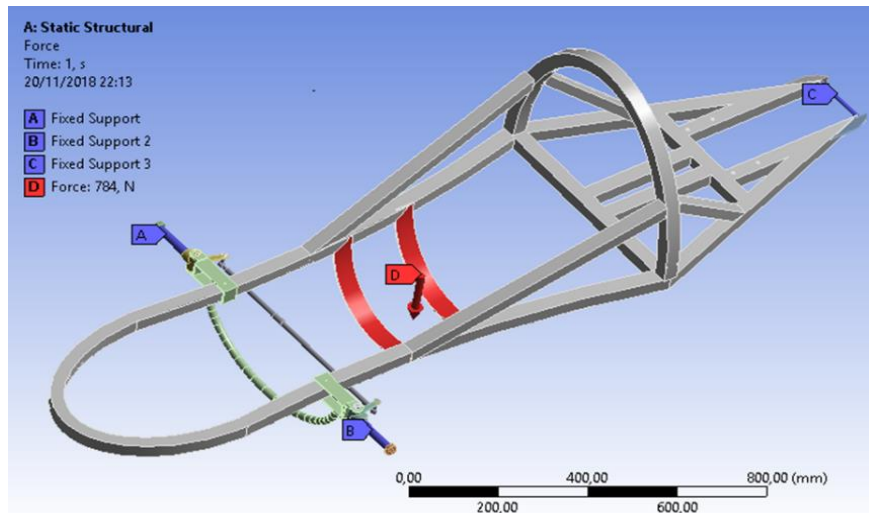


Gráfico 3-1: Distribución de Cargas a las que está sujeto el bastidor

Realizado por: Autores

Se decidió aplicar una carga distribuida en la base del asiento del piloto, puesto que será el lugar donde se concentre de mayor manera el peso dentro del prototipo. Se asignó una carga de 784 N, y los bujes de la dirección serán los puntos de apoyo fijo. Tal como lo indica la **Gráfico 3-1**.

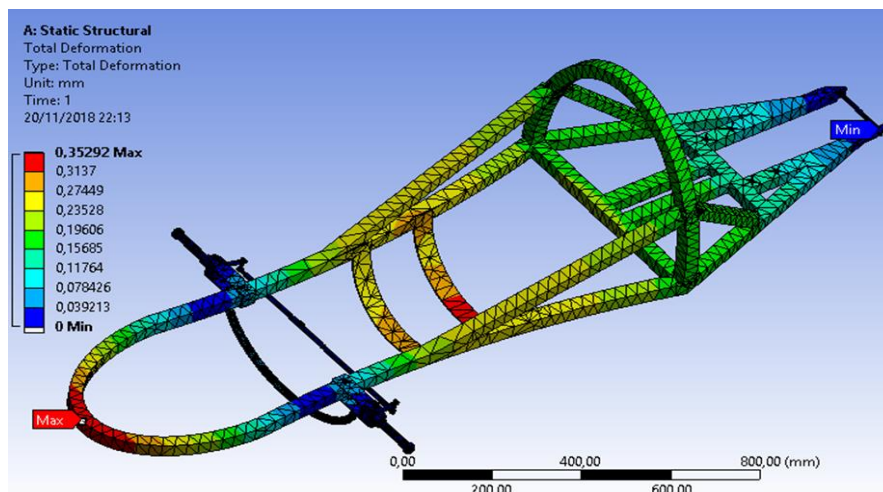


Gráfico 4-3: Análisis de deformaciones en el bastidor

Realizado por: Autores

Mediante este análisis total de deformaciones (**Gráfico 4-3**), podemos constatar que existe una elongación máxima de 0.35 mm ubicado justo en la parte frontal del bastidor. Del mismo modo, existe una deformación considerable en el lugar donde el piloto se

apoyará, zona donde el piloto apoyará la mayor cantidad de su peso, tal como lo muestra el **Gráfico 4-3**, junto con la zona antes mencionada, la superficie correspondiente a la punta del prototipo presenta cierta deformación considerable. Sin embargo, los resultados al ser menores a 1 mm no comprometerán en absoluto el correcto funcionamiento del prototipo.

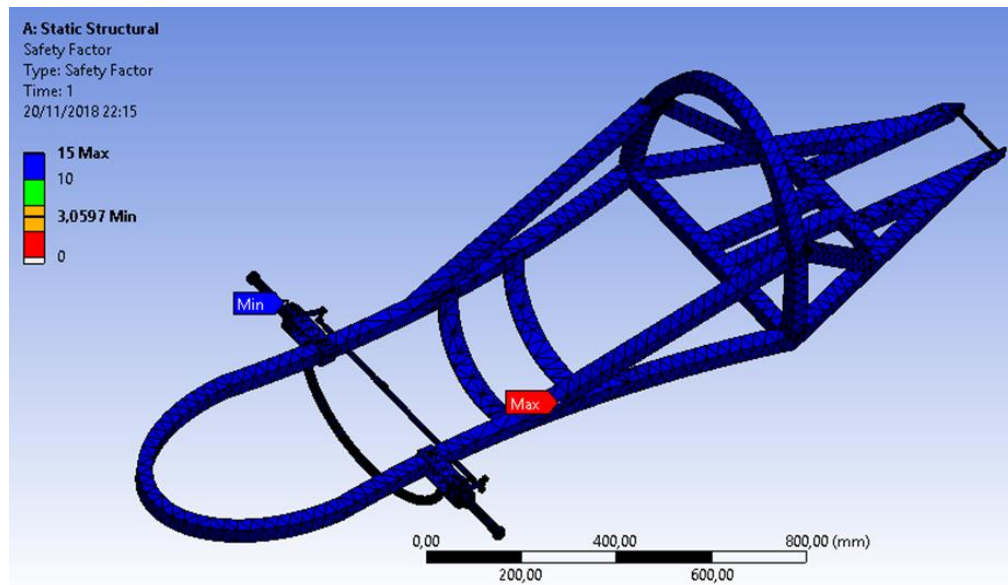


Gráfico 5-3: Análisis del factor de seguridad del bastidor

Realizado por: Autores

El factor de seguridad es una medida relativa en la que se relaciona el esfuerzo máximo que puede soportar un elemento con el esfuerzo al que va a ser sometido. Se considera un factor de seguridad aceptable si este es mayor a 1, ya que con eso garantizamos que no va a presentar fallas. El **Gráfico 5-3**, muestra que posee un factor de seguridad de 3, lo que satisface nuestros requerimientos.

Se puede esquematizar los resultados en la siguiente tabla (**Tabla 12-3**):

Tabla 12-3: Resultados del análisis estático

Característica	Valor
Deformación total máxima	0.352 mm
Factor de seguridad mínimo	3.059

Realizado por: Autores

3.2.6 Diseño de la Carrocería

Una vez seleccionado la forma de la carrocería y diseñado el chasis, se puede diseñar la carrocería, se busca que este sea lo más ligera posible, que posea una figura aerodinámica beneficiosa para la competencia, y que cumpla con los requerimientos de la carrera establecido por los organizadores.

Se empezará por la selección de los materiales para la carrocería, se tomará en cuenta únicamente dos opciones:

- Fibra de vidrio
- Fibra de carbono 3k bidireccional

Tabla 13-3: Selección de materiales para la carrocería, matriz de decisión

	Porcentaje Asignado	Fibra de Vidrio	Fibra de Carbono 3k bidireccional
Costo	20%	10	5
Adquisición	15%	10	5
Propiedades Mecánicas	50%	2	10
Proceso de manufactura	15%	5	5
Total	100% (10 puntos)	5,25	7,5

Realizado por: Autores

Para la matriz de decisión propuesta en la **Tabla 13-3**, se establece como primer ítem el costo, al ser una competencia estudiantil, el presupuesto es limitado, por tal motivo se le asignó un 20% de la calificación final, donde 10 es considerado como la mejor propuesta, y 1 la peor. En el caso de la fibra de vidrio, si se lo contrasta con la de carbono es mucho más barata, y es por eso por lo que obtiene una calificación de 10.

El segundo ítem en cuestión es la adquisición, relacionando este con la facilidad de obtener la materia prima, al ser la fibra de carbono un material no tan explotado en el mercado ecuatoriano, solo se la puede obtener en las ciudades más grandes del país, por lo que obtiene una calificación de 5.

El tercer elemento, es el más importante, ya que nos permitirá optimizar recursos y mejorar las prestaciones del prototipo, las propiedades mecánicas prácticamente se resumen al peso de los materiales, en el caso de la fibra de vidrio, al ser unidireccional se necesitan más capas para generar una superficie rígida, lo que aumenta sustancialmente el peso de este. Por otro lado, la fibra de carbono es un material que nos brinda mayores beneficios utilizando una menor cantidad de materia prima, por tal motivo se le asigna una calificación de 10.

Finalmente, el proceso de manufactura hace alusión a que tan difícil es tratar la materia prima para que tome la forma que uno busca, en el caso de los dos materiales, necesitan de una matriz (Resina Epoxi) para que tome la forma buscada, por lo que ambos comparten calificación.

Una vez realizada la matriz de decisión, el mejor material posible para el diseño y construcción de la carrocería es la fibra de carbono 3k bidireccional.

La forma de la carrocería se la planteó de la siguiente manera:

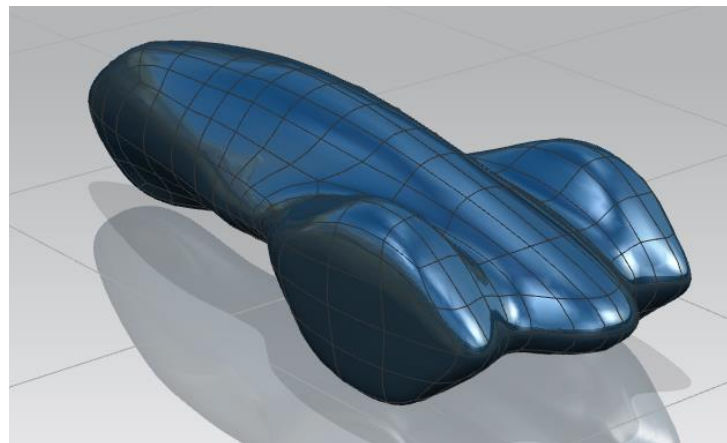


Figura 9-3: Forma propuesta para la carrocería

Realizado por: Autores

La **Figura 9-3** consta de una silueta suave sin cambios bruscos en su contorno, manteniendo una figura alargada y en forma de gota.

