



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS DESARMABLE PARA UN
VEHÍCULO SOLAR DE COMPETENCIA POR MEDIO DE OPTIMIZACIÓN
TOPOLOGICA.**

FRANCISCO FABIÁN OÑA SIMBAÑA

HENRY FABIÁN PEÑA MOREJÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

**Previo a la obtención del título de:
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR
2019**

©2019, Francisco Fabián Oña Simbaña & Henry Fabián Peña Morejón.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Francisco Fabián Oña Simbaña y Henry Fabián Peña Morejón, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 26 julio de 2019



Francisco Fabián Oña Simbaña

Cédula de Identidad: 172266543-5

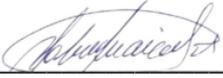


Henry Fabián Peña Morejón

Cédula de Identidad: 020177321-5

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS DESARMABLE PARA UN VEHÍCULO SOLAR DE COMPETENCIA POR MEDIO DE OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA.**”, realizado por los señores: **FRANCISCO FABIÁN OÑA SIMBAÑA** y **HENRY FABIÁN PEÑA MOREJÓN** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	26-07-2019
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACION	 _____	26-07-2019
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano MIEMBRO DE TRIBUNAL	 _____	26-07-2019

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios por darme salud y vida a lo largo de toda mi carrera, a mis padres por todo el apoyo incondicional que recibí de ellos, a mis hermanos que siempre me apoyaron en todo momento, a mis bisabuelos que ya no están a mi lado pero siempre me cuidaron mis abuelos que formaron mi hermosa familia, mis tíos y primos que estuvieron al pendiente de mí, mis amigos que estuvieron en buenos y malos momentos y en especial a mis cuatro sobrinos que fueron la principal motivación para poder alcanzar este logro en mi vida académica

Francisco Fabián Oña Simbaña

Esta tesis se la dedico A Dios por haberme permitido llegar a este punto y lograr mis objetivos enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento. A mis padres Genaro Peña y Angelita Morejón por su apoyo, ya que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos. En memoria a mis abuelitos Delia Chávez y Cervelión Peña quienes desde pequeño me enseñaron a luchar y seguir adelante depositando su entera confianza en cada reto que se me ha presentado sin dudar ni un solo momento siendo pilares fundamentales en mi vida.

Henry Fabián Peña Morejón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la salud al transcurso de toda mi vida y permitirme cumplir esta meta.

A mi madre Concepción Simbaña que me dio la vida y siempre me apoyo en el transcurso de mi vida académica que siempre me brindo su confianza y me dio los cuidados de una madre.

A mi padre Fabián Oña que me apoyo incondicionalmente en toda mi carrera de estudiante y me enseñó muchas cosas y a nunca darme por vencido.

A mis hermanos Soledad ,Víctor y cuñado Javier quienes me ayudaron en todo momento y me brindaron todo su apoyo y siempre estuvieron a mi lado.

A mis bisabuelos Rosalía y Víctor que, aunque ya no están a mi lado formaron parte de mi niñez, adolescencia y adultez y me ayudaron mucho para lograr esta meta.

A mis abuelitos Rosa y Alfonso que fueron mis segundos padres y siempre estuvieron a mi lado apoyándome y dándome sus consejos

A mis abuelitos Concepción y Francisco que me cuidaron desde mi niñez.

A mis sobrinos Esteban, Enrique, Rafael y Nicole que fueron mi principal fortaleza y por lo cuales me esforzaba día a día, para poder culminar esta meta.

A una persona muy especial que hoy en día es muy importante en mi vida Lisbeth, gracias por volver mis tristezas en felicidad, escucharme y sobre bríndame tu confianza.

A mis compañeros y amigos de la escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con los cuales viví muchos momentos de alegría y tristeza, de los cuales siempre llevare en mi memoria.

A la ciudad de Riobamba que me acogió con los brazos abiertos y permitió cumplir con esta nueva meta académica.

A mi director de tesis Ing. Bolívar Cuaical y miembro Ing. Luis Buenaño que también fueron grandes Profesores y amigos a su vez que me ayudaron con sus conocimientos en el aula y talleres como a lo largo de este trabajo de titulación a cumplir esta gran meta.

Francisco Fabián Oña Simbaña

Deseo expresar mi gratitud eterna a mis padres Genaro Peña y Angelita Morejón por darme la vida, y siempre brindarme su apoyo incondicional, muchas gracias por darme una carrera para mi futuro todo esto se lo debo a ustedes.

A mis hermanos Mariuxi, Marco y Freddy por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de mi vida universitaria.

A toda mi familia por ser siempre un apoyo fundamental y brindarme su confianza para cumplir mis objetivos.

A mi director Ing. Bolívar Cuaical y Miembro Ing. Luis Buenaño quienes me orientaron en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón en mis estudios universitarios. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

A la Escuela de Ingeniería Automotriz y de la misma forma los docentes quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Por ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

Henry Fabián Peña Morejón.

TABLA DE CONTENIDO

	Paginas
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL	2
<i>1.1. Justificación.</i>	<i>2</i>
<i>1.1.1. Justificación Teórica.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2. Justificación Metodológica.</i>	<i>2</i>
<i>1.1.3. Justificación Práctica.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2. Planteamiento del problema</i>	<i>4</i>
<i>1.3. Objetivos</i>	<i>4</i>
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	6
<i>2.1. Energía Solar.....</i>	<i>6</i>
<i>2.2. Competencia Solar Atacama.....</i>	<i>7</i>
<i>2.2.1. Categorías</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2. Categoría Evolución.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.3. Reglamentación.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.4. Vehículo Solar</i>	<i>9</i>
<i>2.3. Chasis.....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.1. Componentes del chasis</i>	<i>10</i>
<i>2.4. Construcción.....</i>	<i>11</i>
<i>2.4.1. Canal C.....</i>	<i>12</i>
<i>2.4.2. Caja Cerrada</i>	<i>12</i>

2.4.3.	<i>Canal U</i>	13
2.5.	<i>Tipos</i>	13
2.5.1.	<i>Estructura convencional</i>	14
2.5.1.1.	<i>Diseño de Escalera</i>	14
2.5.1.2.	<i>Diseño Perimetral</i>	15
2.5.1.3.	<i>Diseño en X</i>	15
2.5.1.4.	<i>Diseño Tubular</i>	16
2.5.1.5.	<i>Estructura Monocasco</i>	17
2.6.	<i>Tracción, flexión y torsión</i>	17
2.6.1.	<i>Tracción</i>	18
2.6.2.	<i>Flexión</i>	18
2.6.3.	<i>Compresión</i>	19
2.7.	<i>Materiales de construcción</i>	19
2.8.	<i>Método de elementos finitos</i>	25
2.8.1.	<i>Optimización topológica</i>	26
2.9.	PROCESOS DE MANUFACTURA	29
 CAPÍTULO III		
3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	31
3.2.	<i>Identificación de requerimientos y necesidades del prototipo</i>	32
3.3.	<i>Pre diseño del chasis</i>	33
3.3.1.	<i>Distribución de peso</i>	34
3.3.3.	<i>Posición longitudinal del centro de gravedad</i>	36
3.2.1.	<i>Altura del centro de gravedad</i>	36
3.3.4.	<i>Análisis de esfuerzos en los pernos</i>	39
3.3.4.1.	<i>Longitud de la rosca</i>	39
3.3.4.2.	<i>Longitud del sujetador</i>	39
3.3.4.3.	<i>Rigidez del sujetador</i>	40
3.3.4.4.	<i>Esfuerzo de carga</i>	42

3.3.4.5.	<i>Torque de apriete</i>	43
3.1.1.1.	<i>Esfuerzo de compresión y tracción</i>	43
3.1.1.2.	<i>Resumen de esfuerzos del chasis</i>	44
3.4.	<i>Selección del material a utilizar para la construcción</i>	46
3.4.1.	<i>AISI 306</i>	46
3.4.2.	<i>ASTM A 1200</i>	47
3.5.	<i>Componentes para la construcción del chasis</i>	47
3.6.	<i>Análisis topológico</i>	47
3.6.1.	<i>Análisis de impactos y Optimización topológicos</i>	48

CAPÍTULO IV

4.	CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DESARMABLE	51
4.1.	<i>Análisis estructural de los componentes del chasis</i>	51
4.1.1.	<i>Análisis de la parte frontal</i>	51
4.1.2.	<i>Analís de la parte lateral</i>	52
4.1.3.	<i>Análisis en la parte superior</i>	52
4.1.5.	<i>Factor de seguridad del componente</i>	53
4.2.	<i>Proceso de manufactura para la construcción</i>	54
4.3.	<i>Construcción del chasis desarmable</i>	55
4.3.1.	<i>Diagrama para el proceso de construcción</i>	55
4.3.2.	<i>Corte de tubos</i>	55
4.3.3.	<i>Dobles de tubos</i>	56
4.3.4.	<i>Corte de platina</i>	57
4.3.5.	<i>Acabado superficial de componentes</i>	57
4.3.6.	<i>Soldadura MIG</i>	58
4.3.7.	<i>Unión pernos y platina</i>	59
4.3.8.	<i>Ensamble del chasis</i>	59

CAPÍTULO V

5.	PLAN DE PRUEBAS	61
5.1.	PRUEBA 1	61

5.1.1.	<i>Procedimiento</i>	61
5.1.2.	<i>Ejecución</i>	61
5.1.3.	<i>Resultados</i>	62
5.2.	PRUEBA 2	62
5.2.1.	<i>Procedimiento</i>	62
5.2.2.	<i>Ejecución</i> ,.....	63
5.2.3.	RESULTADOS	63
5.3.	<i>Prueba de tintas penetrantes</i>	64
5.3.1.	<i>Materiales</i>	64
5.3.1.1.	<i>Limpieza de los componentes</i>	64
5.3.1.2.	<i>Líquido de limpieza</i>	65
5.3.1.3.	<i>Aplicación de tintas penetrantes</i>	65
5.3.1.4.	<i>Diluyente de tinta</i>	66
5.3.1.5.	<i>Resultados de tintas penetrantes</i>	66
	CONCLUSIONES	68
	RECOMENDACIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-3: Selección chasis Largueros	45
Tabla 2-3 selección chasis travesaños	45
Tabla 4-4: Comparación de factor de seguridad prototipo 2018 y 2020.....	54
Tabla 5-4: Deformación de seguridad prototipo 2018 y 2020.....	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Diagrama de procesos para el diseño	31
Gráfico 1-4: Diagrama de procesos en la construcción e implementación.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2: Aprovechamiento de la energía térmica	6
Figura 2-2: Vehículo solar.....	9
Figura 3-2: Chasis de un vehículo	10
Figura 4-2: Chasis de un vehículo y componentes	11
Figura 5-2: Perfil estructural tipo C	12
Figura 6-2: Viga estructural de caja cerrada	12
Figura 7-2: Carrocería del vehículo Tipo U.....	13
Figura 8-2: Chasis de un vehículo tipo escalera	14
Figura 9-2: Chasis de un vehículo perimetral.....	15
Figura 10-2: Chasis tipo X.....	16
Figura 11-2: Chasis de diseño tubular	16
Figura 12-2: Chasis de un vehículo y componentes	17
Figura 13-2: Fuerza de tracción.	18
Figura 14-2: Flexión de un componente	18
Figura 15-2: Fuerza de compresión	19
Figura 16-2: Chasis con material de Aluminio.....	20
Figura 17-2: Partes de la soldadura.....	21
Figura 18-2: Electrodo revestido.....	22
Figura 19-2: Componentes del electrodo.....	22
Figura 20-2: Proceso de soldadura (MIG/MAG).....	23
Figura 21-2: Proceso de soldadura (MIG)	23
Figura 22-2: Alambre de electrodo	24
Figura 23-2: Demostración de elementos finitos.....	25
Figura 24-2: Análisis de esfuerzos	26
Figura 25-2: Componentes con optimización topológica	27
Figura 26-2: Malla de un componente.....	27
Figura 27-2: Estudio Estático de un componente.....	28
Figura 28-2: Aplicación de Optimización topológica.....	28
Figura 29-2: Resultados de Optimización Topológica.....	29
Figura 1-3: Prototipo diseñado con pallets	33
Figura 2-3: Diseño de prototipo en SolidWorks	34
Figura 3-3: Esquema de ubicación del centro de gravedad.	35

Figura 4-3: Esquema de ubicación del centro de gravedad.....	35
Figura 5-3: Altura del centro de gravedad.....	36
Figura 6-3: Ubicación de la altura del centro de gravedad.....	37
Figura 7-3: Longitud de rosca	39
Figura 8-3: Longitud del sujetador.....	40
Figura 9-3: Rigidez del sujetador.....	42
Figura 10-3: Estudio de análisis estático 1	48
Figura 11-3: Optimización topológica del chasis	48
Figura 12-3: Estudio de análisis estático 2	49
Figura 13-3: Chasis de un vehículo y componentes	49
Figura 1-4: Análisis Frontal	51
Figura 2-4: Análisis lateral	52
Figura 3-4: Análisis superior	52
Figura 4-4: Análisis de pernos	53
Figura 5-4: Factor de seguridad.....	53
Figura 6-4: Corte de tubos.....	56
Figura 7-4: dobles de tubos.	56
Figura 8-4: corte de platinas.....	57
Figura 9-4: Acabado superficial.....	57
Figura 10-4: Unión de componentes mediante soldadura.....	58
Figura 11-4: Batidor inferior.....	59
Figura 12-4: Bastidor superior.....	59
Figura 13-4: Ensamble del chasis.....	60
Figura 1-5: Maquina universal.....	62
Figura 2-5: Probeta sometida a compresión.....	63
Figura 3-5: Limpieza de componentes soldados.....	64
Figura 4-5: Aplicación de tintas penetrantes.....	65
Figura 5-5: Aplicación de diluyente.....	66
Figura 6-5: Resultado del proceso de soldadura.....	67
Figura 7-5: Resultado del proceso de soldadura.....	59

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Especificaciones SAE para pernos de acero

Anexo B: Propiedades mecánicas de pernos

Anexo C: Manual de ensamble del chasis

LISTA DE ABREVIATURAS

P:	Peso
Px:	Peso del vehículo en el eje x
Py:	Peso del vehículo en el eje y
Pd:	Peso en el eje delantero
Pp:	Peso en el eje posterior
Rdx:	Reacción del eje delantero en el eje x
Rdy:	Reacción del eje delantero en el eje y
Rpx:	Reacción del eje posterior en el eje x
Rpy:	Reacción del eje posterior en el eje y
Cg:	punto donde se encuentra el centro de gravedad
a:	Distancia entre Pd y P (m)
b:	Distancia entre Pp y P (m)
L:	Batalla (m)
H:	Altura del piso al punto del centro de gravedad.
Rn:	Radio del neumático = 342.9mm
B:	Ángulo

RESUMEN

El principal objetivo del trabajo de titulación es el diseño y construcción de un chasis desarmable por medio de optimización topológica mediante herramientas de CAD, como SolidWorks y Workbench, para un vehículo de competición solar que se llevó a cabo en la carrera de ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; para ello se realizó el análisis e investigación del reglamento de la Carrera Solar de Atacama (CSA), para determinar las características como: dimensiones, espacios, materiales, normas de seguridad que ayudaron a la construcción del chasis, realizando inicialmente un diseño en SolidWorks del prototipo, con un tubo cuadrado de 0,0381m de alto, 0,0381m de ancho y en espesor de 0.0015m, estudiando diferentes tipos de materiales para el diseño como el Aluminio(ATM A 1200) y el Acero Inoxidable (AISI 306) una vez seleccionado el material se efectuó una optimización topológica para aligerar el peso del vehículo y así economizar gastos en el material de construcción. Después de la optimización topológica se efectuaron simulaciones y análisis de esfuerzos estáticos que permitieron calcular y verificar las deformaciones del chasis en la parte superior de 14.64mm, en la parte frontal de 13.54mm y un factor de seguridad de 8. Finalizado el análisis de los softwares se procedió a la construcción del chasis con el material seleccionado, se realizó cortes, unión mediante soldadura y ensamble mediante pernos y tuercas, obteniendo un peso de 48kg. Para comprobar la eficiencia y seguridad del chasis, se procedió a efectuar un plan de pruebas como resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y prueba de tintas penetrantes. Al finalizar la construcción del chasis desarmable se observó una disminución de peso de un 44% con respecto a la construcción del chasis del prototipo inicial. Se analizó el reglamento de la carrera solar de atacama como sus medidas, peso y formas, así como los cálculos y análisis que el reglamento tiene como requerimiento para ser evaluados al momento de la competencia, con el análisis del reglamento quedó claro cómo se iba a proceder al diseño y construcción del chasis. Como este chasis es desarmable se debe tener mucho cuidado con los componentes al momento de desmontar y montar debido a que una mala sujeción de componentes producirá daños muy graves al momento de la competición.