3.2.6.1 *Análisis Aerodinámico*

Siguiendo los lineamientos de la competencia, uno de los factores clave en el rendimiento del prototipo es la figura aerodinámica por lo que se consideró competente realizar un

análisis CAE para determinar los puntos donde se generará mayor resistencia aerodinámica.

Se realizó dos estudios de presiones sobre la carrocería ejercida por el viento a distintas velocidades:

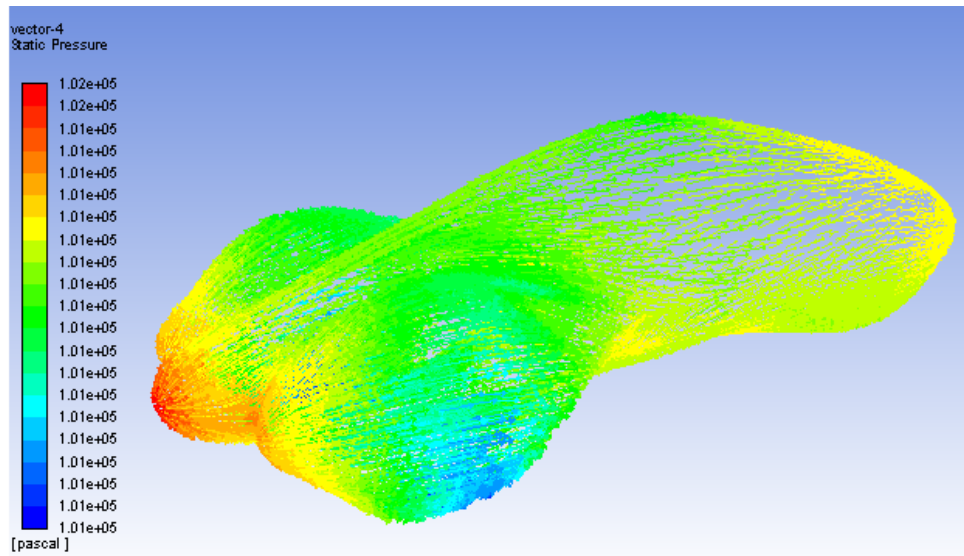


Gráfico 6-3: Análisis de presión sobre la carrocería a una velocidad de 9 m/s

Realizado por: Autores

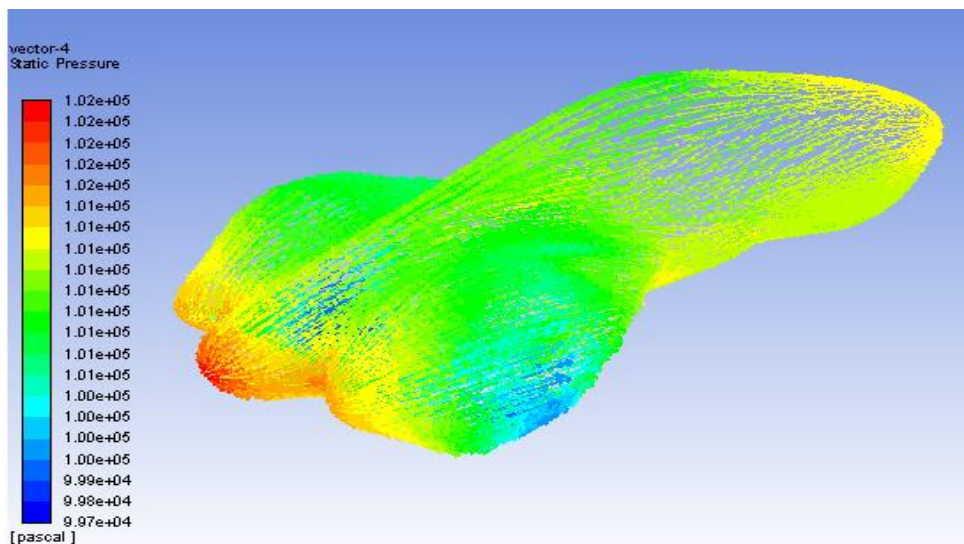


Gráfico 7-3: Análisis de presión sobre la carrocería a una velocidad de 16 m/s

Realizado por: Autores

Como se muestra en el Gráfico 6-3 y Gráfico 7-3, las zonas que presentarán mayor resistencia al viento es la parte frontal, sin embargo, se genera una presión absoluta

ligeramente superior a la presión atmosférica (10.1325 kPa), coincidiendo en ambos casos los resultados, siendo este de 10.2 kPa.

Hay que tomar en cuenta que, se generan depresiones justo en el espacio donde van las ruedas, siendo este más notorio cuando la velocidad del vehículo aumenta. En todo caso una depresión de 1625 Pa generada a 16 m/s no es tan representativa si tomamos en cuenta que la velocidad promedio del vehículo en pista será de 9 m/s.

3.3 Construcción del Prototipo

3.3.1 Construcción del Bastidor

Una vez concluido el diseño del bastidor de acuerdo con los parámetros establecidos por nosotros y la reglamentación del organizador. Contrastado correctamente por el análisis CAE, utilizando software especializado, se procedió a la manufactura del bastidor como punto de partida del prototipo.

La construcción del bastidor empieza con el doblado de los largueros y travesaños principales del prototipo, para esto se utilizó la técnica de doblado por rodillos donde obtuvimos la forma exacta que estábamos buscando, y posterior ensamblaje, para el ensamblaje no utilizamos métodos de soldadura, se unieron los componentes del bastidor utilizando remaches.



Figura 10-3: Fase inicial de construcción del bastidor

Realizado por: Autores

En la **Figura** 10-3 se puede apreciar la curvatura de los largueros, y se sustituyó las zonas de soporte de los neumáticos con Acero ASTM A 500 con la finalidad de minimizar los riesgos de falla durante la competición.



Figura 11-3: Bastidor reforzado con fibra de carbono

Realizado por: Autores

Una vez obtenida la forma deseada, se reforzó todo el bastidor con fibra de carbono, como se muestra en la **Figura 11-3**, de modo que sus propiedades mecánicas mejoraron, siendo similares a los resultados obtenidos en el análisis CAE. Se aplicó una capa adicional en las zonas que nos demostraron (el análisis) que van a estar sometidas a mayor esfuerzo.

3.3.2 Montaje del Tren de Potencia

Se montó el motor en la parte central del compartimento posterior del bastidor, cercano a la roll bar, para hacerlo se instalaron bases en el motor para poder sujetarlo del bastidor.

Para la implementación de la transmisión, se utilizó el embrague centrífugo que vino junto con el motor, y se lo acopló a una transmisión de karting para una primera desmultiplicación, **Figura 12-3**, y para una segunda desmultiplicación se utilizó el juego

de cambios de una bicicleta, **Figura 12-3**, evitando así en incurrir gastos innecesarios en otras adaptaciones.

El sistema de cambios esta dado desde el timón del piloto, siendo un mando secuencial idéntico al de una bicicleta, brindándonos 5 relaciones de transmisión diferentes como se muestra en la **Tabla 14-3**.

Tabla 14-3: Relaciones de transmisión para las diferentes marchas del prototipo

Marcha	Relación de Transmisión
1	18,29:1
2	14,78:1
3	12,67:1
4	11,26:1
5	9,85:1

Realizado por: Autores

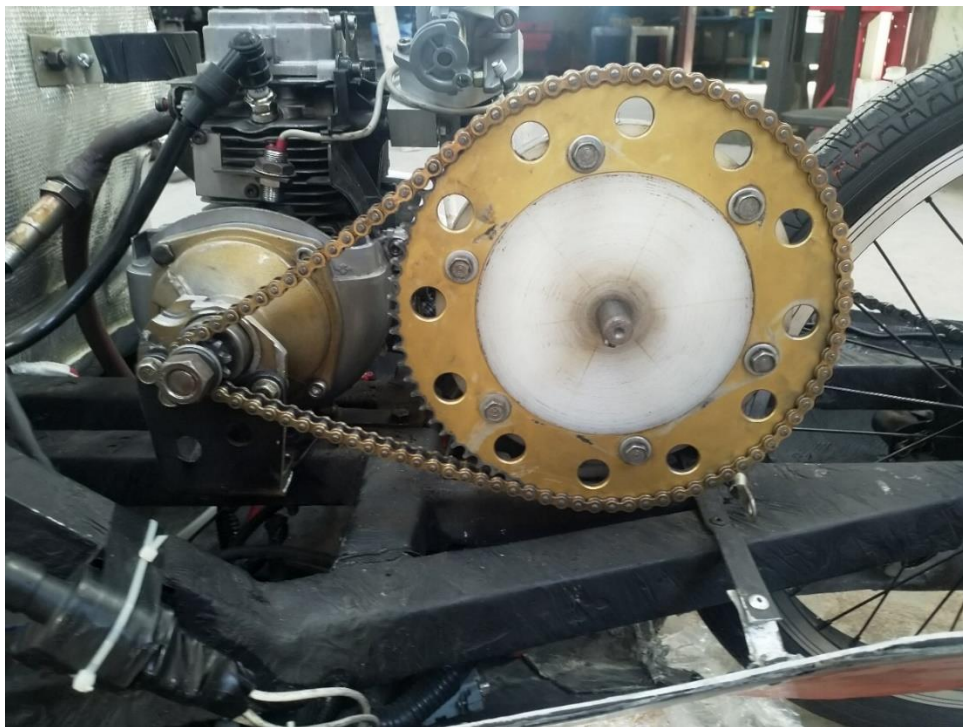


Figura 12-3: Primera desmultiplicación del sistema de transmisión

Realizado por: Autores



Figura 13-3: Segunda desmultiplicación del sistema de transmisión

Fuente: Autores

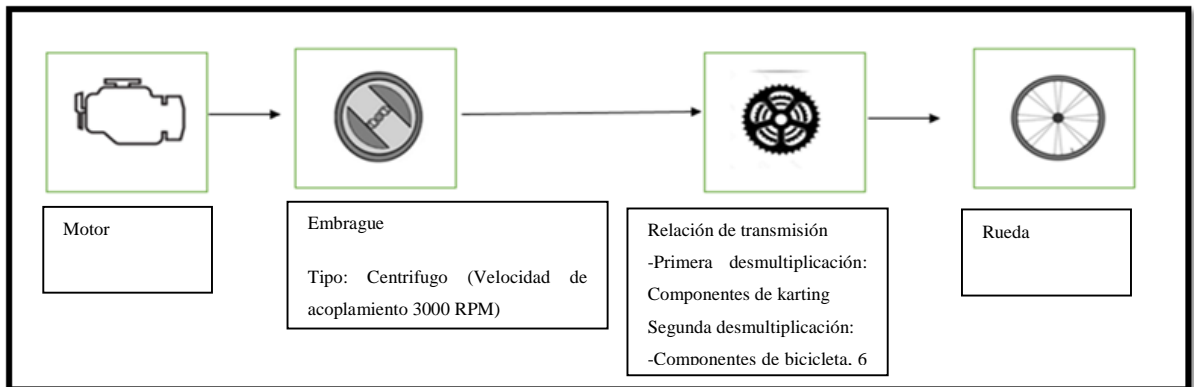


Figura 14-3: Diagrama de bloques del tren de potencia

Realizado por: Autores

Mediante la **Figura 14-4**, se esquematizó mediante un diagrama de bloques la transmisión del movimiento desde el motor hasta los neumáticos.

3.3.3 Conversión del Sistema de Inyección Electrónica

Por reglamentación el motor debe funcionar con un sistema de control electrónico, para lo cual nos permitiremos realizar unas modificaciones mínimas para el motor.

Se dispuso a instalar los siguientes componentes:

- Un módulo de control electrónico
- Sensor MAP
- Sensor de temperatura del motor
- Sensor de temperatura del aire
- Sensor de oxígeno
- Sensor de posición del acelerador
- Inyector de combustible
- Cuerpo de aceleración
- Sensor de efecto Hall de posicionamiento del cigüeñal
- Bobina de encendido
- Módulo CDI

Adicionalmente y por motivos de pruebas se decidió instalar también una bomba de combustible externa.

El proceso de modificación fue el siguiente:

Se empezó por retirar los plásticos protectores del motor, y a remover el filtro de aire y el carburador. Los pernos que sujetaban al carburador son muy largos para nuestro nuevo cuerpo de aceleración, por lo que se los debe recortar una distancia de 10 mm, como se indica en la **Figura 15-3**.

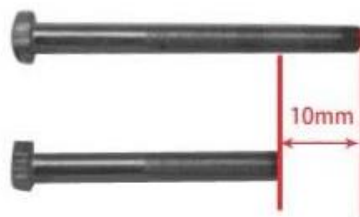


Figura 15-3: Recorte de los pernos del carburador para el nuevo cuerpo de aceleración

Se procede a montar el nuevo cuerpo de aceleración justo en el espacio que dejó el carburador. En el nuevo cuerpo de aceleración estarán montados los sensores TPS, MAP, y el inyector.



Figura 16-3: Nuevo cuerpo de aceleración

Realizado por: Autores

El sensor de temperatura de aire debe ser colocado en un lugar donde el viento fluya a través de él, se lo instaló del mismo modo en la toma de aire de nuestro cuerpo de aceleración.

Mientras que para la instalación del sensor ECT se lo fijó al bloque del motor desatornillando un perno de la tapa válvulas, y apretándolo nuevamente junto con nuestro sensor, tal como está en la **Figura 17-3**.



Figura 17-3: Instalación del sensor ECT

Realizado por: Autores

La instalación del sensor de efecto Hall es de mucha precisión, ya que este funciona con la magneto ubicado en el volante de inercia del motor. Este sensor debe estar direccionado hacia el centro del cigüeñal y a una distancia de entre 3 y 5 mm con respecto a la magneto. El correcto funcionamiento del sensor está reflejado por el encendido de una luz LED ubicado en el sensor.

Las instalaciones de la bobina y del módulo CDI son convencionales, tal como si de una motocicleta se tratara.

Para la instalación del sensor de oxígeno, se fabricó un nuevo conducto de escape, donde a una distancia de unos 15 cm se decidió instalar el sensor en cuestión.

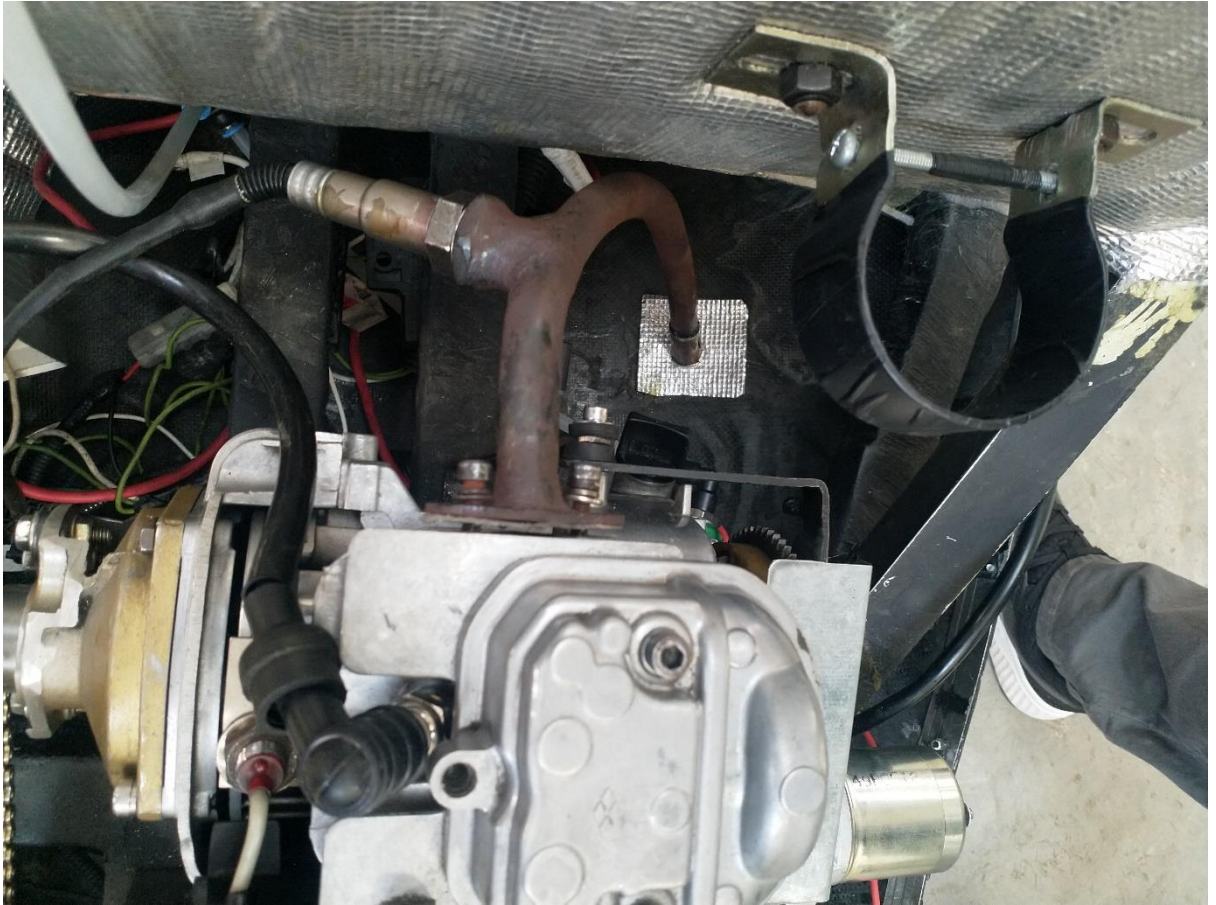


Figura 18-3: Ubicación del sensor de oxígeno con respecto al motor

Realizado por: Autores

Finalmente, la instalación del sistema de la bomba de combustible fue mediante una línea de retorno de combustible ubicada después de un regulador de presión, esta bomba nos asegura una presión constante de 3.5 bar.

Cada elemento que forma parte del sistema de inyección del motor esta delicadamente unido a un arnés de cables, como indica la **Figura 19-3** que será conectado al módulo de control electrónico, con los pines claramente designados, como indica la **Tabla 15-3**. El voltaje de trabajo del sistema de inyección es de 12V, mismo que será provisto por la batería.

P5	RXD	Blanco	Rojo	Emisor de información del puerto de conexión RS232
P6	TXD	Azul	Blanco	Receptor de información del puerto de conexión RS232
P7	ROUT	Celeste	Blanco	Accionador del relevador de potencia del sistema
P8	CDI	Gris	Gris	Control de la señal del módulo CDI
P9	INJ1	Morado	Morado	Señal de accionamiento del inyector
P10	GND	Negro	Negro	Señal de tierra del sistema
P11	O2HOUT1	Azul	Amarillo	Señal del calefactor del sensor O2
P12	KEYSW	Morado	Rosa	Switch de encendido del sistema
P13	12V+	Rojo	Rojo	Suministro de corriente del sistema
P14	GND	Negro	Negro	Señal de tierra del sistema

P15	VCC	Amarillo	Amarillo	Suministro de voltaje de 5V para el sistema
P16	ECT	Azul	Blanco	Sensor de temperatura del bloque del motor
P17	TPS	Blanco	Verde	Señal de posición de la aleta de aceleración
P18	O2in	Blanco	Gris	Señal del sensor de oxígeno
P19	Per-SW	Naranja	Gris	Switch de rendimiento del sistema
P20	GND-A	Verde	Verde	Señal analógica de tierra del sistema

Realizado por: Autores

Para la programación del módulo de control electrónico se tomó en cuenta diversos factores, tales como presión ambiental, humedad del aire, temperatura ambiente, y calidad del combustible.