Palabras claves: <CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA> <INGENIERÍA AUTOMOTRIZ> <OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA> <CHASIS> <ACERO INOXIDABLE> <CARRERA SOLAR ATACAMA> <DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN> <ESFUERZO ESTÁTICO> <FACTOR DE SEGURIDAD.>



ABSTRACT

The main objective of the research work is the design and construction of a disassembled chassis through topological optimization using CAD tools, such as SolidWorks and Workbench. for a solar competition vehicle that he carried out in the Automotive Engineering career of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; For this, the analysis and investigation of the regulation of the Solar Race of Atacama (SRA) was carried out, to determine the characteristics such as: dimensions, spaces, materials, safety standards that help in the construction of the chassis, how a design is developed in SolidWorks of the prototype, with a square tube 0.0381m high. 0.0381m in width and thickness of 0.0015 m studying different types of design materials such as Aluminium (ATM 1200) and Stainless Steel (AISI 306) once the material was selected, a topological optimization was carried out to lighten the weight of the vehicle and thus save expenses on construction material. After topological optimization, simulations and static stress analysis will be carried out that allow calculating and verifying the deformations of the chassis at the top of 14.64 mm, at the front of 13.54 mm and a safety factor of 8. After the analysis of the programs are processed to the construction of the chassis with the selected material, cuts are made, union by welding and assembly by bolts and nuts, obtaining a weight of 48 kg. To verify the efficiency and safety of the chassis, a test plan such as compressive strength, tensile strength and penetrating ink test must be processed. At the end of the construction of the detachable chassis, a 44% decrease in weight will be seen with respect to the construction of the initial prototype chassis. The regulation of the solar race of Atacama was analysed as its measures, weight and forms, as well as the calculations and analysis that the regulation has as a requirement to be evaluated at the time of the competition, with the analysis of the regulation it was clear how it was going to proceed to the design and construction of the chassis. As this chassis is disassembled, great care must be taken with the components when disassembling and assembling due to poor fastening of components that cause very serious damage at the time of competition.

KEYWORDS: <ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY> <AUTOMOTIVE ENGINEERING> <TOPOLOGICAL OPTIMIZATION> <CHASSIS> <STAINLESS STEEL> <ATACAMA SOLAR RACE> <DESIGN AND CONSTRUCTION> <STATIC EFFORT> <SAFETY FACTOR>.



INTRODUCCIÓN

Los vehículos solares, son coches con motor eléctrico que obtienen la energía a partir de paneles solares instalados por toda la superficie de su carrocería. En esencia son coches eléctricos en todo lo que se refiere a su funcionamiento y al mecanismo de propulsión, y se diferencian tan solo en la procedencia de la energía eléctrica. Hoy en día, los vehículos solares no son tan accesibles al público en general, esto se debe al alto costo de los mismos, pero en la actualidad ha existido una muy alta demanda de vehículos híbridos y eléctricos en algunos casos con un menor consumo de combustible y menor contaminación al medio ambiente esto ayuda al planeta en la disminución de los combustibles fósiles ya que emiten agentes contaminantes como los NOx, CO y CO₂, así como la disminución de la contaminación auditiva que también es un gran problema en país ocasionada por la demanda vehicular (BAYAS, y otros, 2015).

La energía solar es muy ventajosa en relación con otra fuente de energía, pues es renovable y puede obtener calor y electricidad. Hay diversas formas de aprovechar los rayos que produce el sol para generar energía, un ejemplo, es la fotovoltaica (transforma los rayos del sol en electricidad mediante paneles solares) la cual es aplicable en la construcción de vehículos solares, los cuales participan en competencias como la Carrera Solar de Atacama.

La Carrera Solar de Atacama (CSA) es la primera carrera con vehículos solares que se ha llevado en América Latina, la misma se lleva a cabo en el desierto más árido del mundo y con niveles de radiación más altos a nivel mundial, por tal motivo ayuda a la investigación y experimentación en el tema de vehículos solares, que ayudan a buscar nuevas formas de transportes y además al desarrollo de nuevas energías renovables en el planeta (CSA, 2020). Conocer e investigar el reglamento de la carrera de vehículos solares es de mucha importancia para poder determinar las características del vehículo solar, como los materiales, dimensiones, espacios y normas de seguridad que debe adquirir el vehículo.

Con lo mencionado anteriormente se pueden seleccionar materiales que ayuden a un mejor rendimiento y eficiencia del vehículo además de una mayor seguridad para el conductor, no hay duda de que la idea de disponer de un coche ecológico alimentado por energía solar es atractiva por múltiples motivos como la sostenibilidad, respeto al medio ambiente, la economía o la innovación. (CSA 2020).

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Justificación.

1.1.1. *Justificación Teórica.*

El trabajo de titulación propuesto se enfoca a la teoría y los conceptos aprendidos en el ámbito automotriz enfocados en el diseño y construcción del chasis desarmable para el vehículo solar de competencia por medio del uso de software especializado en elementos finitos y optimización topológica para disminuir material y peso de los componentes.

El comportamiento del chasis del vehículo será más rígido que la carrocería. Sin embargo, es importante en el momento de un choque la carrocería se deforme todo lo que se pueda para no transmitir la energía de colisión al piloto y por otra parte interesa que el chasis se deforme poco para no alterar las características geométricas de los elementos que se acoplan en él. (ALONSO PEREZ, 2010).

Con el presente trabajo de titulación se espera que sea un aporte teórico para todos los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz de la ESPOCH en cuanto se refiere al diseño y construcción de un chasis desarmable.

1.1.2. *Justificación Metodológica.*

Con la finalidad de lograr los objetivos planteados en el trabajo de titulación se emplearon diferentes técnicas de investigación como son revistas científicas, libros y tesis.

Se debe tener en cuenta cuáles serán las variables de interés para efectuar dichas técnicas, en este caso la variable para este trabajo será el diseño y construcción de un chasis desarmable.

Para continuar el trabajo se dividirá por categorías para llevarlo con mayor orden como se detalla a continuación:

- a) Analizar los reglamentos, medidas y espacios que deben tener los componentes mecánicos del vehículo.
- b) Diseñar los elementos que componen el chasis desarmable.
- c) Seleccionar puntos donde el chasis será desarmable.
- d) Seleccionar el material para la construcción del chasis.

Una vez determinada las categorías en las que se va a dividir el trabajo se establecerán el enfoque, la modalidad y los niveles del estudio correspondiente.

El diseño de los puntos de sujeción del chasis tendrá un enfoque cuantitativo por cuanto se trabajarán con datos numéricos referentes a peso, longitudes, rigidez e hipotéticamente la distribución de masa, entre otros.

También se llevará a cabo un análisis de guía esto se basará en tesis relacionadas con vehículos solares, así como el reglamento de la carrera solar de atacama 2020 para sustentar el desarrollo del trabajo.

Este tipo de trabajo además tendrá un análisis deductivo y sintético ya que se debe analizar los diferentes materiales utilizados para este tipo de vehículos con la finalidad de tener una mayor seguridad y poder aligerar el peso del mismo.

El proyecto demanda de un estudio de carácter exploratorio, porque se parte de un conocimiento teórico que no ha tenido la oportunidad de ser llevado a la práctica.

Además, se ubica como de carácter descriptivo porque se estudiarán los parámetros de interés teniendo en cuenta que se tiene que diseñar y optimizar el prototipo, todo este trabajo debe llegar a su finalización con la construcción del chasis desarmable.

1.1.3. *Justificación Práctica.*

La construcción del chasis de un vehículo solar de competencia aporta al conocimiento de los estudiando de la carrera de ingeniería automotriz con el uso de energías limpias, este trabajo permitirá elaborar un diseño en SolidWorks para mediante optimización topológica, se pueda optimizar el chasis, en lo que se refiere a disminución de peso y costos de construcción.

La optimización topológica está enfocado a eliminar el material que no ayuda a soportar esfuerzos a los que está sometido el componente esto se los realiza en diferentes softwares como ANSYS, Tosca de Dassault Systèmes, Within Labs de Autodesk o Inspire de SolidThinking, Solidworks.

1.2. Planteamiento del problema

Hoy en día la contaminación ambiental que es provocada por los vehículos que usan combustibles fósiles a nivel mundial es una de las problemáticas más grave para el medio ambiente por este motivo es necesario incentivar a la investigación y desarrollo de vehículos con energías limpias que permitan la disminución de la contaminación al planeta.

La carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, preocupada por la contaminación producida a nivel mundial como la del país, impulsa a los estudiantes a investigar y aplicar todos sus conocimientos en el área de energías renovables.

El chasis es un componente muy importante en lo que se refiere a la seguridad y funcionamiento del vehículo, si se presentara una falla en este componente esto terminaría en una pérdida de control de vehículo por lo que es importante que este componente no presente ninguna falla.

En trabajos anteriores a este, se pudieron observar algunos problemas al momento de la construcción, como el excesivo peso, debido a la selección de los materiales de construcción y a un análisis poco profundo en los componentes. El tipo de soldadura fue otro problema para la construcción ya que aumentan el peso de la estructura y en ciertos materiales se necesita una soldadora especial y a todos los componentes al momento del ensamble solo eran soldados ningún componente podía ser desarmable la cual es un impedimento muy importante al momento de ser trasladado de un sitio a otro debido al tamaño del mismo, esto implica un elevado gasto de transporte lo cual es otro problema importante en lo que son costos.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

- Diseñar y construir un chasis desarmable para un vehículo solar mediante la optimización topológica para alivianar el peso del vehículo.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Investigar los tipos de materiales que permitan aligerar el peso del chasis del vehículo solar mediante procesos de manufactura.
- Diseñar el chasis desarmable del vehículo solar y mediante la optimización topológica ejecutar la construcción del prototipo

- Construir el chasis desarmable mediante procesos de manufactura adecuados para asegurar la calidad del diseño
- Realizar pruebas estáticas de funcionamiento de acuerdo a las normativas de competencia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía Solar

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma térmica o eléctrica, para su consumo donde se necesite. Además, es una de las energías más limpias ya que al ser utilizada no produce ningún tipo de contaminación ni efectos adversos al ambiente, como el ruido y emisiones tóxicas.

Existen dos vías principales para el aprovechamiento de la radiación solar:

- Energía Solar Térmica
- Energía Solar Fotovoltaica

El aprovechamiento de la Energía Solar Térmica se basa en utilizar la radiación del sol para calentar un fluido que, en función de su temperatura, para producir agua caliente e incluso vapor. (Energía Nuclear.2015)

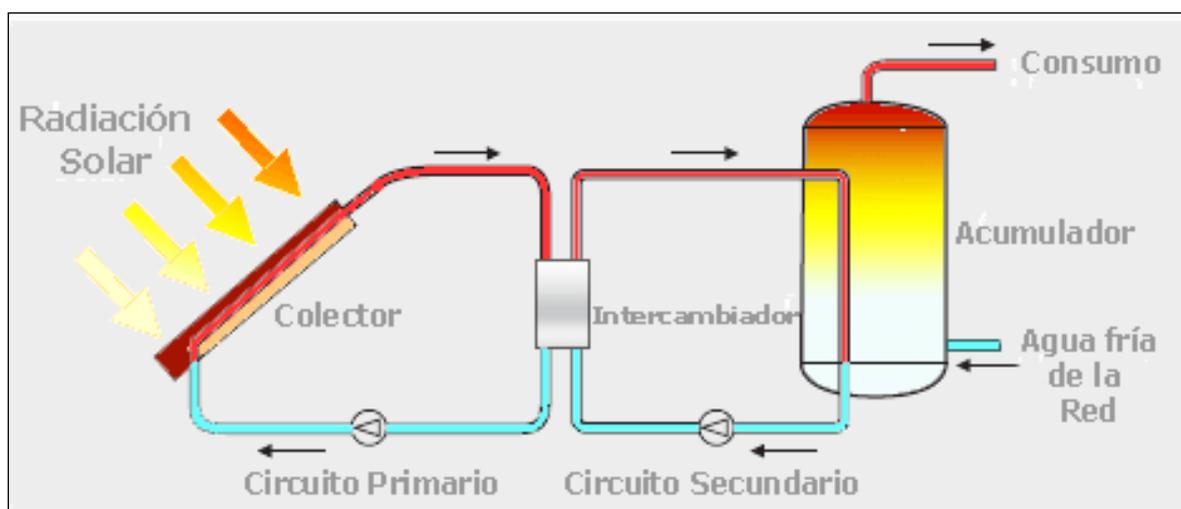


Figura 1-2: Aprovechamiento de la energía térmica

Realizado por: (Energía Nuclear.2015)

La energía solar fotovoltaica se transforma de manera directa desde los rayos que produce el sol en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica. (Energía Nuclear, 2015).

2.2. Competencia Solar Atacama

Es una de las primeras competencias de vehículos solares que se realiza en Latinoamérica la cual convoca a equipos de todo el mundo a ser partícipes de esta competencia, en su primera versión el objetivo de esta Carrera fue el de recorrer el desierto de atacama, el cual cuenta con niveles de radiación solar más altos del mundo y en esta nueva versión el desafío tendrá un nivel más elevado, ya que esta vez la competencia se va a extender desde la ciudad de Santiago de Chile hasta llegar a la ciudad de Arica, y esta a su vez tendrá un recorrido de más de 2500km, a su vez se realizara paradas en las ciudades principales del norte del país. (CSA, 2020).

La competencia busca desafiar a los equipos en diferentes categorías de prototipos solares en la cual deben demostrar la innovación, eficiencia energética, desarrollo de movilidad eléctrica y sobre todo un buen uso de los recursos disponibles (CSA, 2020).

La competencia desafía a los participantes de una forma técnica y logística, donde se observará el trabajo en equipo, la perseverancia y la disciplina además de la perseverancia, estos parámetros se pondrán a prueba en el transcurso de toda la competencia esto es con el fin de generar un ambiente que proporcione la colaboración y a su vez la formación de vínculo entre estudiantes y profesionales que impulsen a una sociedad más sustentable (CSA, 2020).

La Carrera Solar Atacama es organizada por la Ruta Solar, organización sin fines de lucro que propone cambios tecnológicos sustentables en la sociedad a través de iniciativas y proyectos que estimulen el emprendimiento de jóvenes líderes (CSA, 2020).

2.2.1. Categorías

La competencia Solar de Atacama está conformada por las siguientes categorías:

- Evolución
- Híbrido
- Otras categorías.

2.2.2. Categoría Evolución.

Los vehículos solares para este tipo de categoría estarán impulsados únicamente con la ayuda de la energía solar, la principal característica que presentan estos vehículos son sus diseños aerodinámicos y componentes de última tecnología. El principal objetivo de estos equipos de evolución es llevar la máxima eficiencia para lograr miles nunca antes vistos para estos prototipos y que a su vez alcancen grandes distancias de recorrido. (CSA,2020).

El prototipo estará constituido de 4 ruedas para un solo ocupante este diseño visualiza la eficiencia que tendrá el vehículo para la competencia, además su habitáculo se encuentra ubicado en el centro del vehículo para proveer mayor ergonomía para el piloto. (CSA,2020).

2.2.3. Reglamentación.

La competencia Solar de Atacama está compuesta de un reglamento en el cual están establecidas las bases generales y técnicas que la competencia posee. La misma que se encuentra disponible en la página Carrera Solar. Todos los requerimientos que se ha citado a continuación pertenecen a las bases generales de la competencia, las cuales pueden ser aplicadas al diseño y construcción del prototipo vehicular. (CSA, 2020).

Lo siguiente son puntos expuesto en el reglamento de la competencia Solar de Atacama:

- El peso que debe tener el ocupante o piloto designado debe ser un de 80 [kg] como máximo, esto tomando en cuenta su vestimenta, casco y protecciones corporales (CSA, 2020).
- Los vehículos designados a la categoría de Evolución deben mantener una velocidad promedio mínima de 50 [km/h] (CSA, 2020).
- *La velocidad máxima permitida* para la competencia será de un 100 [km/h] máximo en todo el circuito, con excepción donde la señalética de tránsito indique un límite menor. Los equipos cuyos vehículos excedan estos límites establecidos serán penalizados (CSA, 2020).
- *Espacios en Carrocería:* Todos los vehículos que participen en el evento deben disponer de un área 0,7 [m] de ancho y 0,2 [m] de alto en ambos costados de su carrocería, para uso exclusivo de la Organización (CSA, 2020).

- *Dimensiones:* El vehículo en competencia no debe medir más de 5 [m] de largo, 2,2 [m] de ancho y 1,6 [m] de alto (CSA, 2020).
- *Barras antivuelco:* Los vehículos deberán tener incorporar barras estructurales antivuelco en su chasis con el fin de prevenir que se puedan generar directo a la cabina del piloto además de las deformaciones graves en caso de alguna colisión o volcamiento. Las mismas deben estar hechas de tubos metálicos con la suficiente resistencia a la tracción, que permita proteger al piloto de una fuerza de 4g. (CSA, 2020)

2.2.4. Vehículo Solar

El vehículo solar esta propulsado por un motor eléctrico que se basa en una alimentación por energía solar que se obtiene mediante paneles solares en la parte superior del vehículo.

Los paneles solares convierten la energía que emite el sol en energía eléctrica, y esta energía a su vez es almacenada en las baterías que son utilizadas por el motor o motores del vehículo.