3.3.4 Implementación del Sistema de presurización de Combustible

Debido a la reglamentación, no está permitido el uso de bombas eléctricas en la competición, por lo que quedan dos opciones, un sistema de presurización mediante un depósito de aire comprimido o la utilización de una bomba mecánica de presurización de combustible. Se optó por la primera opción puesto que no representa una carga adicional al motor. Se esquematizó el sistema de la siguiente manera:

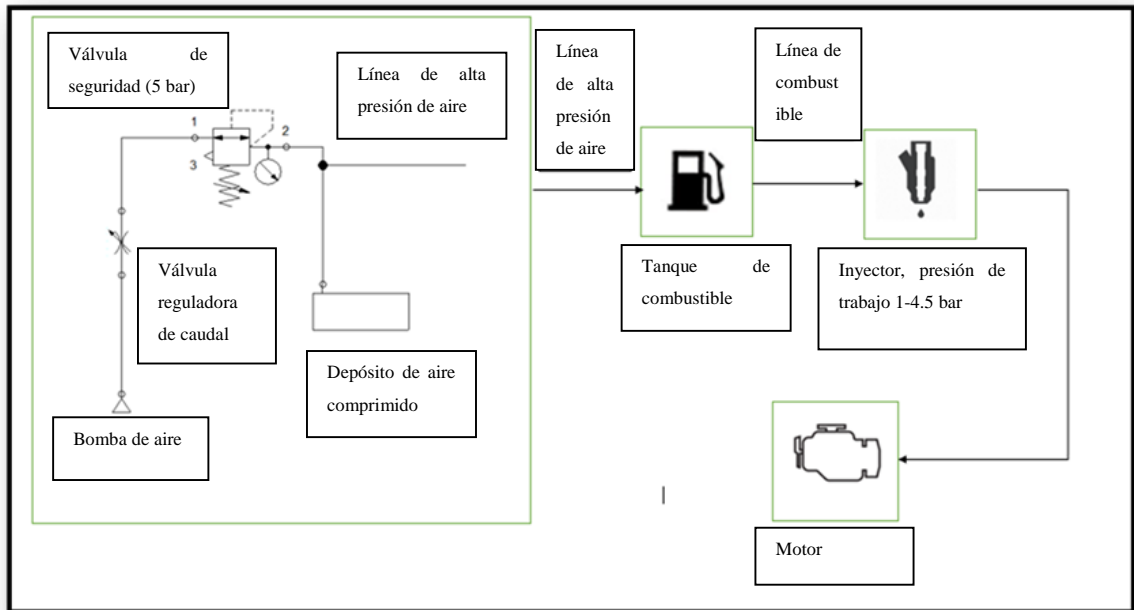


Figura 20-3: Diagrama de bloques del sistema de presurización de combustible

Realizado por: Autores

Como se muestra en **Figura 20-3**, el aire es presurizado con la ayuda de una bomba, pasando a través de una válvula reguladora de caudal y de una válvula de seguridad limitada a una presión de 5 bar (presión máxima dada por el reglamento de la competición), para finalmente ser almacenada en el depósito de aire. Este aire comprimido va hacia el depósito de gasolina del prototipo donde presurizará a la gasolina brindando la presión necesitada al inyector para que pueda funcionar normalmente.

3.3.5 Construcción del sistema eléctrico

La reglamentación de la competición nos exige ciertos componentes tales como una bocina, sistemas de apagado de emergencia del vehículo, sistema de luces cada vez que se utiliza el motor de arranque, además de los requerimientos propios del coche.

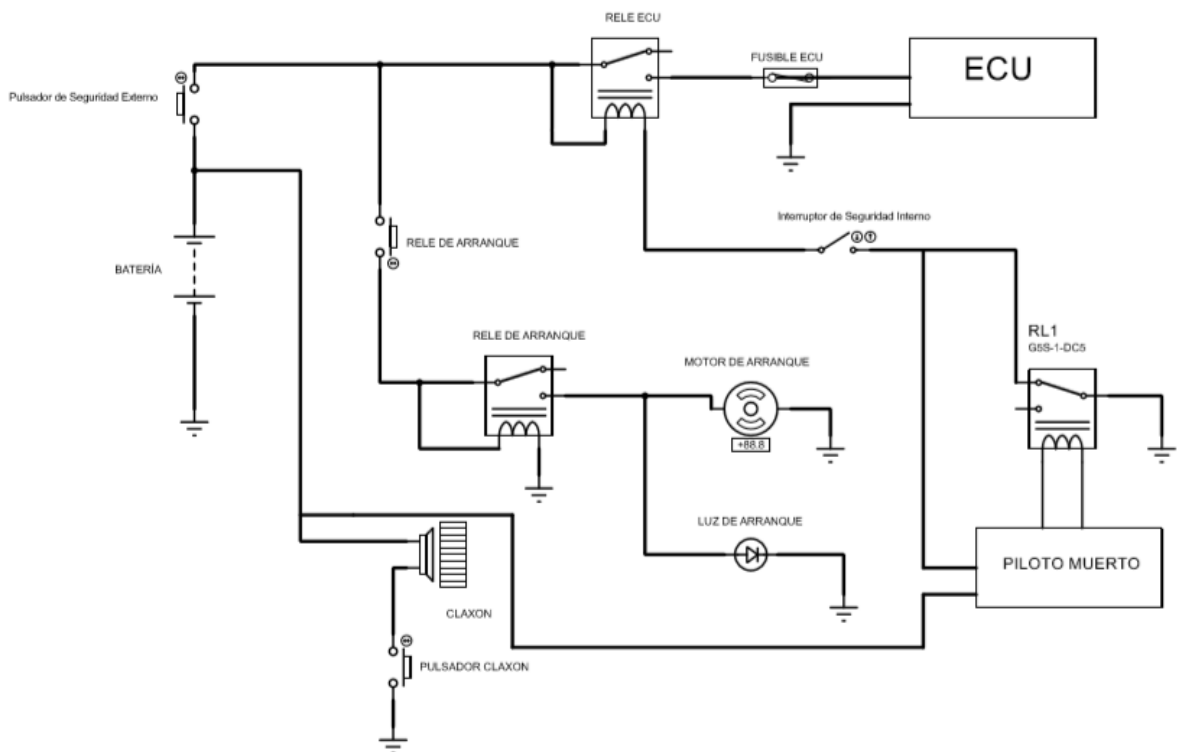


Figura 21-3: Esquema eléctrico implementado en el prototipo

Realizado por: Autores

La **Figura 21-3**, representa el circuito eléctrico del prototipo, donde se aprecia los distintos elementos eléctricos de los cuales están compuestos. La batería que se utilizó para la competición fue de plomo ácido, de 15 Ah, suficiente para completar el trazado de la competencia. Además, se implementó una bocina de 90 db, un sistema de piloto muerto accionado por foto sensores, y un sistema de apagado de emergencia accionado por un pulsador.

3.3.6 Implementación del sistema de frenos

Los frenos seleccionados fueron de disco para las tres ruedas, componentes de bicicleta accionados mecánicamente que nos brindaran la fuerza necesaria para cumplir con la revisión técnica.

Los frenos son accionados directamente desde el timón del piloto, tal cual una bicicleta se tratara, el uno accionará el freno para las ruedas delanteras, mientras que el otro accionará el freno para las ruedas posteriores, como se muestra en la **Figura 22-3**.



Figura 22-3: Implementación de frenos de disco, rueda posterior del prototipo

Realizado por: Autores

3.3.7 Implementación del sistema de dirección

La dirección está constituida de un timón unido a la columna de la dirección, misma que está sujeta a las varillas de la dirección y a sus respectivas manguetas. El radio de giro del prototipo es de 5 m. Se consideró este sistema por su sencillez a la hora de adaptarlo al prototipo y por su precisión para maniobrar.

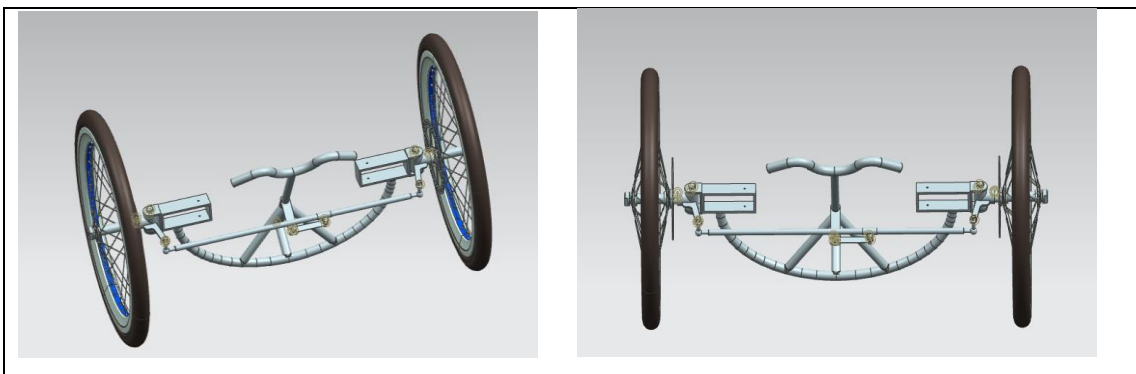


Figura 23-3: Diseño CAD del mecanismo de la dirección

Realizado por: Autores

Se consideró para el diseño de la dirección un ángulo de caída de 0° de modo que la banda de rodadura este siempre en contacto con el piso, esto generará una menor resistencia a la rodadura.

Del mismo modo, el ángulo de convergencia es de 0° , esto debido a que puede ser regulado antes de cada válida para la competencia de forma sencilla y presenta la menor resistencia posible para la rodadura.

Para culminar con el diseño se presentó una propuesta de ángulo de avance de 6° , ángulo que nos brindará una correcta reversibilidad del mando de la dirección y este pueda tomar su posición natural después de cada maniobra

Todo esto se lo pudo afirmar mediante un análisis estático al diseño tentativo de la dirección. Se ejecutó un primer estudio aplicando una carga sobre los puntos de apoyo de la dirección, tal como muestra el **Gráfico 8-3**.

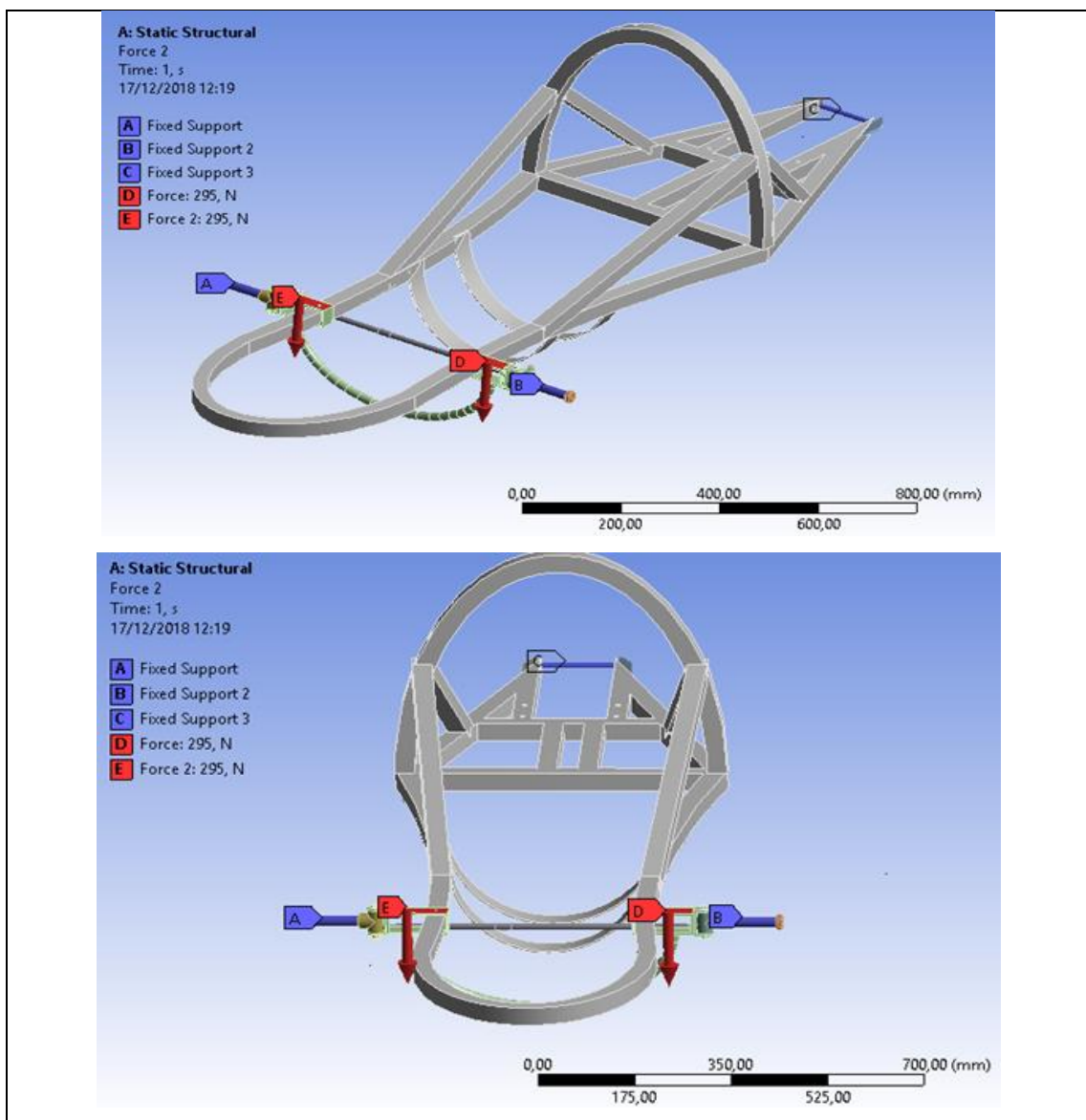


Gráfico 8-3: Cargas a las que está sujeta la dirección

Realizado por: Autores

Este análisis nos permitió obtener los siguientes resultados:

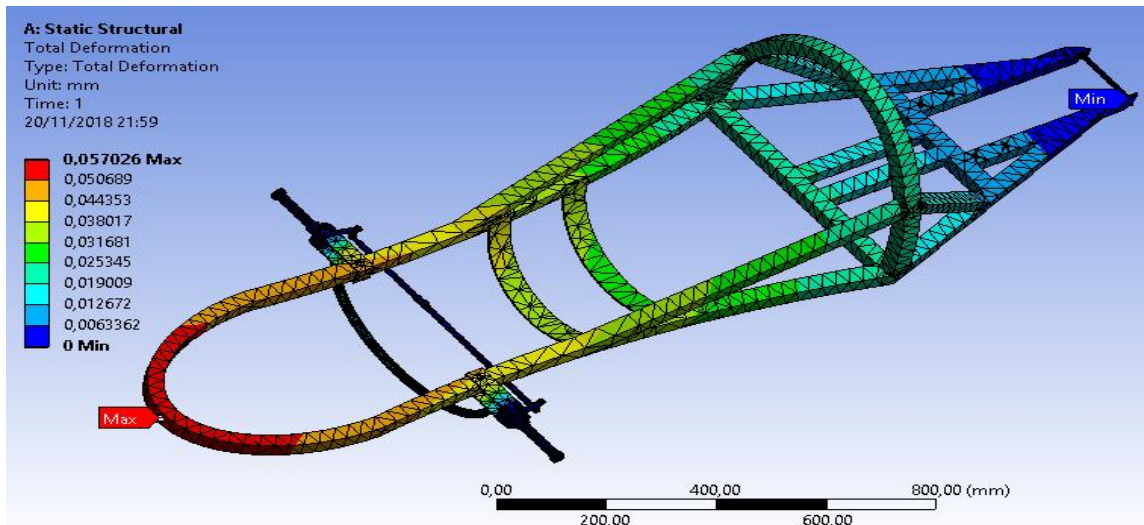


Gráfico 9-3: Análisis de deformaciones sobre la dirección

Realizado por: Autores

El **Gráfico 9-3** nos permitió constatar una deformación mínima en todos los componentes estructurales. Exaltando el hecho de que la zona que se deformó con mayor magnitud fue de tan solo 0.057 mm.

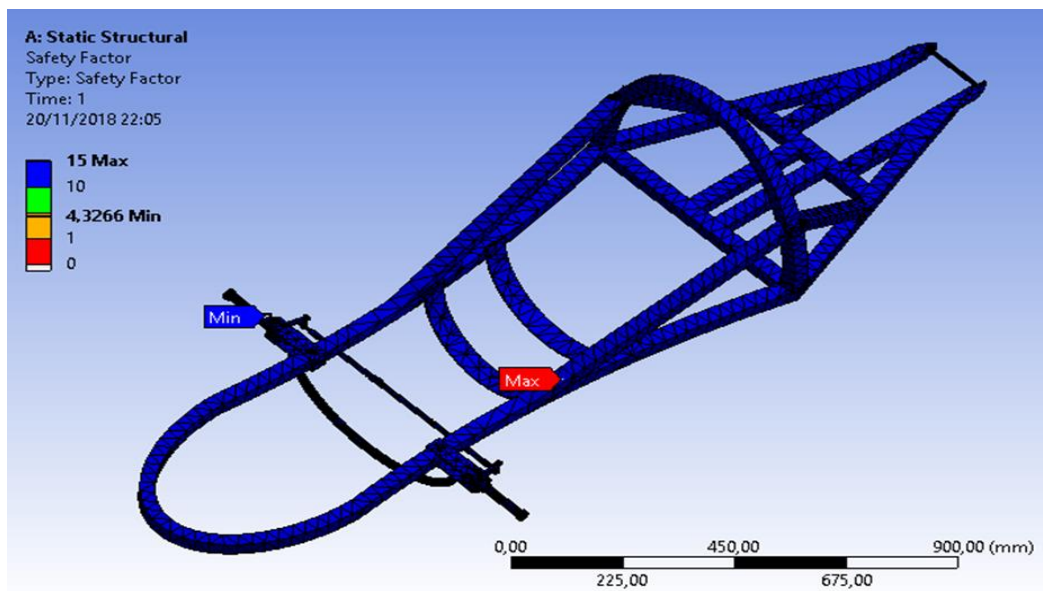


Gráfico 10-3: Factor de seguridad determinado y deformación sobre los bujes de la dirección I