La diferencia de los vehículos de carga solar, los automóviles solares por el momento no son muy utilizados como un medio practico de transporte, aunque una ventaja de estos automóviles es que pueden transportarse por distancias limitadas sin necesidad que exista la luz solar.

En la mayoría de estos vehículos solares únicamente tiene espacio para una o un máximo de dos personas, estos automóviles o prototipos compiten en carreras (llamadas rayces).

Una de las principales en Latinoamérica como la World Solar Challenge o la Carrera Solar Atacama, donde participan equipos de universitarios y profesionales de empresas como General Motors y Honda (Viz, 2017).



Figura 2-2: Vehículo solar

Realizado por: (CSA, 2020).

2.3. Chasis.

El chasis de un vehículo es el armazón en el cual se van a montar y sujetar todos los mecanismos del vehículo, además que debe soportar el peso de algunos (motor, caja de cambios, dirección, etc.) y otros que quedarán colgados en el mismo chasis (suspensión y ruedas). (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)



Figura 3-2:Chasis de un vehículo

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

El chasis es la estructura que sostiene y aporta rigidez y forma a un vehículo. Excluyendo el motor y el equipo eléctrico de un automóvil, el resto de los componentes mecánicos de un vehículo, como la caja de velocidades, dirección, frenos, etc., quedan englobados en el apartado denominado chasis. (ALONSO PEREZ, 2010).

2.3.1. Componentes del chasis

Los largueros que conforman el chasis están enlazados por varios travesaños, y están colocados a distancia adecuadas, esto para que este sistema pueda soportar el peso de la carrocería que llevara el vehículo y los distintos elementos.

Además, estos travesaños, al igual que los largueros, llevan una sección adecuada para los esfuerzos que deberán soportar durante la marcha del vehículo.

En la construcción del chasis se deben seguirse dos normas principales: ligereza e indeformabilidad.

Los constructores y diseñadores deben adoptar distintas formas para poder conseguir todas estas cualidades, debido a esto existen chasis en los cuales los largueros se cruzan en su mitad, que forman

una equis a la cual se unen en diferentes puntos de los travesaños, de formas adecuadas, que colocan a los diferentes componentes mecánicos que se fijan a ellos.

La distancia que existe entre los ejes delantero y trasero de un vehículo se lo llama batalla y la separación que existe entre las ruedas de un mismo eje se lo denomina vía.

Estos largueros además deben soportar el peso de diferentes mecanismos y componentes, bien directamente al chasis o mediante los travesaños, están sometidos a esfuerzos constantes de flexión, que se aumentan debido a los golpes que efectúa el sistema de suspensión, por esta causa el chasis debe tener una gran rigidez para poder aguantar estos esfuerzos.

Además, el chasis está sometido a esfuerzos torsionales cuando el vehículo circula por una carretera irregular, por esto las secciones deben ser de formar rectangular o a su vez en forma de U, debido que esta misma le confiere una gran rigidez a este sistema y permiten una fácil unión de los travesaños y la construcción del chasis va a ser mucho más sencilla. (ALONSO PEREZ, 2010)

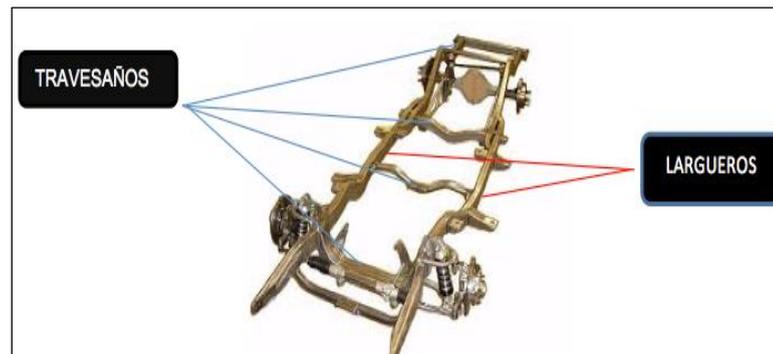


Figura 4-2: Chasis de un vehículo y componentes

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.4. Construcción

Para la construcción de diferentes chasis existen tres diseños principales de largueros (viga).

Estos son:

- Canal C
- Caja Cerrada
- Canal U

2.4.1. Canal C

El chasis de canal, en forma de C, tiene la principal característica de ser fuerte y a su vez flexible, este tipo de canal se lo emplea en camionetas y en zonas de automóviles convencionales donde se necesita de mucha resistencia y un cierto grado de flexión y a su vez es muy complicado de romper. (ALONSO PEREZ, 2010).



Figura 5-2:Perfil estructural tipo C

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010).

2.4.2. Caja Cerrada

La construcción de caja se la emplea en la mayoría de chasis convencionales, en especial cuando es necesario emplear resistencia adicional para el vehículo; la sección de caja se construye con dos secciones de canal en forma de C. Por lo cual los largueros del chasis se los hacen soldados dos vigas en ambos extremos esto para poder formar un tubo rectangular. (ALONSO PEREZ, 2010)

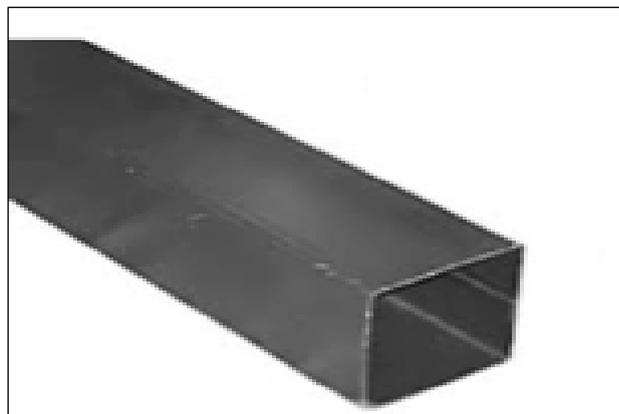


Figura 6-2:Viga estructural de caja cerrada

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.4.3. Canal U

Este tipo de canal tipo U, es un material mucho más ligero, por lo general se lo emplea en las carrocerías unitarias del tipo monocasco, para poder formar los largueros inferiores, se procede a soldar por puntos un canal con cejas en el piso de la carrocería.

En algunos travesaños se pueden utilizar diferentes complementos tubulares y viguetas, los cuales pueden ser de diferentes materiales principalmente como lo es el hierro, aunque también puede ser de aluminio. (ALONSO PEREZ, 2010)



Figura 7-2:Carrocería del vehículo Tipo U

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.5. Tipos

Todos los vehículos automotores requieren de la estructura de bastidor para poder formar el chasis y así poder tener la suficiente resistencia para poder soportar la carrocería, el motor, la transmisión y el sistema de suspensión.

Todos estos elementos estructurales pueden ser en un bastidor separado, o también pueden estar soldados como parte de la lámina del piso en la carrocería unitaria. (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

Los tipos de chasis que se pueden encontrar son:

- Estructura convencional
- Estructura monocasco

2.5.1. Estructura convencional

Los vehículos con un chasis convencional son de una construcción muy pesada y a su vez muy costosa. Por lo tanto, este tipo de chasis se limita a vehículos como automóviles todo terreno, vehículos deportivos, utilitarios y en la mayoría de camionetas grandes y en algunas camionetas livianas.

Esta estructura convencional son estrechos en la parte delantera, con la finalidad que permitan a que las ruedas puedan girar a los lados con el vehículo en marcha.

La mayor anchura del chasis en la parte posterior es para distribuir el peso de la carrocería y la carga más cerca de las ruedas posteriores, con el objetivo de brindar mayor estabilidad. (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

En la estructura convencional se emplean dos tipos de diseño:

- Escalera
- Perimetral
- En X
- Tubular

2.5.1.1. Diseño de Escalera.

El diseño de escalera empleado en la fabricación de un chasis para la construcción de camiones pesados debido a las grandes cargas y esfuerzos que deben soportar este tipo de vehículos y a la estabilidad que deben brindar.

En la actualidad solo se usa en camiones y furgones ligeros, debido a su gran solidez. (ALONSO PEREZ, 2010)



Figura 8-2:Chasis de un vehículo tipo escalera

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.5.1.2. Diseño Perimetral

El diseño de tipo perimetral se emplea en muchos automóviles grandes y en su mayor parte en las camionetas, debido a su perímetro que ofrece una máxima protección para los ocupantes y además en la carrocería en caso de choques de costados.

Con este tipo de chasis, que es un poco más ancho, se puede obtener una gran estabilidad en el vehículo.

Además, este tipo de estructura sirve para formar una estructura de caja de torsión, que, en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada. (ALONSO PEREZ, 2010)

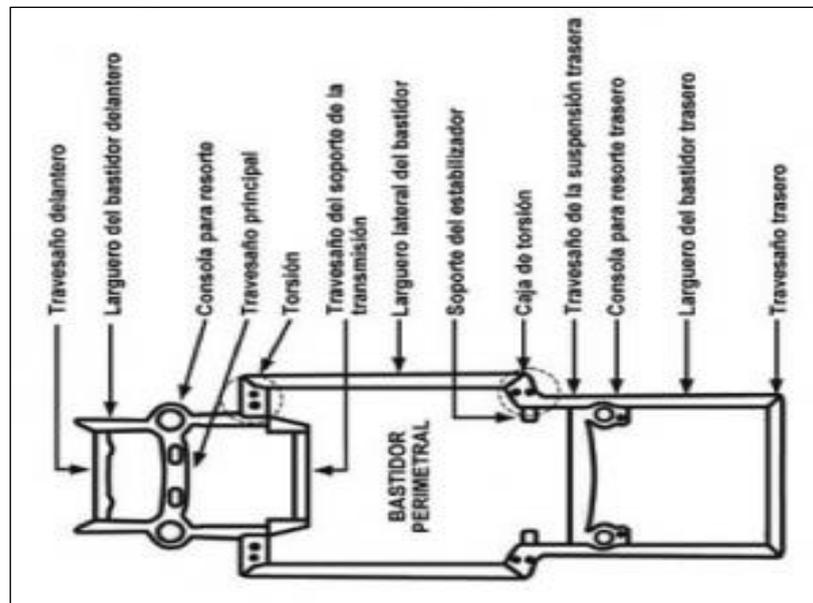


Figura 9-2: Chasis de un vehículo perimetral

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.5.1.3. Diseño en X

Este tipo de chasis se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada que se genera en el vehículo.

El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras. (ALONSO PEREZ, 2010)



Figura 10-2: Chasis tipo X

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.5.1.4. Diseño Tubular

Este tipo de bastidor nace de la necesidad de obtener estructuras más ligeras y esbeltas, dando lugar a un conjunto muy rígido y ligero.

Este diseño se emplea sobre todo en vehículos de competición, en los que la carrocería exterior tiene una misión estética y aerodinámica. Tienen un elevado costo de fabricación. (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)



Figura 11-2: Chasis de diseño tubular

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.5.1.5. Estructura Monocasco

La estructura monocasco en un vehículo son las que incluyen el chasis y el habitáculo de componentes y de los pasajeros en un solo componente. Este sistema fue utilizado en su totalidad de vehículos de turismo de los años 1980.

En la actualidad casi todos los automóviles se construyen con la técnica de monocasco, esto se lo realiza mediante soldadura de punto, esto se lo realiza para que sus estructuras brinden gran fortaleza y rigidez a todo el conjunto. (ALONSO PEREZ, 2010)

Este sistema constructivo tiene una serie de ventajas frente a lo demás:

- Dota al vehículo de una gran ligereza, estabilidad y rigidez.
- Facilita la fabricación en serie, por lo que son más económicas.
- Tienen un centro de gravedad más bajo por lo que mejora la estabilidad del vehículo.
- Disminución de vibraciones y ruidos, proporcionando confort a los ocupantes del vehículo.



Figura 12-2:Chasis de un vehículo y componentes

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.6. Tracción, flexión y torsión

Al realizar la construcción de una estructura se necesita tanto un diseño adecuado como unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas y acciones a las que va a estar sometido para evitar pérdidas de material y evitar riegos. (Badinas Richard y Gisbert Keith, 2008)

Los tipos de esfuerzos que deben soportar los diferentes elementos de las estructuras a los que van a estar sometidos son:

2.6.1. Tracción

La fuerza de tracción es aquella que tiende a estirar el componente y romper el material. Donde las fuerzas que actúan sobre el mismo tienen la misma dirección, magnitud y sentidos opuestos hacia fuera del material. (Badinas Richard y Gisbert Keith, 2008)

$$\tau = \frac{\text{Fuerza perpendicular al área transversal}}{\text{Área transversal}} = (+) \frac{T}{A_t} \quad (1)$$

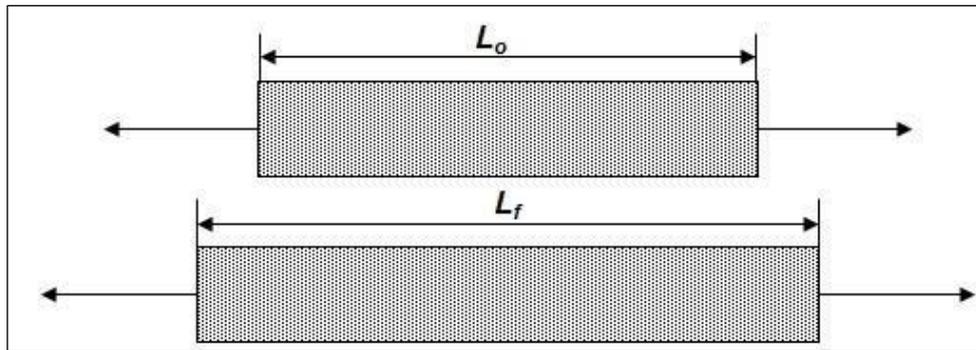


Figura 13-2: Fuerza de tracción.

Realizado por: (Villalba, 2017)

2.6.2. Flexión

Son las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo tratando de “doblarlo”, alargando unas fibras internas y acortando otras. (Badinas Richard y Gisbert Keith, 2008).

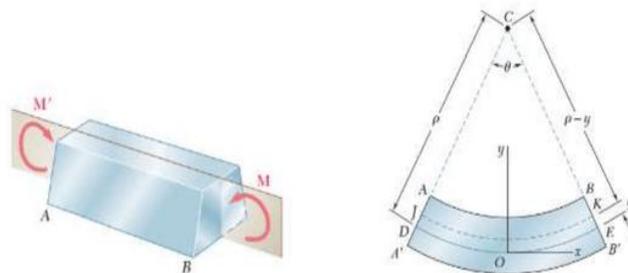


Figura 14-2: Flexión de un componente

Realizado por: (Lisvancelis, 2011)

2.6.3. Compresión

Es aquel que tiende a estirar el miembro y romper el material. Donde las fuerzas que actúan sobre el mismo tienen la misma dirección, magnitud y sentidos opuestos hacia fuera del material. (Badinas Richard y Gisbert Keith, 2008)

$$\tau = \frac{\text{Fuerza perpendicular al área transversal}}{\text{Área transversal}} = (-) \frac{C}{A_t} \quad (2)$$

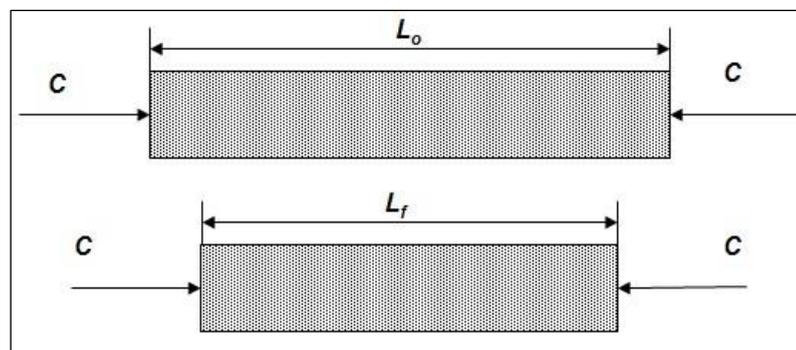


Figura 15-2: Fuerza de compresión

Realizado por: (Villalba, 2017)

2.7. Materiales de construcción

Los materiales ligeros pueden mejorar la eficiencia de combustible más que otros factores. Los experimentos revelan que el 10 por ciento de la reducción de peso puede conducir a una mejora de 6 a 8 por ciento en el uso de combustible. La reducción de peso se puede obtener de tres maneras:

Sustitución de materiales de alto peso específico por materiales de menor densidad sin reducir rigidez y durabilidad. Por ejemplo, sustitución de acero con aluminio, magnesio, compuestos y espumas. (Hibbeler, 2006)

Optimización del diseño de elementos portadores de carga y fijaciones exteriores para reducir su peso sin pérdida de rigidez ni funcionalidad. (Hibbeler, 2006)

Optimización del proceso de producción, como la reducción de la soldadura por puntos y el reemplazo de nuevas técnicas de unión. (Hibbeler, 2006)

Los materiales más empleados para la construcción de un chasis cualquiera sea su forma son:

- Acero
- Aluminio
- Hierro

Acero: El acero es ampliamente usado en la construcción de estructuras metálica y varios proyectos de ingeniería debido a su alta soldabilidad, gran resistencia, rigidez, bajo costo y la facilidad que existe de encontrarlo en el mercado en varias formas estructurales y en diferentes espesores, pero la principal desventaja frente al aluminio es su peso ya que es aproximadamente tres veces mayor, y además la corrosión que presenta con el tiempo; lo que no lo hace muy competitivo para ser usado en la estructura del chasis del vehículo solar. (Hibbeler, 2006)

Aluminio: Un chasis fabricado en aluminio es ligeramente más pesado que uno fabricado en titanio, este es mucho menos costoso y se lo puede conseguir en una amplia gama de perfiles estructurales con varios espesores y además es más fácil de soldar que el titanio. La desventaja que presenta es que pueden aparecer grietas en la soldadura por lo que se requiere de una inspección regular dependiendo de la aplicación de carga a la estructura. (Hibbeler, 2006)

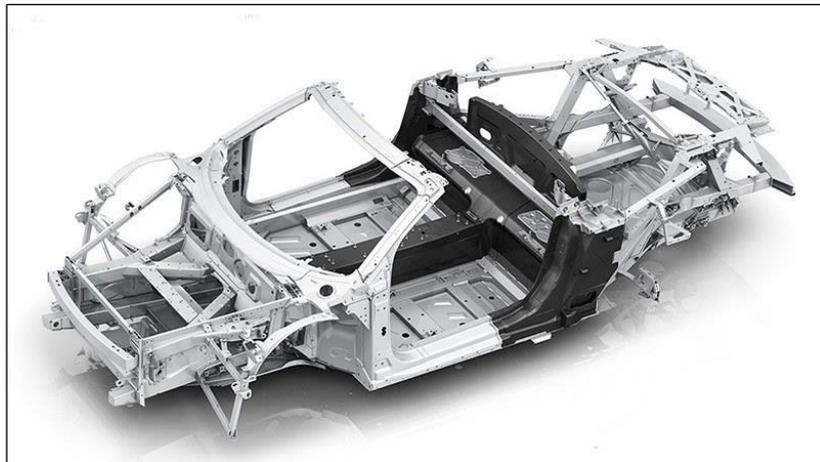


Figura 16-2: Chasis con material de Aluminio

Realizado por: (TÉCNICAS DEL AUTOMOVIL CHASIS,2010)

2.7.1. Proceso de soldadura

El proceso de soldadura ayuda a la unión de dos o más elementos mediante la aportación de calor que generalmente proviene de un arco eléctrico en ciertos tipos de soldadura así también como la aplicación de los rayos láser, ultrasonido o por proceso de fricción en las superficies que puedan estar en contacto o muy cercanas permitiendo que estas se puedan fundir. (CARPINTERO JOSE, 2013)

La soldadura con frecuencia se realiza en un ambiente industrial, pero puede realizarse en muchos lugares diferentes, incluyendo al aire libre, bajo del agua y en el espacio. Independientemente de la localización, sin embargo, la soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos, y la sobreexposición a la luz ultravioleta.

Además, puede existir una aportación del material de relleno que pueda facilitar la fusión, por lo que mediante estos procesos se obtienen una unión permanente formando así un solo elemento. (CARPINTERO JOSE, 2013)

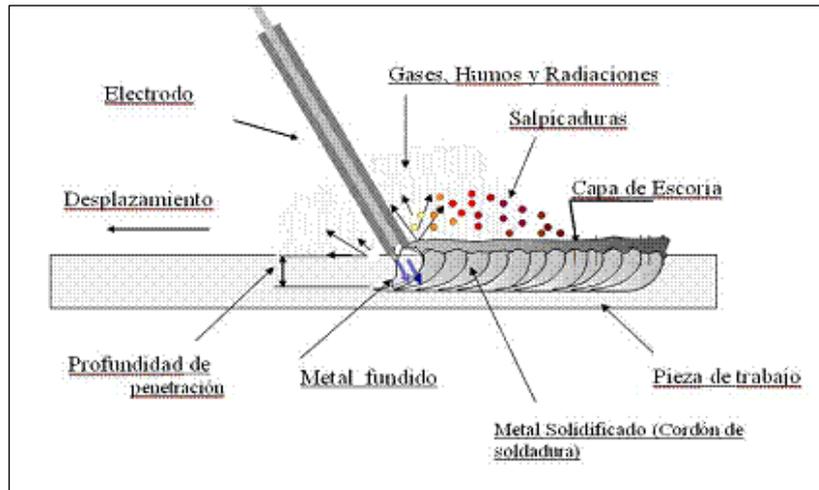


Figura 17-2: Partes de la soldadura

Realizado por: (Lincon Electric, 2016)

2.7.1.1. Soldadura eléctrica con electrodo revestido (SMAW)

Este proceso de soldadura se realiza mediante la aportación de calor generado por un arco eléctrico al ponerse en contacto dos materiales conductores de polos diferentes, la conexión a tierra se lo realiza mediante una pinza que se pone en contacto con la estructura a trabajar y por medio de la pinza porta electrodo el mismo que es manipulada por el operario. Al hacer contacto la superficie metálica con el electrodo se genera una elevada temperatura, con lo cual se genera vapores metálicos que al mezclarse con el aire ionizan la atmósfera de contacto entre el electrodo y el metal, de esta manera el aire se convierte en un conductor eléctrico que permite la separación entre polos manteniendo el flujo de corriente creando un arco eléctrico. (CARPINTERO JOSE, 2013)

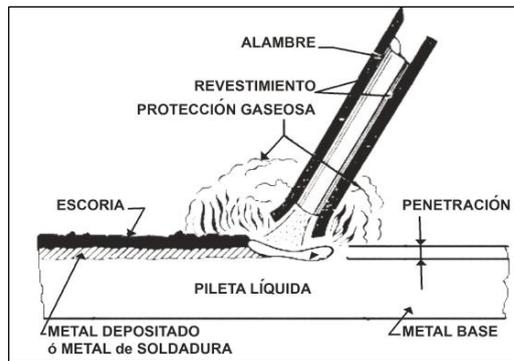


Figura 18-2: Electrodo revestido

Realizado por: (Lincon Electric, 2016)

2.7.1.2. Electrodo

Es el elemento que permite el salto de corriente, así como la aportación de material en el sistema de soldadura SMAW.

Es una varilla metálica o también llamado “alma”, cuya composición es similar al metal a trabajar, se encuentra cubierto de un “revestimiento” compuesto de elementos adecuados para el tipo de soldadura aplicado con el objetivo principalmente de facilitar la generación del arco eléctrico. (CARPINTERO JOSE, 2013)

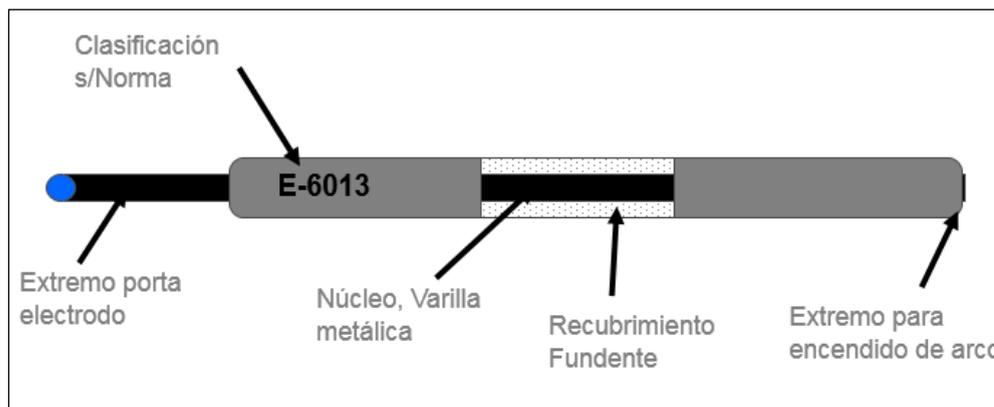


Figura 19-2: Componentes del electrodo

Realizado por: (Lincon Electric, 2016)

2.7.1.3. Soldadura por un arco en protección gaseosa (MIG/MAG)

Este proceso de soldadura en el que se utiliza un arco eléctrico generado entre las piezas a unir y un electrodo continuo o también denominado alambre o hilo generando el calor necesario para la fusión

del metal. El arco eléctrico se protege mediante una atmósfera de gas, ya sea de naturaleza inerte o un gas activo, para evitar el contacto de los gases del ambiente evitando la oxidación. La velocidad del proceso es más alta ya que se suministra de manera continua el electrodo y consigo una mayor deposición de metal, gracias a esto utilizado en procesos con un elevado volumen de producción, además que tiene un amplio campo de aplicación ya que permite soldar todos los metales y las aleaciones existentes en el mercado. (CARPINTERO JOSE, 2013)

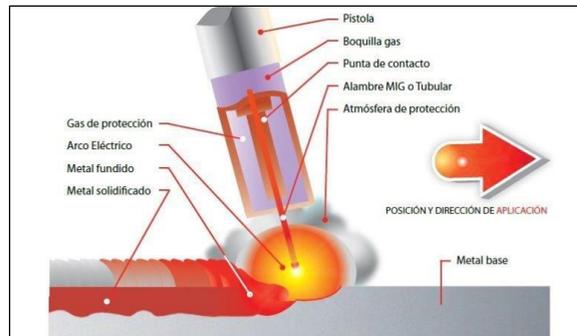


Figura 20-2: Proceso de soldadura (MIG/MAG)

Realizado por: (Implika, 2017)

2.7.1.4. Soldadura MIG

Este método de soldadura se realiza mediante el uso de un gas de naturaleza inerte como el Argón y el Helio, o bien una mezcla de los dos como un gas protector. “Este procedimiento se emplea sobre todo para soldar aceros inoxidable, cobre aluminio, chapas galvanizadas y aleaciones ligeras, aunque permite soldar cualquier tipo de chapa”. (CARPINTERO JOSE, 2013)

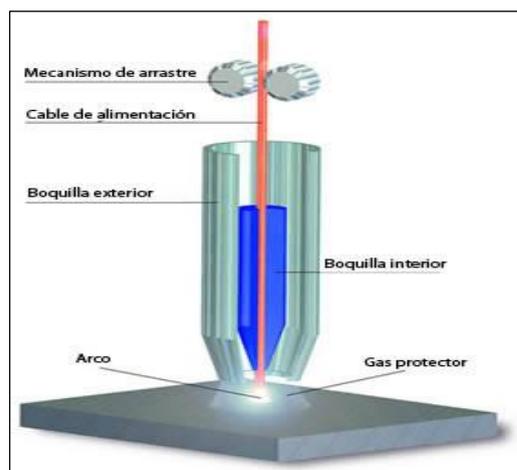


Figura 21-2: Proceso de soldadura (MIG)

Realizado por: (Implika, 2017)

2.7.1.5. Soldadura MAG

“El método MAG (Metal Activo Gas) reemplaza el gas inerte de la soldadura MIG por gases protectores químicamente activos. Como gas protector se emplea el Dióxido de Carbono (CO₂), mezclas de argón y dióxido de carbono o mezcla de argón y oxígeno. El campo de aplicación de este sistema lo componen básicamente los aceros no aleados o de baja aleación”. (CARPINTERO JOSE, 2013)

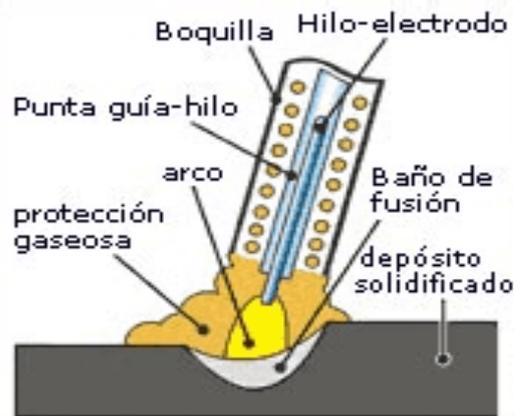


Figura 22-2: Proceso de soldadura (MAG)

Realizado por: (Implika, 2017)

2.7.1.6. Alambre de Electrodo

Este elemento debe ser de la misma naturaleza de los elementos que van a ser sometidos al proceso de soldadura, el alambre se dispone en bobinas de hilo con un recubrimiento de cobre para la protección contra la corrosión y para asegurar un mayor contacto eléctrico. (CARPINTERO JOSE, 2013)



Figura 22-2: Alambre de electrodo

Realizado por: (Lincon Electric, 2016)

2.8. Método de elementos finitos

El método de elementos finitos permite obtener soluciones para los diferentes problemas de ingeniería por medio de ecuaciones diferenciales que dan como resultado valores muy aproximados a los cálculos reales. El método de elementos finitos es muy utilizado en distintas empresas en la actualidad para realizar análisis y así poder lograr un mejoramiento continuo en los diferentes productos, este método es muy utilizados en los diferentes softwares. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

Este método se plantea que con un numero de variables infinitas que son desconocidas sean remplazadas por un número limitado de elementos, los mismos que deben estar bien definidos, las divisiones que sea realizan pueden tener diferentes formas tales como cuadradas, triangulares, con curvas, entre otras, según sea su tamaño y forma geométrica a ser analizada, en este caso como se describió anteriormente que el número de elementos es limitado a este método se lo denomina “elementos finitos”. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

Los elementos finitos se enlazan mediante puntos, los cuales son denominados como “nodos” a su vez la agrupación de elementos y nodos se los denomina “malla”, según sean sus subdivisiones a las cuales va a ser sometida la geometría, las ecuaciones que van a establecer el comportamiento físico de la pieza no se resolverán de una forma exacta, sino de una manera aproximada por este método numérico, es decir, que la precisión de este método tendrá que depender tanto de la cantidad de elementos y nodos, además del tamaño y tipos de elementos que se va asignar en la malla. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

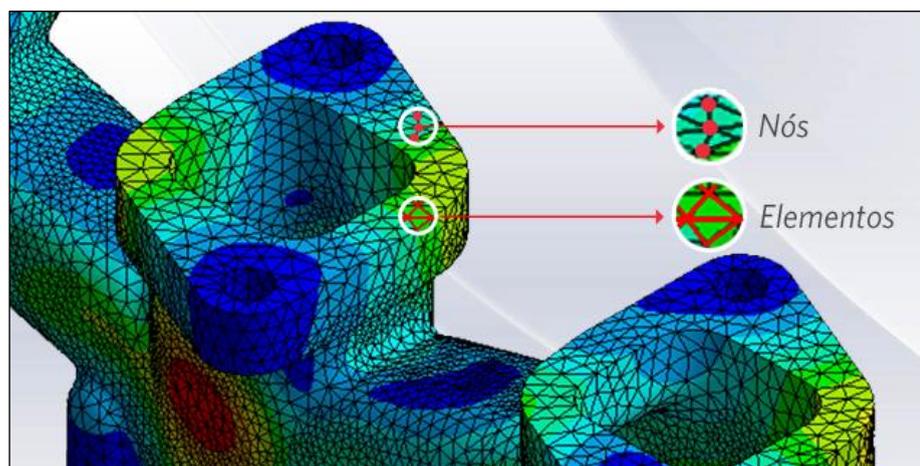


Figura 23-2: Demostración de elementos finitos

Realizado por: (Valdez, 2006)

2.8.1. Optimización topológica.

La fabricación y construcción de elementos, a diferencia de las técnicas tradicionales de mecanizado, permite la creación de piezas complejas, cuyo peso total puede optimizarse utilizando un método numérico llamado optimización topológica.

Lo que permite la optimización topológica es, “eliminar” el material que no posee los soportes a través de un software de optimización. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

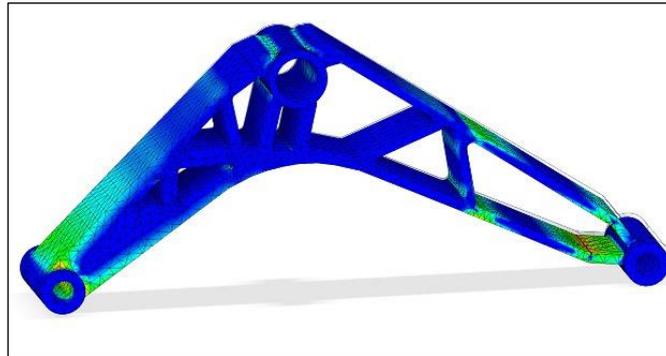


Figura 24-2: Análisis de esfuerzos

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

2.8.2.1. Análisis topológico en ingeniería automotriz

La industria automotriz instauró este sistema de forma rápida gracias a la reducción del costo directo de las materias primas, razones económicas asociadas al desarrollo de las series. Una ganancia de unos pocos gramos por vehículo en una producción de varios millones de unidades, supone un ahorro de toneladas de material. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

Al utilizar la mecánica de mecanizado en masa es mucho más difícil obtener piezas geométricas complejas. La fabricación aditiva ha superado estos problemas con más libertad para los diseñadores, y al mismo tiempo reduciendo costes de material y en algunas situaciones de combustible. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)



Figura 25-2: Componentes con optimización topológica

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

2.8.2.2. Función del análisis topológico

La optimización topológica comienza con la creación de un modelo 3D en la fase de borrador, en el que se aplicaran las diferentes cargas o fuerzas para la pieza (una presión sobre las lengüetas de sujeción, por ejemplo). (3Dnatives, 2017)

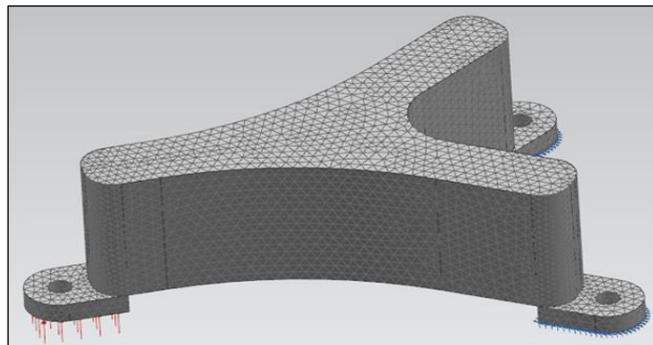


Figura 26-2: Malla de un componente

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

El software será el encargado de calcular todas las limitaciones, se muestran en color rojo los elementos esenciales de la pieza y en azul los elementos que no tienen una utilidad primordial de soporte o fuerza. (3Dnatives, 2017)

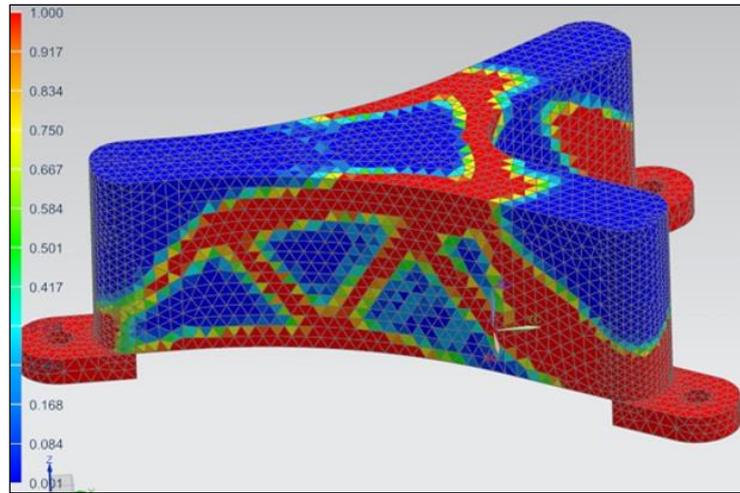


Figura 27-2: Estudio Estático de un componente

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

Con esta resolución, se realiza una pieza de corte que expulsa las partes innecesarias que no serán sometidas a esfuerzos. Aquí ya es visible un primer borrador de la futura optimización. (3Dnatives, 2017)

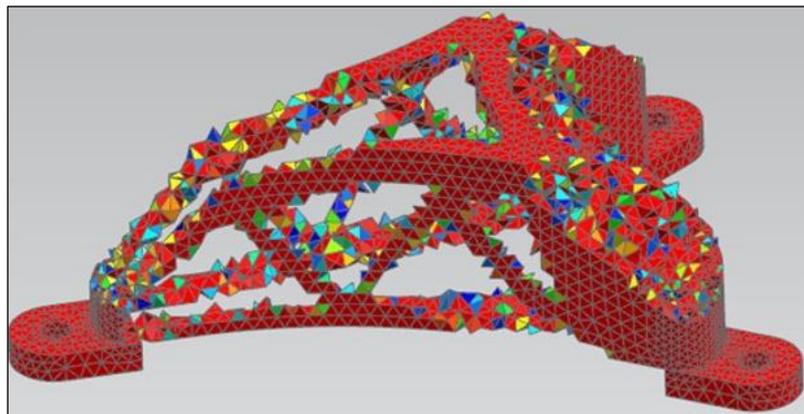


Figura 28-2: Aplicación de Optimización topológica

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

La geometría final con el cumplimiento de los requisitos mecánicos y de diseño, se obtiene finalmente después del suavizado de la pieza de trabajo.

Para hacerse una idea de los beneficios de la optimización topológica, se pasa de una pieza con un peso inicial de 2 kg a una pieza optimizada de solamente 327g, una ganancia de un 83,4% de algo que sigue cumpliendo con sus especificaciones. (ABASOLO MIKEL Y OTROS, 2017)

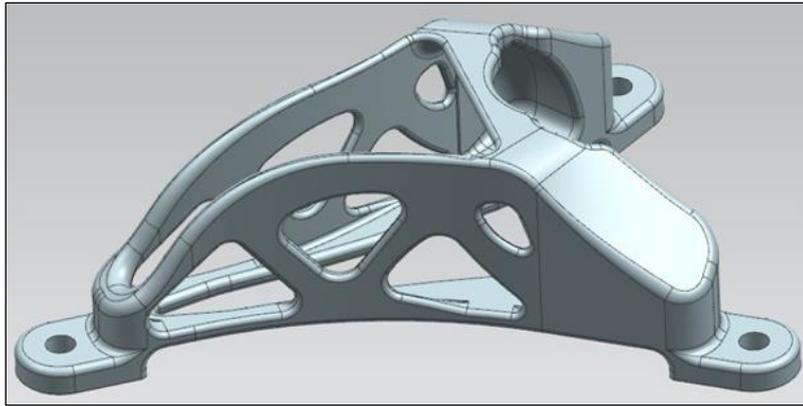


Figura 29-2: Resultados de Optimización Topológica

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

2.9. PROCESOS DE MANUFACTURA

Es un conjunto de actividades que tienen un fin en común con actividades ordenadas para llegar a un resultado deseado

MANUFACTURA

Transformación de materiales en algún elemento hecho a mano o mecanizado que sea útil para la sociedad.

Un proceso de manufactura es la obtención de materia prima para proceder con la transformación en algún elemento terminado que pueda ser útil para la sociedad o a su vez sería un cambio ya sea de forma, composición estructural, que permita generar o implique la obtención de algún producto o elemento. (Villahermosa Enrique, 2017)

Entre los procesos de manufactura se puede encontrar:

- Procesos fundición
- Procesos de conformado de metales
- Procesos de desprendimiento de viruta
- Procesos de unión
- Procesos para modificar las propiedades de los metales
- Procesos a partir de polvos
- Procesos de acabados superficial



Figura 30-2: Resultados de Optimización Topológica

Realizado por: (3Dnatives, 2017)

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Con el siguiente cuadro se resume el procedimiento que se va a realizar para la construcción del prototipo del chasis desarmable.

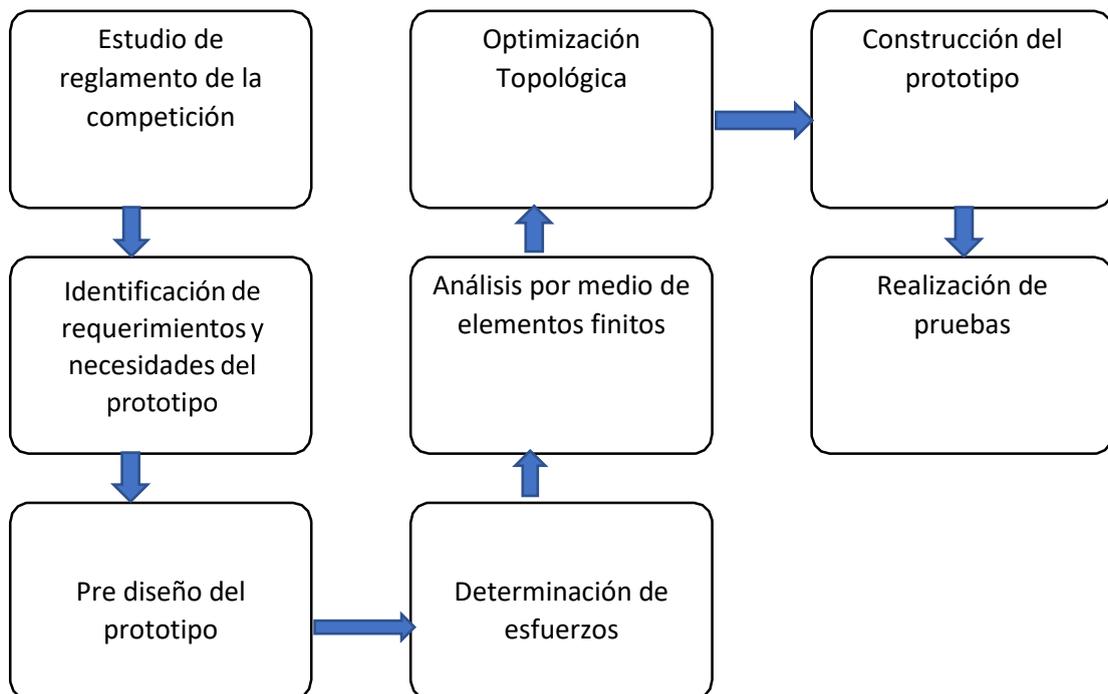


Gráfico 1-3: Diagrama de procesos para el diseño

Realizado por: Autores

3.1. Estudio del reglamento de competición.

Para el estudio del reglamento de la competición solar de atacama se deben tomar en cuenta las dimensiones que debe tener el chasis al momento de la construcción, así como la las pruebas de simulación que se debe realizar

3.1.1. Dimensiones

Para los equipos que deseen realizar análisis de elementos finitos del habitáculo, las cargas mínimas de prueba son:

Impacto frontal: una carga de 4g, opuesta a la dirección de desplazamiento, aplicada a la parte frontal del habitáculo en un área de menos de 250 mm de altura y de menos de 600 mm de ancho.

Impacto lateral: una carga de 4g en el costado del habitáculo, aplicada adyacente al torso del conductor en un área de menos de 250 mm de altura y de menos de 600 mm de ancho. (CSA, 2020).

3.1.2. Peso del vehículo

El vehículo no debe exceder de un peso de más de 400kg, con sus componentes y el o los ocupantes del mismo, la masa de cada piloto o pasajero del vehículo, con casco, ropa y zapatos, será determinado durante las pruebas estáticas, la masa del piloto no debe exceder los 80kg. (CSA, 2020).

3.2. Identificación de requerimientos y necesidades del prototipo.

Es de mucha importancia determinar los requerimientos que se necesita el prototipo para poder cumplir con su función, para una correcta construcción del chasis desarmable del vehículo solar, se debe tener en cuenta los diferentes parámetros y necesidades, en donde se pretende evaluar las distintas propiedades en lo que se refiere a sus comportamientos, movimientos, limitaciones y entre otros aspectos se deben tener en cuenta.

Los principales requerimientos y necesidades para el chasis son:

- La construcción de este tipo de vehículos o prototipos la carrocería se la realiza de una forma casi en su totalidad de manera artesanal, sin saber las características de los diferentes materiales y las especificaciones de los distintos tipos de chasis existentes.
- Además, el chasis debe poseer una gran resistencia debiendo a las diversas fuerzas que actúan sobre este sistema, ya que en este mismo sistema se encuentran montados lo que el motor, caja de velocidades, suspensión, etc. Por lo cual es de gran importancia la selección correcta del diseño para su construcción.

- La construcción del chasis dependiendo del material, puede ayudar a obtener un mejor desempeño del vehículo como lo es al disminuir su peso, disminuir sus dimensiones así ayudará a la autonomía del consumo de combustible del prototipo.
- Con una correcta selección de material para la construcción del chasis, se puede lograr una mayor resistencia y rigidez para soportar los componentes del vehículo y a su vez si se presenta un choque o colisión del vehículo pueda resistirlo evitando daños en o los ocupantes del mismo.
- La movilización de los componentes del vehículo hacia el lugar de la competencia, se lo puede facilitar mediante un prototipo desarmable, es por eso que se requiere elaborar un chasis desarmable para la facilidad de la movilización del vehículo.
- La estética en este tipo de sistema desempeña un papel muy importante, ya que la misma debe adaptarse a la carrocería del prototipo, cumpliendo las expectativas y la confiabilidad del vehículo.

3.3. Pre diseño del chasis.

Para el pre diseño del prototipo del chasis desarmable se lo realizo con pallets de madera de $0.0254m^2$, para poder observar donde se colocarán los demás componentes del vehículo con la finalidad de optimizar el material para la elaboración del chasis desarmable, con la prioridad de verificar que componente será ensamblado fijamente por medio de soldadura y que componentes ser ensamblados por medio de sujeción móvil.



Figura 1-3: Prototipo diseñado con pallets

Realizado por: (Autores)

Una vez realizado el prototipo con los pallets y verificando donde se van a situar los demás componentes y que partes serán de unión fija y unión móvil se procederá a realizar el prototipo en el software SolidWorks para poder simular cada una de las fuerzas a las que va estar sometidas el chasis.

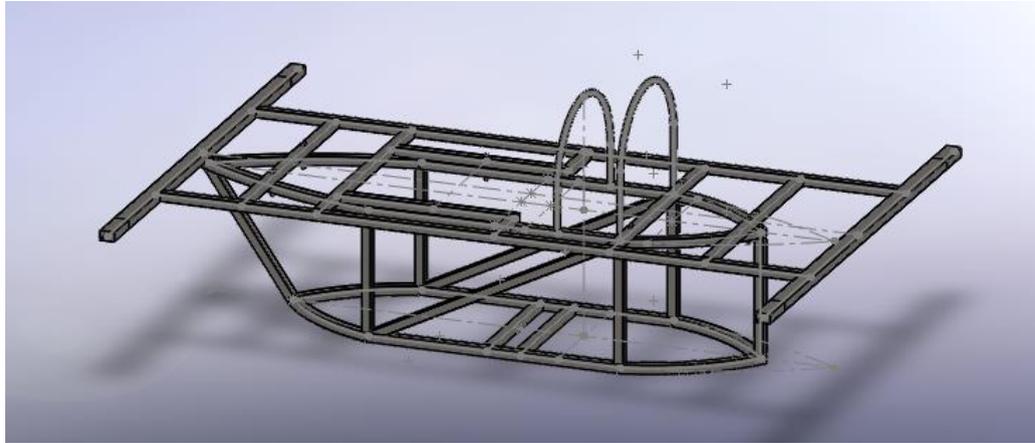


Figura 2-3: Diseño de prototipo en SolidWorks

Realizado por: (Autores)

Una vez realizado el prototipo con las medidas que se requieren en las normas establecida por el reglamento de la competencia se procede a realizar los cálculos, que de igual manera se requieren presentar para la participación del vehículo al momento de la competencia.

3.3.1. Distribución de peso.

Una vez cumpliendo el análisis topológico y teniendo claro las nuevas medidas que tiene el chasis se realizara los diferentes cálculos que establece el reglamento

Nuestro prototipo del chasis desarmable para la competencia solar dispone del motor eléctrico en cada una de las ruedas posteriores, por tal motivo se considera la siguiente distribución de pesos que tendrá en la parte delantera y posterior en el vehículo solar para lo cual hemos tomado los siguientes resultados:

- Peso en la parte delantera = 40%
- Peso en la parte posterior = 60%
- Peso total aproximado del vehículo = 400 kg = 3924 N
- Peso del eje delantero = 160 kg = 1569.6 N
- Peso del eje posterior = 240 Kg = 2354.4 N

3.3.2. Ubicación del centro de gravedad

Para el diseño del chasis desarmable se realiza desde la obtención del centro de gravedad ya expresada, que permite conocer el punto donde se va a ejercer el peso total del vehículo.

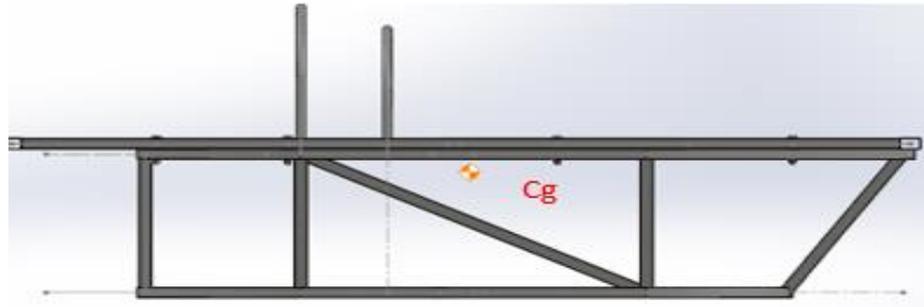


Figura 3-3: Esquema de ubicación del centro de gravedad.

Realizado por: Autores

Para lo cual se usa el peso total del prototipo solar para cada uno de los respectivos ejes tanto delanteros como posteriores con la finalidad de obtener las distancias de a y b mediante la ecuación 3.3 y 4.3

$$a = \frac{P_p \times L}{P} \quad (3)$$

$$b = \frac{P_d \times L}{P} \quad (4)$$

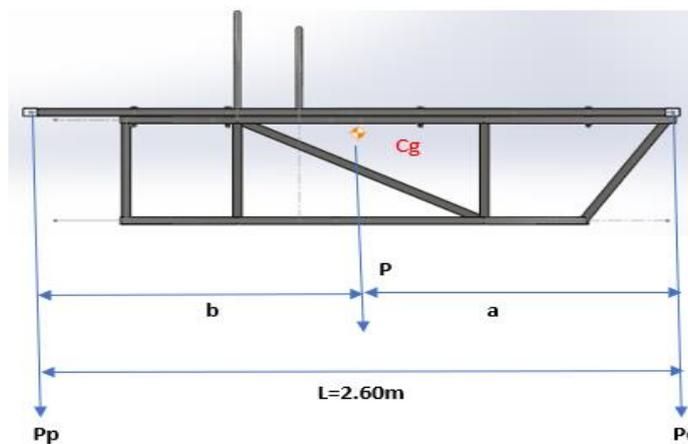


Figura 4-3: Esquema de ubicación del centro de gravedad.