Realizado por: Autores

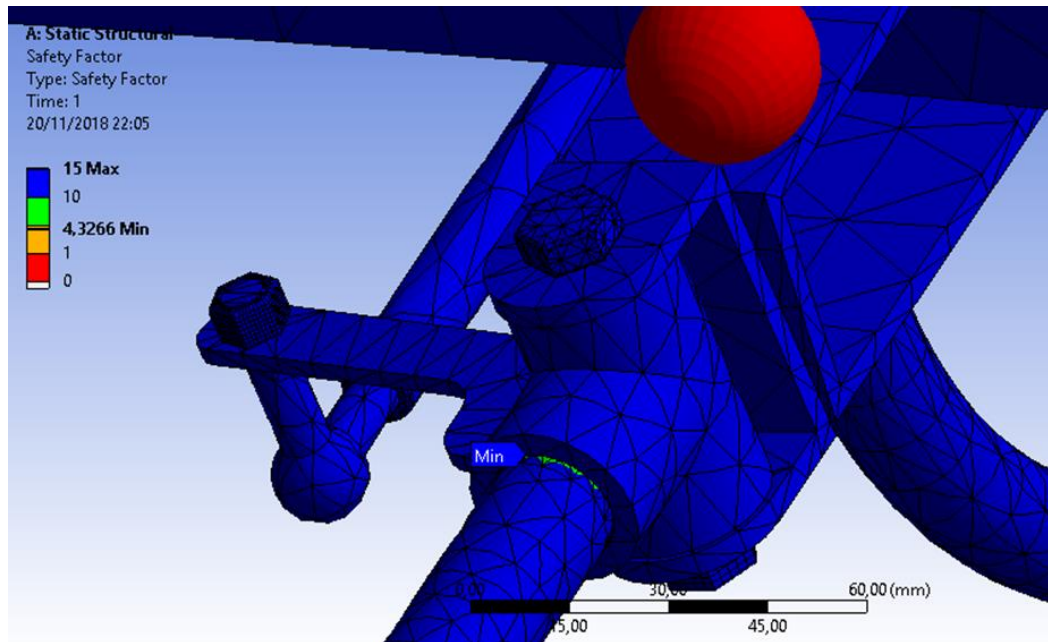


Gráfico 11-3: Factor de seguridad determinado y deformación sobre los bujes de la dirección II

Realizado por: Autores

Además, como se muestra en el **Gráfico 10-3** y **Gráfico 11-3**, el factor de seguridad satisface nuestros requerimientos para la competencia, reflejando un valor de 3.

Para nuestro segundo análisis, se procedió a realizar un procedimiento similar al anterior, con la diferencia de que ahora los neumáticos van a estar girados con un ángulo de 20°.

Se establecieron las cargas y puntos de fijación del bastidor como indica el **Gráfico**

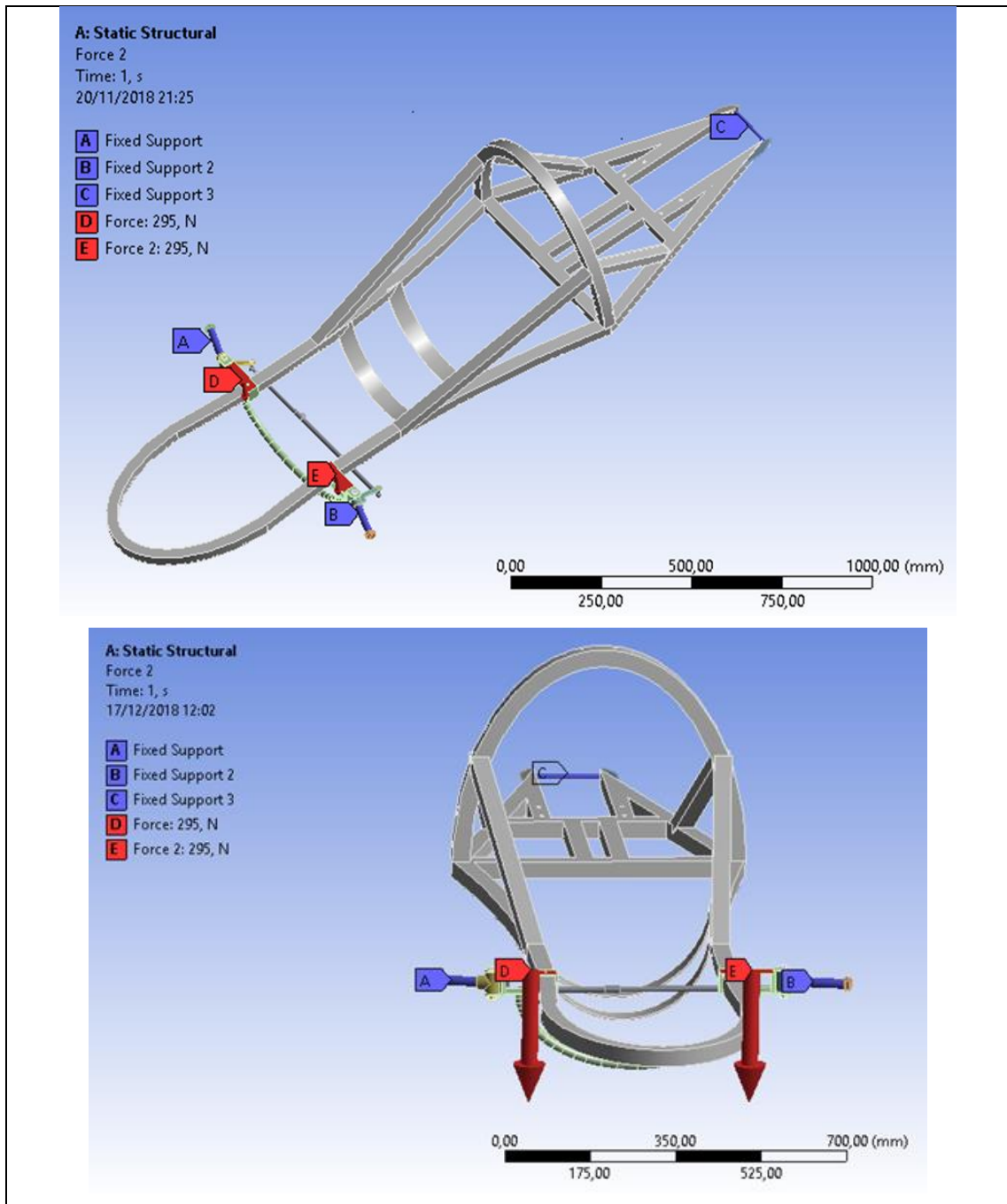


Gráfico 12-3: Cargas a las que está sujeta la dirección cuando esta ha girado 20°

Realizado por: Autores

Los resultados de deformación mostrados en el **Gráfico 12-3** indican una mínima deformación, siendo la magnitud de deformación máxima de tan solo 0.56 mm, siendo esto un resultado bueno para nuestros fines.

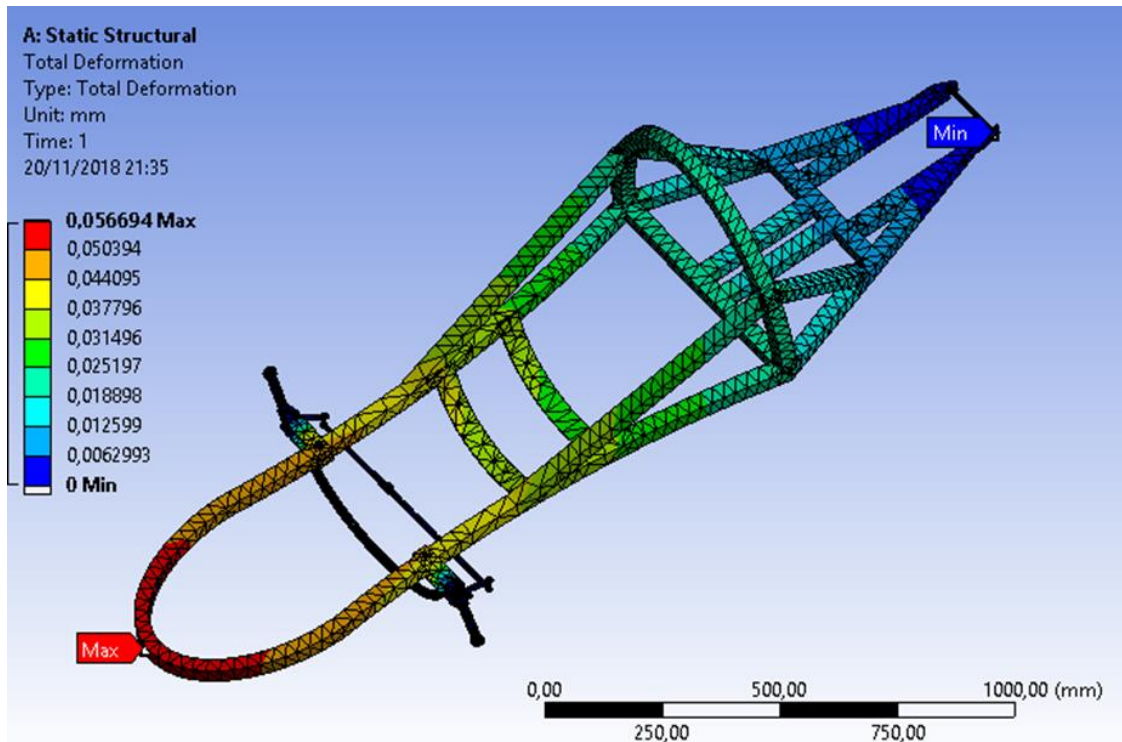


Gráfico 13-3: Análisis de deformaciones cuando esta ha girado 20°

Realizado por: Autores

Del mismo modo se tomó en cuenta el factor de seguridad de nuestro diseño de sistema de dirección, tal como muestra **Gráfico 13-3**.