Realizado por: Autores

Donde:

- Cg=punto donde se encuentra el centro de gravedad
- P = Peso del prototipo vehicular
- Pd = Peso del eje delantero

- P_p = Peso eje posterior
- a = Distancia entre P_d y P (m)
- b = Distancia entre P_p y P (m)
- L = Batalla (m)

3.3.3. Posición longitudinal del centro de gravedad

De la ecuación 3.3 y 4.3 se encuentran los valores de a y b respectivamente

$$L = a + b$$

$$L = 2,60\text{m}$$

$$a = \frac{P_p \times L}{P}$$

$$a = \frac{240\text{kg} \times 2,60\text{m}}{400\text{kg}}$$

$$a = 1,56\text{m}$$

$$b = \frac{P_d \times L}{P}$$

$$b = \frac{160\text{kg} \times 2,60\text{m}}{400\text{kg}}$$

$$b = 1,04\text{m}$$

3.2.1. Altura del centro de gravedad

Para el cálculo de la altura del centro de gravedad se tomará en cuenta los siguientes datos:

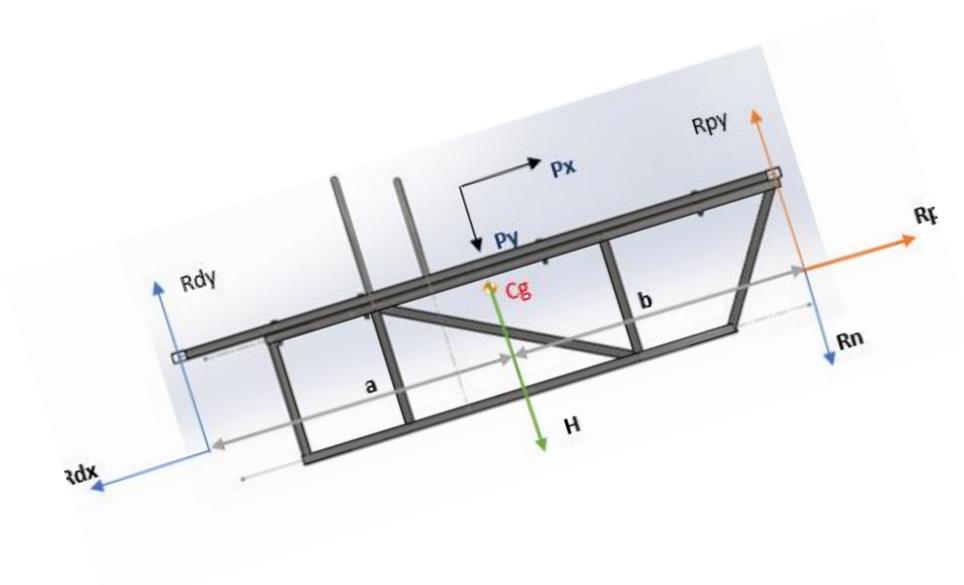


Figura 5-3: Altura del centro de gravedad.

Realizado por: Autores

Donde:

- P = Peso total del vehículo = $400 \text{ kg} = 3924 \text{ N}$.
- P_x = Peso del vehículo en el eje x
- P_y = Peso del vehículo en el eje y
- P_d = Peso en el eje delantero
- P_p = Peso en el eje posterior
- R_{dx} = Reacción del eje delantero en el eje x
- R_{dy} = Reacción del eje delantero en el eje y
- R_{px} = Reacción del eje posterior en el eje x
- R_{py} = Reacción del eje posterior en el eje y
- $\beta = 10^\circ$

Con los datos anteriores procedemos a realizar los cálculos y obtener el P_x y P_y .

$$P_x = P \times \sin(10^\circ)$$

$$P_y = P \times \cos(10^\circ)$$

$$P_x = 681.4 \text{ N}$$

$$P_y = 3864.38 \text{ N}$$

Las reacciones tanto del eje delantero como las del posterior son iguales a las componentes del peso en el eje delantero y posterior respectivamente, es decir:

$$P_{dx} = P_x \times 40\% = 272.55 \text{ N}$$

$$P_{dy} = P_y \times 40\% = 1545.75 \text{ N}$$

$$P_{dx} = R_{dx}$$

$$P_{dy} = R_{dy}$$

$$P_{px} = P_x \times 60\% = 408.83 \text{ N}$$

$$P_{py} = P_y \times 60\% = 2318.63 \text{ N}$$

$$P_{px} = R_{px}$$

$$P_{py} = R_{py}$$

Una vez determinadas las componentes de las fuerzas en el eje de coordenadas para el chasis se tiene:

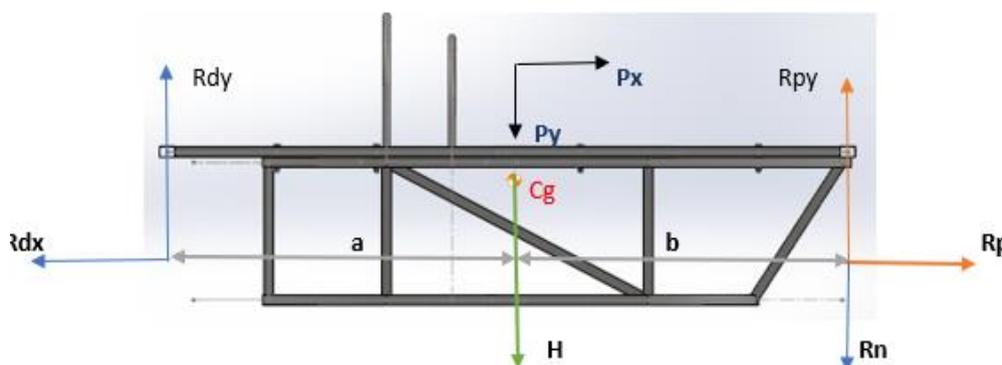


Figura 6-3: Ubicación de la altura del centro de gravedad.

Realizado por: Autores

Los resultados obtenidos con respecto a los cálculos de la altura del centro de gravedad y el peso de distribución en el prototipo son muy buenos según lo que se establece en las normativas del reglamento de la competición.

Con los resultados anteriores se verificará lo que es la altura del centro de gravedad con respecto al piso y las reacciones en los ejes x,y.

Donde:

- H= altura del piso del centro de gravedad
- Rn= radio del neumático= 0.3429m
- Px=peso en el eje x Py=peso en el eje y
- Rdy, Rdx=Reacciones en el eje delantero
- Rpy, Rpx=Reacciones en el eje posterior

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$P_x - R_{dx} - R_{px} = 0$$

$$P_y - R_{dy} - R_{py} = 0$$

$$P_x = R_{dx} + R_{px}$$

$$P_y = R_{dy} + R_{py}$$

$$P_x = 272.55 N + 408.83 N$$

$$P_y = 1545.75 N + 2318.63 N$$

$$P_x = 681.4 N$$

$$P_y = 3864 N$$

$$\sum M_o = 0$$

$$R_{dy} \times (a + b) - R_{dx} \times (R_n) + P_x \times (H) - R_{px} \times (R_n) - P_y \times (b) = 0$$

$$H = \frac{R_n \times (R_{dx} + R_{px}) - R_{dy} \times (L) + P_y \times (b)}{P_x}$$

$$P_x$$

$$H = \frac{0.3429 m \times (681.4 N) - 1545.75 N \times (2.60 m) + 3864.38 N \times (1.04 m)}{681.4 N}$$

$$681.4 N$$

$$H = 0.3117 m$$

Los resultados del cálculo de la altura del centro de gravedad del prototipo son de 0.3117m que ayudara a tener una buena estabilidad del vehículo, así como el cálculo de las reacciones en el eje x,y son excelentes según la normativa del reglamento

3.3.4. Análisis de esfuerzos en los pernos

3.3.4.1. Longitud de la rosca

Para la selección de los pernos de sujeción que ensamblaran el bastidor superior con la jaula que conformaran el chasis desarmable, se tiene por catálogo un, pero SAE 5 que en la industria automotriz es uno de los más utilizados para este tipo de componentes.

La longitud de la rosca de los pernos de serie en milímetros, en donde d es el diámetro nominal y se expresa mediante la ecuación 5.3.

Para la longitud de la rosca se debe tener en cuenta se toma en cuenta la ecuación 5.3:

$$LT = 2d + 0.00635m < 0.048m \quad (5)$$

Este valor es debido a la especificación del perno a ser utilizado en el ensamble.

$$LT = 2(0.0127m) + 0.00635m$$

$$LT = 0.03175m$$

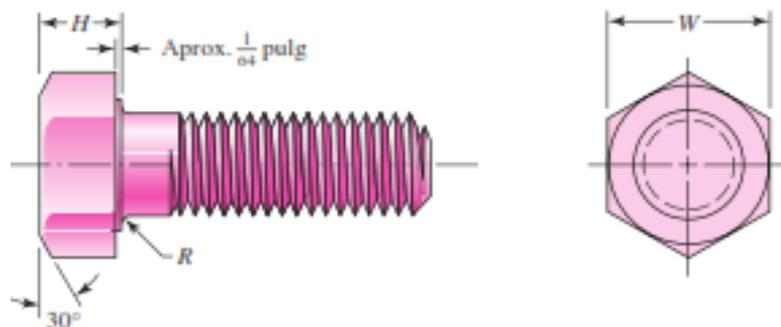


Figura 7-3: Longitud de rosca

Realizado por: Diseño en ingeniería mecánica

3.3.4.2. Longitud del sujetador

La unión del sujetador tiene la función de soportar cargas externas de tensión.

$$L > L + H \quad (6)$$

Longitud de la parte útil sin rosca

$$ld = l - lt \quad (7)$$

Longitud de la parte roscada

$$L_p = l - l_d \quad (8)$$

Teniendo en cuenta las ecuaciones 6.3, 7.3 y 8.3 y los datos según los pernos a utilizar se los reemplaza con los valores para calcular el área de la parte sin rosca:

$$L_d = 0.0508\text{m} - 0.03175\text{m} = 0.019\text{m}$$

$$L_f = 0.0508\text{m} - 0.019\text{m} = 0.03175\text{m}$$

Área de la parte sin rosca

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.027\text{m})^2}{4} = 0.0000126\text{m}^2$$

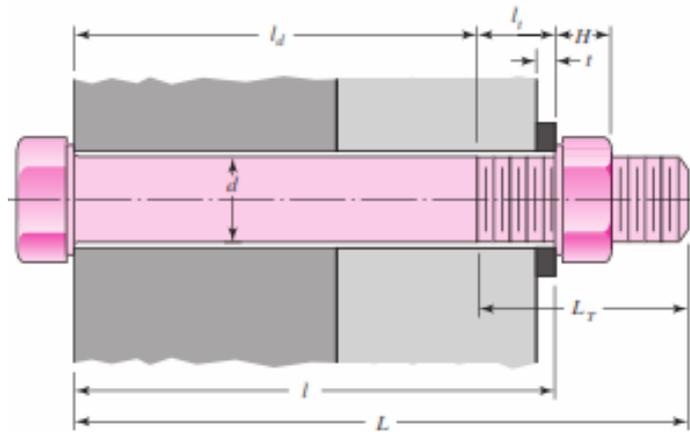


Figura 8-3: Longitud del sujetador.

Realizado por: Diseño en ingeniería mecánica

Para el área de la parte rosca se la ubicará por la tabla del anexo A, del Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.

Área de la parte rosca A_t'

$$A_t' = 0.0000915\text{m}^2$$

3.3.4.3. Rigidez del sujetador

Para la rigidez del sujetador se tiene la ecuación 9.3

$$P = 45\text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 441.45\text{ N}$$

$$K_b = \frac{A_d \times A_t' \times E}{(A \times l_f) + (A_t \times l_d)} \quad (9)$$

La constante de rigidez se expresa la ecuación 10.3

$$k = \frac{k_1 \times k_2}{k_1 + k_2} \quad (10)$$

Constante de la parte roscada ecuación 11.3

$$k_t = \frac{A_t \times E}{l_t} \quad (11)$$

Constante de la parte sin rosca ecuación 12.3

$$k_t = \frac{A_t \times E}{l_d} \quad (12)$$

Rigidez efectiva ecuación 13.3

$$K_b = \frac{A_d \times A_t' \times E}{(A \times l_f) + (A_t \times l_d)} \quad (13)$$

Sustituyendo los valores de la ecuación 3.13 se obtiene el siguiente valor de la rigidez efectiva del perno.

$$K_b = \frac{0.0000126m^2 \times 0.0000915m^2 \times 2.068 \times 10^{11}}{(0.0000126m^2 \times 0.03175m) + (0.0000915m^2 \times 0.01905m)}$$

$$K_b = 11.12 \times 10^7 Pa$$

La sujeción para este chasis es mediante pernos(SAE Grado 5) y con una arandela de presión de 0.0024m de espesor, con estos datos la longitud de agarre será:

$$L = 0.0127m + 0.0127m + 0.0024m = 0.02781m$$

Mediante la ecuación 14.3 :

$$k_m = \frac{\pi \times E \times d \times 0.577}{2 \ln \left(5 \frac{0.577 \times l + 0.5 \times d}{0.577 \times l + 2.5 \times d} \right)} \quad (14)$$

$$k_m = \frac{\pi \times 1.68 \times 10^{11} \times 0.0127m \times 0.577}{2 \ln \left(5 \frac{0.577 \times 0.02781m + 0.5 \times 0.0127m}{0.577 \times 0.02781m + 2.5 \times 0.0127m} \right)}$$

$$k_m = \frac{0.577 \pi \times 27 \times 10^6}{2 \ln \left(\frac{5.0224}{0.0478} \right)}$$

$$k_m = 2.68 \times 10^6 Pa$$

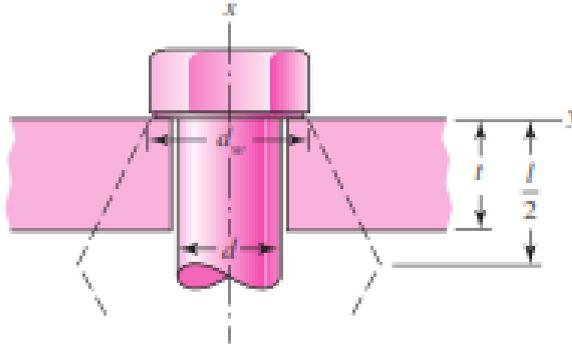


Figura 9-3: Rigidez del sujetador.

Realizado por: Diseño en ingeniería mecánica

3.3.4.4. Esfuerzo de carga

Un perno de 0.0127m SAE de grado 5 Acero de medio carbono tratado térmicamente o ASTM A325 tipo 1 está sometido a una carga $7,59 * 10^8 Pa$

Por lo cual el perno seleccionado tiene las siguientes medidas: 0.0127m * 0.1016m

Los pernos estarán sometidos a una carga de 1962N, esto solo es el peso que tiene el chasis desarmable.

Con los datos anteriores se realiza la precarga se empieza por la ecuación 15.3:

$$\sigma = \frac{P}{At} \quad (15)$$

$$\sigma = \frac{1962N}{0.0002406m^2}$$

$$\sigma = 8.15 \times 10^6 Pa$$

Constante de rigidez ecuación 16.3

$$C = \frac{kb}{Kb + km} \quad (16)$$

$$C = \frac{5.24 \times 10^{10} Pa}{(5.24 \times 10^{10}) Pa \times (2.68 \times 10^{10}) Pa}$$

$$C = 0.66$$

El esfuerzo sobre la carga de servicio viene dado por la ecuación 17.3

$$\sigma_b = \frac{Fb}{At} = \frac{Cp + Fi}{At} = C \frac{P}{At} + \sigma_i \quad (17)$$

Reemplazando los valores de la ecuación se obtiene el valor del esfuerzo sobre la carga que ejerce el perno:

$$\sigma_b = 0,66 \left(\frac{7,59 \cdot 10^8 \text{ Pa}}{0,0002406 \text{ m}^2} \right) + 8,15 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_b = 6,722 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

3.3.4.5. Torque de apriete

El torque de Apriete viene dado por la ecuación 18.3

$$T = k \times F_i \times d \tag{18}$$

$$T = 0,3 \times 3924 \text{ N} \times 0,0127 \text{ m}$$

$$T = 15 \text{ N.m}$$

El resultado obtenido después de la selección del perno a utilizar en el prototipo es para un ajuste de 15 N.m, esto ayudara a que el ajuste al momento del ensamble se lo realice una manera más segura y con una mayor facilidad.

3.1.1.1. Esfuerzo de compresión y tracción

Estos esfuerzos se realizaron con las ecuaciones 1.2 y 2.2

$$\tau = \frac{P}{At}$$

$$\tau = \frac{62784 \text{ N}}{0,00145161 \text{ m}^2}$$

$$\tau = 43,25 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{C}{At}$$

$$\tau = \frac{53955}{0,00145161 \text{ m}^2}$$

$$\tau = 37,16 \text{ Mpa}$$

3.1.1.2. Resumen de esfuerzos del chasis.

Tabla 1-3. Resultados, Esfuerzos

Peso del prototipo vehicular (p)	3924 N
Peso del eje delantero (pd) (40%)	1569.6 N
Peso del eje posterior (pp) (60%)	2354.4 N
Distancia entre pd y p (a)	1.56m.
Distancia entre pp y p (b)	1.04 m.
Batalla (L)	2,60 m.
Altura del centro de gravedad (H)	0,3117 m.
Esfuerzo de pernos	6.722 MPa
Torque de apriete	15 N.m
Esfuerzo de tracción	43,25 Mpa
Esfuerzo de compresión	37.16 Mpa

Realizado por: Autores

3.2. Selección del diseño de construcción del chasis

El diseño del chasis abarca distintas actuaciones que requieren de la realización de la verificación de diversos perfiles que se utilizan al momento de su construcción, una vez construido un chasis casi no se pueden realizar modificaciones en el mismo.

Para la selección del diseño del chasis se deben tomar en cuenta los largueros y travesaños, los cuales mediante las tablas 2.3 y 3.3, serán evaluados para asignar el material con el cual va a ser construido el prototipo, además también se tendrá en cuenta el tipo de perfil con el que será construido el chasis.

Se evaluarán tres tipos de perfiles tanto para lo que serán los largueros como los travesaños para la construcción del chasis.

3.2.1. Selección de tipos de perfiles para largueros.

Para la selección del tipo de perfil de construcción para el chasis, se tomarán los tres tipos de perfil que existen los cuales son:

- Canal C
- Caja Cerrada
- Canal U

Tabla 2-3: Selección chasis Largueros

Tipo Requerimiento	Canal C	Caja Cerrada	Canal U
Recorrido del chasis	6	7	7
Resistencia	7	8	8
Disminución de ruido	7	9	8
Menor espacio y peso	9	9	7
Estética	7	9	8
Puntuación total	36	42	38
Selección	NO	SI	NO

Realizado por: Autores

De acuerdo con los datos de la Tabla 2-3: Selección chasis largueros se puede apreciar que la puntuación más alta y con mejores prestaciones para el diseño y construcción tiene un valor de 42 puntos a lo que se refiere en el tipo caja cerrada, con la cual cumple con la mayoría de los requerimientos para el diseño del chasis a lo que se refiere en los largueros, se lección del tipo de material es el de caja cerrada ya que en la industria automotriz es uno de los más utilizados.

3.3. Selección de tipos de perfiles para travesaños.

Al igual que la selección de construcción de los largueros, se realizará una tabla similar para seleccionar el diseño de los travesaños

Tabla 3-3 selección chasis travesaños

Tipo Requerimiento	Canal C	Caja Cerrada	Canal U
Recorrido del chasis	6	8	7
Resistencia	7	9	8
Disminución de ruido	7	8	8
Menor espacio y peso	8	9	7
Estética	7	9	8
Puntuación total	35	43	38
Selección	NO	SI	NO

Realizado por: Autores

Además de acuerdo con la Tabla 2-3: Selección de chasis travesaños se puede apreciar que la puntuación más alta y con mejores prestaciones para el diseño y construcción tiene un valor de 43 puntos a los que se refiere en el tipo caja cerrada, con la cual cumple con la mayoría de los requerimientos para el diseño del chasis a lo que se refiere en los travesaños, al igual que la selección de travesaños se tiene como mejor resultado el tipo de caja cerrada debido a su mejor modo de trabajo y facilidad para su construcción.

3.4. Selección del material a utilizar para la construcción.

Para la selección del material se verificaron, dos materiales más utilizados en la construcción de este tipo de chasis los cuales son el acero inoxidable (AISI 306) y el aluminio (ASTM A 1200).

Estos dos materiales tienen una excelente resistencia a la corrosión en una amplia variedad de medios corrosivos tanto como lo son los comestibles, tintas, químicos orgánicos y químicos inorgánicos.

El comportamiento de los materiales frente a todos los posibles elementos que se pueden presentar no se los puede analizar en el laboratorio, es por ello que las pruebas mostradas en las gráficas siguientes se las llevaron a cabo en soluciones de ácido puro y sirven como una guía de la corrosión en cada medio.

3.4.1. AISI 306

Es uno de los aceros inoxidables más utilizados, al momento de trabajar en aplicaciones de soldadura es un material que ayuda a excluir la formación de carburos de cromo durante el enfriamiento en la región soldada. Esta aleación es una excelente combinación a lo que se refiere a la corrosión.

Este tipo de acero inoxidable tiene muchas aplicaciones en la industria tales como tuberías, componentes de intercambiadores térmicos, equipos y utensilios de manipulación de lácteos y alimentos, recipientes y componentes criogénicos, aplicaciones arquitectónicas y estructurales expuestas a atmósferas no marinas.

El acero inoxidable AISI 306, proporcionan resistencia a la corrosión en una amplia variedad de condiciones de oxidación y reducción moderadas, agua fresca y aplicaciones no marinas.

3.4.2. ASTM A 1200

DIPAC (2018) hizo una aclaración del aluminio ASTM A1200 con porcentaje mínimo de 99% en pureza, tiene una alta resistencia a la corrosión, es un poco manejable al proceso de soldadura, brinda propiedades al desarrollar tratamientos térmicos.

Este tipo de materias se los puede emplear para lo que se refiere a recubrimientos de paredes, estructuras de furgones para camiones, álabes de turbinas, ductos y líquidos corrosivos.

El Aluminio ASTM A1200 pertenece a la familia de aleaciones de aluminios que no pueden ser tratadas térmicamente, estos aumentan su resistencia mediante trabajo mecánico en frío.

3.5. Componentes para la construcción del chasis.

Los principales componentes que se utilizaran para la construcción del chasis desarmable son:

- Travesaños
- Largueros
- Pernos
- Rodelas de presión
- Tuercas
- Alambre sólido de acero inoxidable MIG ER 308L
- Placas

3.6. Análisis topológico

Para el análisis topológico del chasis desarmable se lo realizó mediante la ayuda del software SolidWorks, además del reglamento basado en la carrera solar de atacama

Se toman en consideración los siguientes puntos:

- Impacto superior: una carga de 4g a la dirección de desplazamiento en un área de menos de 250mm de altura y de menos de 600mm de ancho.
- Impacto lateral: una carga de 4g en el costado del habitáculo, aplicada a un área de menos de 250mmde altura y 600mm de ancho

3.6.1. Análisis de impactos y Optimización topológicos

Tomando en cuenta los puntos anteriores se realizó un análisis estructural de cada sección del chasis para poder observar las deformaciones del mismo y poder optimizar, esas partes mediante el análisis topológico

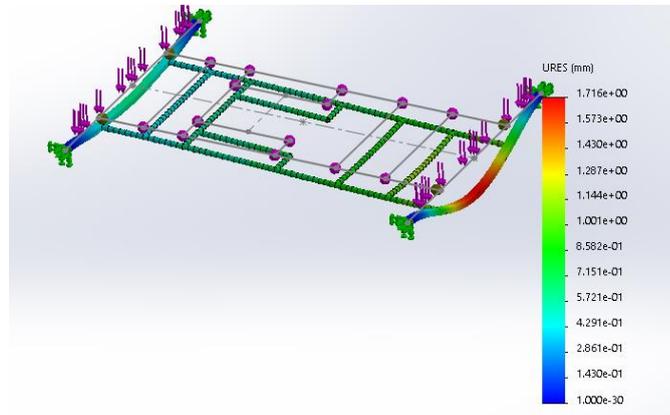


Figura 10-3: Estudio de análisis estático 1

Realizado por: (Autores)

En la figura se puede observar la deformación que va a tener en la parte posterior del chasis, esto se debe en que la parte posterior la distribución del peso esta tiene un 60% del peso total de vehículo.

Con la ayuda de la optimización topológica del software SolidWorks se logrará prevenir y corregir la estructura del chasis.

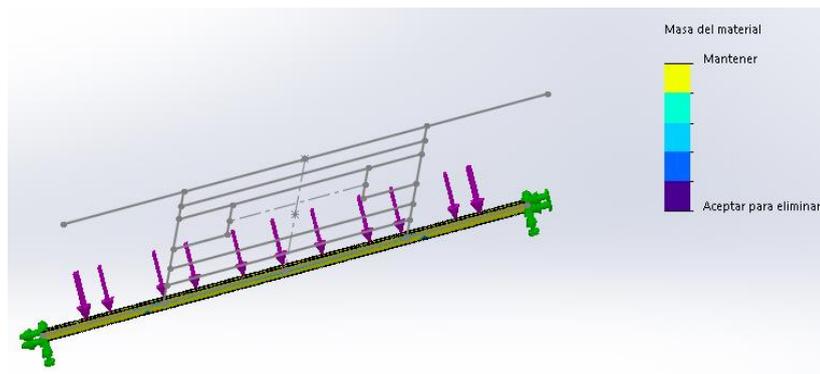


Figura 11-3: Optimización topológica del chasis

Realizado por: (Autores)

En la figura se puede observar que el software realizo las operaciones matemáticas que ayudan alivianar el peso el larguero delantero ya que aquel larguero no está sometido a un esfuerzo tan alto como el larguero posterior.

Se observa que permite reducir el peso desde un 20% hasta un 30%, esto ayudará al momento de realizar las siguientes pruebas los cálculos tengan mayor factor de seguridad y además evitan el peso innecesario de los componentes del chasis.

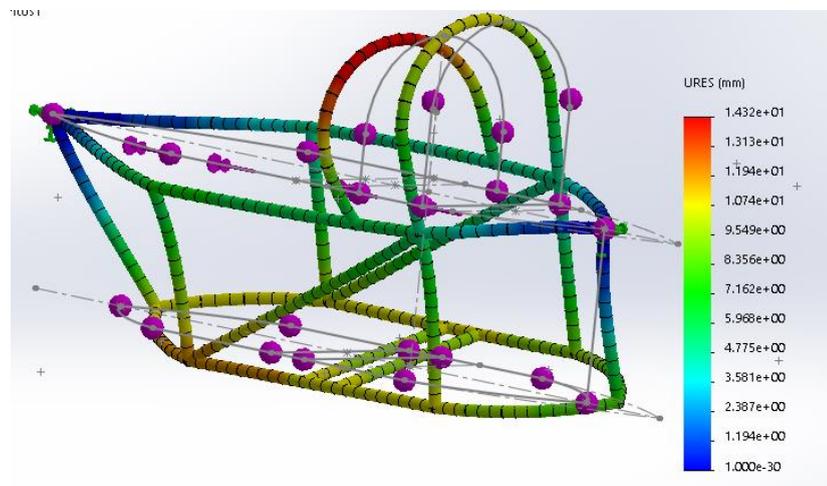


Figura 12-3: Estudio de análisis estático 2

Realizado por: (Autores)

En la figura se puede observar el análisis realizado al impacto lateral del habitáculo como indica el reglamento de la carrera solar de atacama, mediante este análisis estructural podemos observar que el travesaño inclinado no se visualiza una deformación de gran tamaño.

Mediante la optimización topológica se puede colocar un travesaño de menor peso y diámetro para aligerar el peso del chasis, así como costos de material.

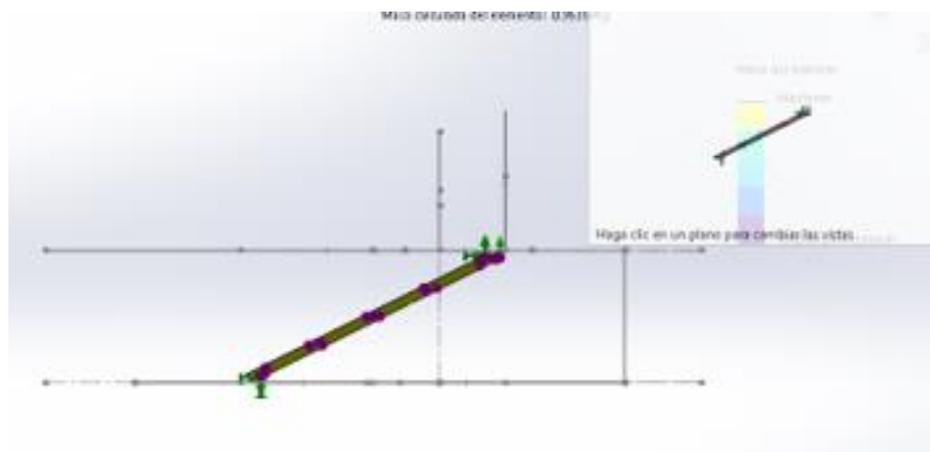


Figura 13-3: Chasis de un vehículo y componentes

Realizado por: Autores

Como se puede observar el análisis topológico es de gran ayuda, ya que nos permite disminuir el peso del material y a su vez ayuda a disminuir costos de material y facilita la construcción de los diferentes componentes.

Con las simulaciones y correctivos de la optimización topológica el peso de este chasis desarmable es de 53 kg con una reducción de 29kg, a lo que se refiere a prototipos anteriores es una disminución de peso considerable para que el vehículo pueda tener un mejor rendimiento en la competencia.

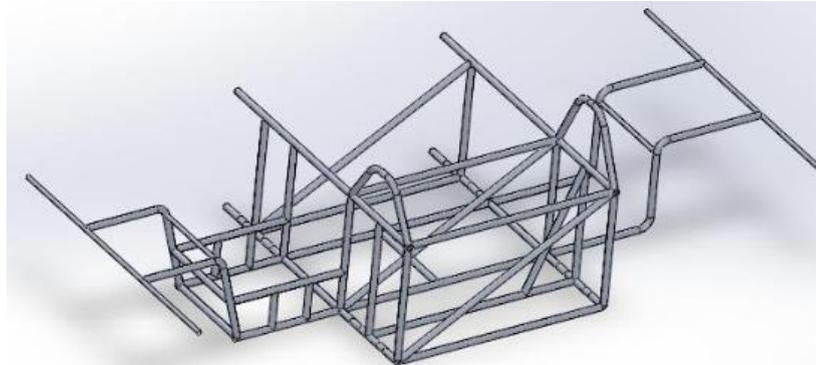


Figura 14-3: Chasis vehículo solar atacama 2018

Realizado por: Ríos Jairo y Rodríguez Yonder

El peso del anterior prototipo fue de 82kg, con el análisis topológico el nuevo prototipo tiene un peso de 53kg, lo cual es muy bueno para el buen desarrollo del vehículo en la competencia, para la fácil movilización del mismo.

Además, que se disminuye los materiales de construcción del mismo, a su vez se reduce el tamaño del prototipo y facilita la colocación de los demás componentes del vehículo.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS DESARMABLE

Una vez finalizado con el diseño de cada una de los elementos que van a conformar el chasis desarmable para el prototipo solar por medio del software CAD (SolidWorks), se realizará el análisis respectivo de cada componente para validar su correcto diseño y desempeño, se utilizará el software WORKBENCH con el método de elementos finitos, para obtener los respectivos análisis tales como deformaciones, esfuerzos máximos, esfuerzos mínimos y factor de seguridad que están establecidos en la carrera solar de atacama.

4.1. Análisis estructural de los componentes del chasis

Para el análisis estructural del chasis se realizó simulaciones que rigen en el reglamento mediante el software workbench una vez culminado la optimización topológica, y con el exceso de material reducido.

4.1.1. Análisis de la parte frontal

La primera simulación a resolver es en la parte frontal del componente, con una fuerza 4g.

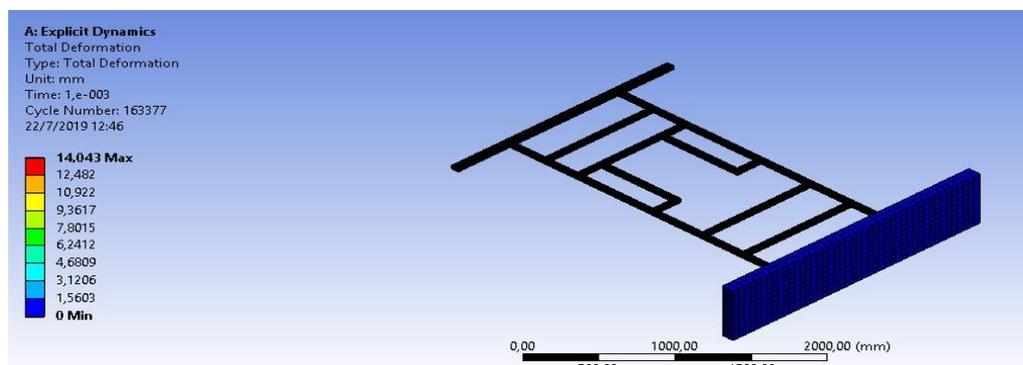


Figura 1-4: Análisis Frontal .