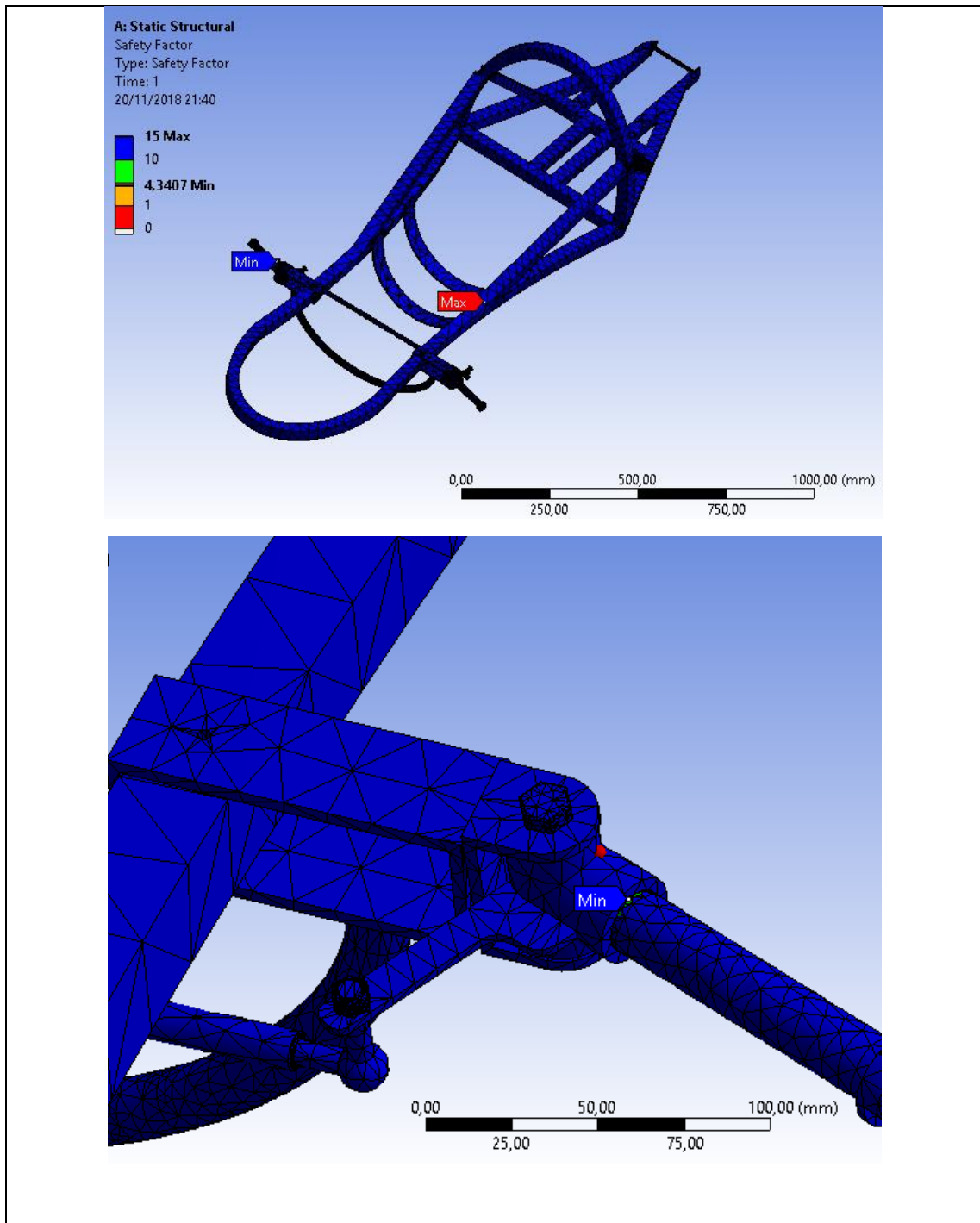


Gráfico 14-3: Factor de seguridad determinado y deformación sobre los bujes de la dirección cuando esta ha girado 20°

Realizado por: Autores

El factor de seguridad obtenido fue de 4.3, siendo este un resultado más que aceptable para la implementación de este sistema en el bastidor.

Se puede resumir los resultados obtenidos en la **Tabla 16-3**

Tabla 16-3: Resultados obtenidos en los distintos análisis CAE

Análisis	Dirección	Dirección
	0°	20°
Deformación máxima	0.057 mm	0.057 mm
Factor de seguridad	3.05	4.3

Realizado por: Autores

3.3.8 Construcción de la carrocería

La carrocería al ser la parte más externa del prototipo no solo debe tener la forma diseñada, sino debe tener un acabado de primer nivel. Por lo que se empezó por la realización del molde. En este caso se realizó un molde de tipo hembra. El material seleccionado fue yeso por su bajo coste y fácil manipulación.

Para asentar el molde de yeso se necesita una base sólida con la silueta de la carrocería, para esta base se decidió utilizar madera. La madera tendrá cortes transversales de escala real de la carrocería (**Figura 24-3**) con un distanciamiento de 10 cm entre ellos. Se realizó dos moldes, uno para la parte superior y otro para la inferior, estos nos servirán para poder asentar una base preliminar, previa a la de yeso. Tal como indica la **Figura 25-3**:



Figura 24-3: Realización de los cortes de sección transversal de madera para la base de la carrocería

Realizado por: Autores



Figura 25-3: Molde inferior de madera con la silueta de la carrocería

Realizado por: Autores

Una vez concluido la realización de ambos moldes, se procederá a recubrirlo con una capa de papel periódico untado de pegamento blanco, esto le brindará rigidez y nos dará una vista preliminar de la forma de la carrocería



Figura 26-3: Molde inferior de madera cubierto con papel periódico y pegamento blanco

Realizado por: Autores

Concluido esta etapa preliminar se procederá a comparar medidas con respecto a nuestro diseño CAD, para posteriormente cubrirlo con una capa de yeso.



Figura 27-3: Capa de yeso para los moldes de la carrocería

Fuente: Autores

La precisión en esta actividad debe ser máxima, por lo que la comparación de medidas es constante, una vez con la capa de yeso puesta se procede a compararlo con el bastidor construido y las dimensiones del diseño CAD.



Figura 28-3: Comparación de dimensiones entre el molde y el bastidor

Realizado por: Autores

Se corrigió continuamente las dimensiones del molde, hasta obtener el resultado deseado, y con el fin de obtener un mejor acabado superficial, se procedió a pintarlo utilizando pintura automotriz.



Figura 29-3: Molde de yeso pintado

Fuente: Autores

Para colocar la fibra de carbono sobre el molde se debe preparar primero el molde, adhiriendo vaselina en toda su superficie, misma que servirá como sustancia desmoldante y segundo, preparar la matriz de resina epoxi.

Para preparar la matriz, se utilizó la resina epoxi Epofix 300, y su respectivo catalizador en una proporción de 2 a 1, masa. Se debe tener mucho cuidado al momento de manipularlo puesto que la resina es corrosiva si existe un contacto directo con la piel por lo que se sugiere el uso de guantes y brochas para su aplicación.

Una vez concluido con los preparativos se procede a colocar una primera capa de fibra de carbono sobre el molde, teniendo mucho cuidado en las zonas de curvatura de modo que toda la fibra este en contacto directo con el molde, para poder colocar la matriz de resina epoxi. Se coloca una segunda capa enseguida, repitiendo el procedimiento. Finalmente se procede a sellar al vacío los moldes con el fin de tener un mejor acabado superficial y dejar secar por al menos 8 horas a temperatura ambiente.



Figura 30-3: Capas de fibra de carbono sobre el molde de yeso

Fuente: Autores

Una vez extraído la fibra de carbono de los moldes, se procedió a corregir imperfecciones en la superficie de esta. Para corregir dichas imperfecciones se empleó masilla. Finalmente se unió la carrocería de fibra de carbono al chasis y se realizó los cortes respectivos para el compartimiento del motor, el área del parabrisas, y las bóvedas de las llantas.



Figura 31-3: Conjunto de chasis y carrocería

Fuente: Autores

Como paso final, y con el fin que se vea mejor estéticamente se procedió a pintar el prototipo, se siguió un procedimiento común de pintura automotriz, aplicándose primero una pintura de fondo, y después la tonalidad deseada. La capa de pintura debió ser lo más delgada posible para que tenga cierta flexibilidad ya que al utilizar la mínima cantidad de fibra de carbono esta tiene a ser ligeramente flexible y la pintura puede fisurarse.



Figura 32-3: Prototipo pintado

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

4.1 Costos directos

Se refiere a costos directos, a todo gasto incurrido que influye directamente en la consecución del producto o resultado final, son necesarios para llevar a cabo las actividades específicas, mismas que involucran costos de materiales, de mano de obra y de equipos.

Tabla 1-4: Tabla de costos directos

Orden	Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	20	Fibra de carbono bidireccional 3k (m2)	70,00 USD	1.400,00 USD
2	20	Resina Epoxi Epofix 300 (kg)	50,00 USD	1.000,00 USD
3	10	Desmoldante (litro)	4,00 USD	40,00 USD
4	10	Perfiles cuadrados de aluminio 1.25 in x 1 mm (6.25 m)	16,00 USD	160,00 USD
5	3	Remaches (100 unidades)	1,25 USD	3,75 USD
6	15	Discos de Corte	1,50 USD	22,50 USD
7	15	Discos de esmerilado	1,50 USD	22,50 USD
8	10	Platinas de acero (kg)	1,00 USD	10,00 USD
9	5	Sierra para metal	1,50 USD	7,50 USD
10	15	Brocas metálicas	1,50 USD	22,50 USD

11	10	Electrodos de soldadura (lb)	1,50 USD	15,00 USD
12	1	Motor Honda GX 35	250,00 USD	250,00 USD
13	1	Kit de Inyección	1.050,00 USD	1.050,00 USD
14	100	Pernos	0,50 USD	50,00 USD
15	25	Brochas	0,75 USD	18,75 USD
16	25	Guantes de manipulación de alimentos	0,25 USD	6,25 USD
17	2	Cera para vehículo	6,00 USD	12,00 USD
18	15	Plástico de cocina (rollo)	1,25 USD	18,75 USD
19	2	Terminales con rotulas	20,00 USD	40,00 USD
20	100	Anillos planos y tuercas	0,10 USD	10,00 USD
21	3,5	Quintales de Yeso (50 lb)	16,00 USD	56,00 USD
22	5	Espátulas	1,50 USD	7,50 USD
23	40	Impresiones A1 para moldes de carrocería	2,00 USD	80,00 USD
24	2	Tablones de madera 15 mm de espesor	38,00 USD	76,00 USD
25	10	Tablones de madera de 4 mm de espesor	10,00 USD	100,00 USD
26	10	Hojas para sierra caladora	3,00 USD	30,00 USD

27	2	Kit de freno de bicicleta	70,00 USD	140,00 USD
28	2	Kit de manzanas de bicicleta	50,00 USD	100,00 USD
29	4	Aros de Bicicleta 20"	25,00 USD	100,00 USD
30	1	Kit de maniguetas de bicicleta	20,00 USD	20,00 USD
31	2	Cadena de Bicicleta	15,00 USD	30,00 USD
32	4	Neumáticos de bicicleta	25,00 USD	100,00 USD
33	1	Kit de arrastre de Karting	200,00 USD	200,00 USD
34	2	Barra de Teflón (1 m)	20,00 USD	40,00 USD
35	1	Cinturones de seguridad 5 puntos homologado	100,00 USD	100,00 USD
36	1	Parabrisas de policarbonato	150,00 USD	150,00 USD
37	1	Tanque de combustible	160,00 USD	160,00 USD
38	2	Retrovisores	20,00 USD	40,00 USD
39	1	Luces de Freno	15,00 USD	15,00 USD
40	1	Mano de Obra	1.000,00 USD	1.000,00 USD
TOTAL				6.704,00 USD

Realizado por: Autores

4.2 Costos Indirectos

Costos indirectos se refieren a aquellos gastos empleados para la elaboración del trabajo de titulación, los cuales no influyen directamente a los resultados alcanzados debido a la naturaleza de ellos.

Tabla 2-4: Tabla de costos indirectos

Orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Transporte	2	150.00 USD	300.00 USD
2	Impresiones	1	100.00 USD	100.00 USD
3	Copias	-----	-----	50.00 USD
4	Empastados	-----	-----	20.00 USD
TOTAL				470.00 USD

Realizado por: Autores

4.3 Costos totales

Se determina como costos totales a la suma de los costos directos (**Tabla 1-4**) con los costos indirectos (**Tabla 2-4**).

Tabla 3-4: Tabla de costos totales

Descripción	Total
Gastos Directos	6704.00 USD
Gastos Indirectos	470.00 USD
TOTAL	7174.00 USD

Realizado por: Autores

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los parámetros y criterios de diseño se determinaron de manera tal que el prototipo fuera optimizado no solo en cuestiones de peso, sino también de eficiencia energética, esto nos llevó a construir un prototipo de tan solo 52 kg incluido extintor y arnés de seguridad, y una eficiencia de 360 km/l.

Esto se llevó a cabo gracias al modelado y aplicación del método de elementos finitos de software especializado. Los elementos donde mayor cuidado se tuvo fueron en el bastidor, dirección y carrocería, estableciéndose alternativas de diseño, y seleccionando cuidadosamente la que nos brindaba las mejores prestaciones, siempre con vistas a la competencia. Las deformaciones totales en todos los análisis fueron más que satisfactorias. Y el análisis aerodinámico no nos presentaba presiones o depresiones considerables a diferentes velocidades del viento, brindando un rendimiento óptimo.

El bastidor fue construido en aluminio 6063-T5 recubierto con fibra de carbono de tipo bidireccional, para esta decisión no solo se tomó en cuenta una matriz de decisión, sino un análisis estadístico de materiales entre diferentes equipos que han participado previamente en esta competición. A pesar de que el aluminio es de fácil acceso en nuestro mercado, la fibra de carbono no lo es, sin embargo, las prestaciones mecánicas que nos brindó una vez concluido el proceso de construcción superaron nuestras expectativas.

Para la carrocería se buscó un diseño aerodinámico eficiente, esto llevo a un prototipo con una forma particular, una vez validado el diseño por el software CAE, se procedió a construirla mediante el uso de moldes negativos contruidos con madera y yeso, el material de la carrocería fue el de fibra de carbono bidireccional, este material se lo escogió mediante una matriz de decisión, finalmente se pudo decir que el resultado fue el esperado, al obtener la figura que nosotros deseábamos.

La implementación del sistema de inyección en el motor Honda GX 35 junto con una correcta programación de la unidad de control electrónico nos brindó resultados sorprendentes, diezmando el consumo que poseía en un comienzo con el sistema de carburador.

Finalmente, para la transmisión se utilizó un sistema mixto, el mismo que está equipado por un embrague centrífugo, un kit de arrastre de un karting, y un kit de arrastre de una

bicicleta. Este sistema nos brinda un par elevado a bajas velocidades, y una potencia aceptable. La velocidad máxima alcanzada en pruebas de funcionamiento fue de 60 km/h.

Recomendaciones

En el diseño CAD del bastidor se propuso varias curvas, mismas que deformaron el perfil cuadrado del chasis, esto principalmente a que no existe la maquinaria adecuada, por lo que se sugiere un rediseño del chasis, con una forma más básica.

Se recomienda para trabajos posteriores tener en cuenta la movilidad que va a sufrir el prototipo para desplazarse al lugar de la competencia, sugiriéndose realizar un diseño que sea desmontable, y de fácil armado para que pueda cumplir con las regulaciones aeroportuarias de traslado de equipaje especial.

Para obtener mejores resultados de eficiencia electrónica se puede someter a un proceso de trucaje integral al motor de modo que no solo se modifiquen sus partes mecánicas, sino también se sustituya su unidad de control electrónico, por una ECU que nos brinde un rango más amplio de modificaciones, otorgándonos un mayor control y precisión de consumo de combustible.

Finalmente, es una buena idea sustituir los componentes de bicicleta, por unos de gama superior, estos nos solo brindarán una mejor garantía de un correcto funcionamiento, sino que también reducirán levemente el peso del prototipo.

BIBLIOGRAFÍA

Affleck, W. S. & Toft, G. B. "Mileages Marathons". *A Fuel Economy of the Gasoline Engine : Fuel, Lubricants and other Effects*, (1977), (Londres) pp. 221-223.

Alacer Mas. *Aluminio 6063*. [En línea]. 2018. [Consulta: 13 Octubre 2018], Disponible en: http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6063_aluminio.pdf

Alonso Pérez, J. M. *Técnicas Del Automóvil. Chasis*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA, 2010 pp 130-135

Bosch. *Manual de la técnica del automóvil*. 3ª ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A, 2018 pp 215-250.

Bosch, R. *Sistema de freno convencionales y electrónicos*. 3ª ed. Barcelona: Bosch Editorial, 2003 pp 75-78

Chung, D. L. *Carbon Fiber Composites*. 1ª ed. Newton. Londres: Butterworth-Heinemann, 2005 pp 20-23.

Dominguez, E. & Ferrer, J. *Sistemas de transmisión y frenado*. 2ª ed. Madrid: EDITEX, 2012 pp 110-113.

Garzon, J. *El automovil al desnudo*. [en línea] , 2012. [Consulta: 22 mayo 2018] Disponible en: <http://jeroitim.blogspot.com/2012/05/v-behaviorurldefaultvml.html>.

Gillespie , T. D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics* , Warrendale: Society of Automobile Engineers, 1992 pp 365-370.

Honda. *Honda small engines*. [En línea] , 2018. [Consulta: 22 mayo 2018] Disponible en: <https://engines.honda.com/models/model-detail/gy6qmb>

Honda, *Honda small engines*. [En línea] , 2018. [Consulta: 22 mayo 2018] Disponible en: <https://engines.honda.com/models/model-detail/gx25>

Honda, *Honda small engines*. [En línea] , 2018. [Consulta: 22 mayo 2018] Disponible en: <https://engines.honda.com/models/model-detail/gx35>

Jain, K. K. & Asthana, R. B. *Automobile Engineering*. 4ª ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2006 pp 85-90.

Luque, P., Álvarez, D. & Vera, C. *Ingeniería del Automóvil*. 1ª ed. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A, 2012 pp 15-34, 237-294, 393-466 .

Ohsaki, T.; et al. "Thin Solid Films ".*The properties of carbon fiber reinforced aluminum composites formed by the ion-plating process and vacuum hot pressing*, (1977) pp. 45-48.

Real Academia Española. *Diccionario Real Academia Española*. [en línea] , España, 2018 [Consulta: 22 mayo 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=8eQZEGb>.

Real Academia Española. *Diccionario Real Academia Española*. [en línea] , España, 2018 [Consulta: 22 mayo 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=7iIf10F>.

Real Academia Española. *Diccionario Real Academia Española*. [en línea] , España, 2018 [Consulta: 22 mayo 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=0tZAhTX>.

Royal Dutch Shell. *Shell Eco-Marathon 2018 Official Rules Chapter I*. [en línea], 2018 [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <https://go.shell.com/2Hinxeo>

Royal Dutch Shell. *Shell Energy and Innovation*. [en línea] , 2018 [Consulta: 21 octubre 2018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/about.html>.

Shell Oil Company. *About Shell Eco-marathon*. [en línea] , 2017 [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/about.html>.

Shell Oil Company. *On-track results*. [en línea] , 2018 [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: <https://iframe.theseem.org/americas/>.

Shell Oil Company. *Past Results and Awards*. [en línea] , 2018 [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/americas/results-and-awards.html>.

Shell Oil Company. *Shell Eco-marathon*. [en línea] , 2018 [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon.html>.

Shell Oil Company. *Shell Eco-marathon AMERICAS 2018 Final Trophies, Prizes and Awards.* [en línea] , 2018 [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en:

https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/americas/results-and-awards/_jcr_content/par/tabbedcontent_1402505231/tab/textimage.stream/1524838575190/66e5c662dee058af73fbcab57234b7cc90216e1d23323450ce8acfd16cdc9b77/prototypes-final-on-tra.

Silvina Souza, M. *El estado del arte.* [en línea] , 2018 [Consulta: 01 mayo 2018].

Disponible

en:http://perio.unlp.edu.ar/seminario/nivel2/nivel3/el%20estado%20del%20arte_silvina_souza.pdf

Survey Monkey. *Calculadora del tamaño de muestra.* [en línea] , 2016 [Consulta: 16 diciembre 2018] Disponible en: <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>.

Torres, N. *Autocasión.* [en línea] , 2016 [Consulta: 22 mayo 2018]. Disponible en:

<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-un-coche-monovolumen>.