Realizado por: Autores

En esta simulación se puede observar que el componente en la parte frontal al momento de ser aplicada dicha fuerza que rige en el reglamento tiene una deformidad de 14.64mm.

4.1.2. Análisis de la parte lateral

Para este análisis de aplica una fuerza de 4g en la parte frontal.

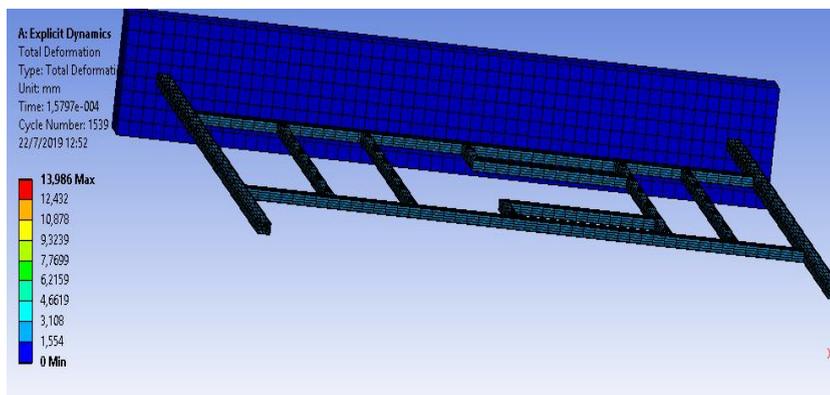


Figura 2-4: Análisis lateral .

Realizado por: Autores

La simulación de la parte frontal muestra una deformación de 13.54mm lo que es aceptado en la normativa del reglamento.

4.1.3. Análisis en la parte superior.

Para la parte superior del chasis conjunto con la jaula se coloca una fuerza de 4g hacia abajo.

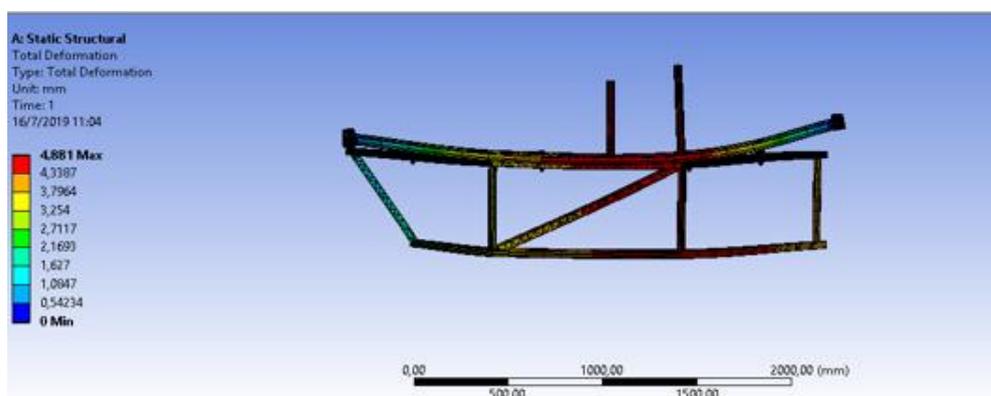


Figura 3-4: Análisis superior .

Realizado por: Autores

La simulación realizada con la carga en la parte superior del chasis muestra una deformación de 4.85mm, tal medida es aceptable para la competición, lo que está dentro de la reglamentación de la competencia es una deformación aceptable.

4.1.4. Factor de seguridad de los pernos

La simulación que se realizó en los pernos con una fuerza de 4g con los que se ensamblara el chasis, con los esfuerzos sometidos dieron un valor de factor de seguridad de 5

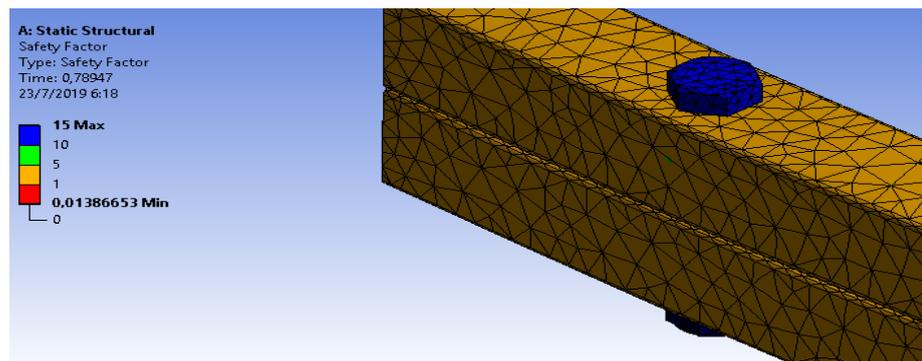


Figura 4-4: Análisis de pernos .

Realizado por: Autores

Este factor de seguridad es excelente para la construcción del chasis, ya que al momento de una colisión del vehículo ayudará a tener una mayor seguridad para el conductor.

4.1.5. Factor de seguridad del componente

En el análisis total del componente se puede observar con un factor de seguridad de 10 por tanto se puede concluir que toda la estructura del chasis es apropiada para la competencia.

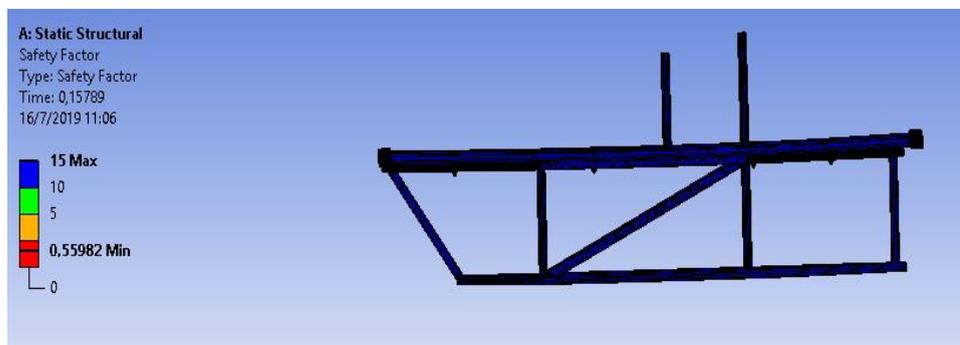


Figura 5-4: Factor de seguridad.

Realizado por: Autores

Tabla 4-4: Comparación de factor de seguridad prototipo 2018 y 2020

Factor de seguridad	2018	2020
Análisis frontal	4	5
Análisis Lateral	3	5
Análisis Pernos	-	5
Análisis total estructural	8	10

Realizado por: Autores

Los resultados que se observan en la tabla 4-4, se puede concluir que los factores de seguridad del prototipo nuevo son mucho mas altos que el anterior, a su vez brindan una mayor seguridad para su construcción.

Tabla 5-4: Comparación de deformación prototipo 2018 y 2020

Deformación	2018	2020
Análisis frontal	18.55mm	14.64mm
Análisis Lateral	16.4mm	13.54mm
Análisis total estructural	8.25mm	4.85mm

Realizado por: Autores

Los valores que se muestran en la tabla 5-4, muestran una deformación menor en el nuevo prototipo con esto se puede concluir que los nuevos materiales a utilizar son mucho mas seguros y a su vez ayudaran a la disminución del peso del mismo además que facilitara que el chasis pueda ser desarmable.

4.2. Proceso de manufactura para la construcción

Para el proceso de manufactura en la construcción del chasis desarmable se empleará operaciones de ensamble como es el proceso de unión permanente y el ensamble mecánico

El proceso de unión permanente se lo realizo mediante soldadura térmica que es la unión de dos elementos por medio de un arco eléctrico.

A su vez también, se realizó otra operación de la manufactura como es el ensamble mecánico, es la unión de elementos por medio de sujetadores roscables

4.3. Construcción del chasis desarmable.

Una vez finalizado los análisis realizados en los diferentes softwares procedemos a realizar la construcción del chasis desarmable.

4.3.1. Diagrama para el proceso de construcción

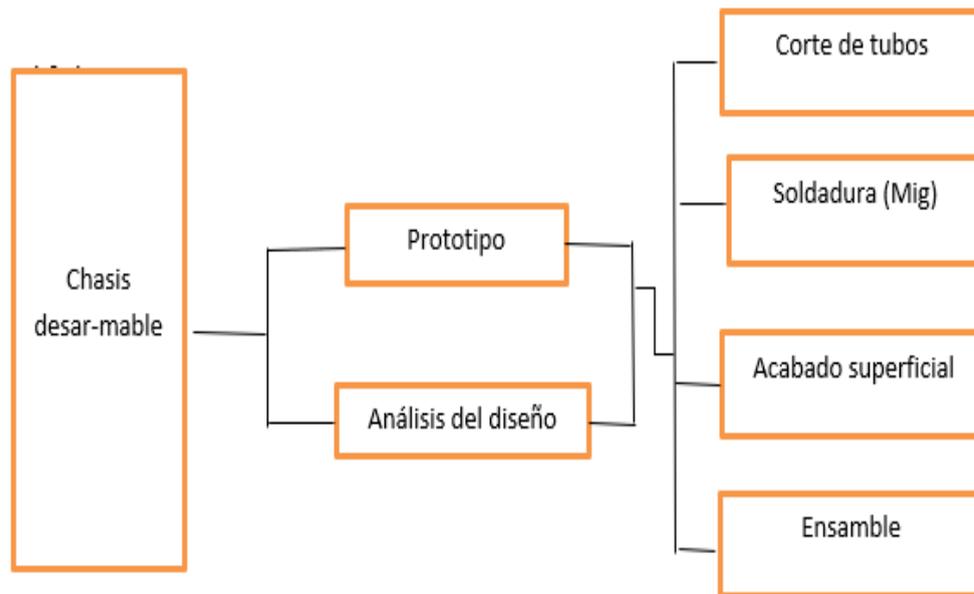


Gráfico 2-4: Diagrama de procesos en la construcción e implementación

Realizado por: Autores

4.3.2. Corte de tubos

Con el prototipo realizado en madera de un $0.0254m^2$ que se realizó para poder verificar donde van estar integrado los demás componentes del vehículo y con los cálculos y análisis realizados en los diferentes software, se procede a realizar la construcción del chasis desarmable.

Para el corte de los tubos se debe tomar en cuenta que estos tubos son de 0.038m de ancho, 0.038m de alto y 0.0015m de espesor se debe tener en cuenta que este chasis será soldado en su totalidad de su jaula o lo que será el bastidor inferior ya con la parte superior del chasis se ensamblará por medio de pernos, rodela y tuercas.

También para el bastidor inferior se utilizará un tubo redondo de 0.038m de diámetro y un espesor de 0.0015m, es será para la barra antivuelco.



Figura 6-4: Corte de tubos

Realizado por: Autores

4.3.3. Dobles de tubos

Se realizaron diez doblados de tubos para el bastidor inferior y habitáculo del conductor, se realizaron 8 dobleces con la finalidad de tener un perfil aerodinámico que ayude al vehículo solar en la competición.

Además, se realizaron dos dobleces con tubo redondo para lo que será la barra antivuelco del vehículo el primero con un ángulo de un radio de 280mm y el segundo con radio de 281.8mm



Figura 7-4: dobles de tubos.

Realizado por: Autores

4.3.4. Corte de platina

Se utilizó la platina para la sujeción de tuercas en la parte interna del tubo para facilitar el ensamble de los largueros y travesaños del chasis así mismo para la sujeción del bastidor inferior con la parte superior del chasis.



Figura 8-4: corte de platinas.

Realizado por: Autores

4.3.5. Acabado superficial de componentes

Para realizar un acabado superficial de las piezas se utilizó un disco abrasivo de pulido y así se eliminó las rebabas del proceso de corte, se procedió a pulir y darle el acabado final tanto a las platinas como de igual manera a los tubos para la parte del bastidor inferior, así como la parte superior del chasis.



Figura 9-4: Acabado superficial.

Realizado por: Autores

4.3.6. Soldadura MIG

Para realizar el proceso de soldadura de las piezas que constituyen la parte del bastidor inferior del chasis se lo realizó por el proceso de soldadura MIG (Metal Inert Gas), este consiste en mantener un arco electrodo consumible de alambre sólido de acero inoxidable MIG ER 308L, con la pieza que se va a soldar. Una gran ventaja que proporciona este tipo de soldadura es que no presenta escorias dando como resultado un buen acabado superficial y una dureza muy eficiente que ayudara a la unión del componente.



Figura 10-4: Unión de componentes mediante soldadura.

Realizado por: Autores

El bastidor inferior será el componente que en su totalidad sea de unión permanente por medio de soldadura en el están integrado los que son los tubos cuadrados y los redondos que conformaran la barra antivuelco.



Figura 11-4: Bastidor inferior

Realizado por: Autores

4.3.7. Unión pernos y platina

Con la ayuda de una platina se pudo juntar la parte de los travesaños y los largueros, así como el bastidor inferior con la parte superior del chasis esto con la finalidad que la jaula en su totalidad pueda ser desmontable para un fácil traslado del mismo.

El bastidor inferior se ensamblará al bastidor inferior por medio de pernos esto facilitará al ensamble del mismo y a su vez ayudará al traslado de los componentes del vehículo.



Figura 12-4: Bastidor Superior

Realizado por: Autores

4.3.8. Ensamble del chasis

Con la unión de las platinas y los pernos se procede a ensamblar el chasis en su totalidad teniendo en cuenta la medida del perno que será de 0.0217m de ancho y 0.1016m de largo a su vez esta estará unida con una rodela de presión y una tuerca que ayude a la sujeción de los componentes del chasis.

La unión del ensamble para el chasis con los cálculos realizados se los realizara con un perno SAE de grado 5, esto brindara una mayor seguridad para los componentes que conforman el chasis.

Y para el apriete de los pernos y tuercas de seguridad con los cálculos realizados anteriormente se lo debe hacer con un torque de 15 N.m.



Figura 13-4: Ensamble del chasis.

Realizado por: Autores

CAPÍTULO V

5. PLAN DE PRUEBAS

Se realizaron pruebas para la verificación del chasis desarmable como:

- PRUEBA 1. Resistencia a la tracción
- PRUEBA 2. Resistencia a la compresión
- PRUEBA 3. Prueba de tintas penetrantes

5.1. PRUEBA 1

Para determinar la resistencia y alargamiento del material, puede ayudar para verificar especificaciones del material y el cálculo de esfuerzos

5.1.1. Procedimiento.

Se procede a medir la probeta que se realizara el ensayo para luego proceder a programar y poner a punto la maquina universal.

5.1.2. Ejecución.

Se realizó pruebas de resistencia de tracción ya que en la mayoría de nuestro chasis este compuesto del material de acero inoxidable de 0.0381m de ancho, 0.0381m de alto y un espesor de 0.0015m

Para esto se debe tener en cuenta:

- Se deben utilizar tapones de acero en los extremos de la probeta los cuales deben estar ceñidos o apretados. Para la realización de los tapones se utilizó acero de transmisión.
- El tamaño de los tapones debe ser el suficiente para permitir que las mordazas de la maquina puedan agarrar las probetas sin que se produzca un aplastamiento. Aparte de la medida de dos veces diámetro interior de la probeta.

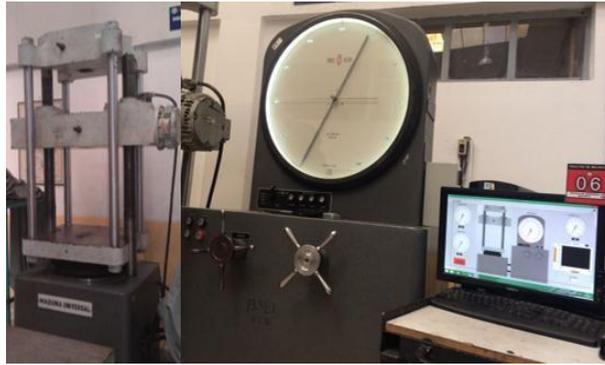


Figura 1-5: Maquina universal.

Realizado por: Autores

5.1.3. Resultados

Los resultados que se obtuvieron en este plan de resultados se los detalla en la siguiente tabla para tracción:

Tabla 1-5. Resultados, ensayos de tracción

Número de Ensayo	Kg
Ensayo 1	5600
Ensayo 2	5500
Ensayo 3	5400
Promedio	5500

Realizado por: Autores

Los resultados de la prueba de tracción del material de construcción del chasis son buenos ya que facilita la construcción del mismo y ayuda a la disminución de peso del mismo.

5.2. PRUEBA 2

Esta prueba ayudo para poder seleccionar el tubo redondo para lo que será la barra antivuelco del vehículo.

5.2.1. Procedimiento.

Se procede a medir la probeta en la cual se realizará la prueba de compresión, se calibra la máquina para aplicar una carga constante. Y ver la deformación de la probeta

5.2.2. Ejecución.

En la máquina universal se realiza tres pruebas, de la sección de tubo circular para posteriormente sacar un promedio de los datos arrojados. Las probetas, se las coloca en la máquina para realizar el ensayo de resistencia a compresión



Figura 2-5: Probeta sometida a compresión.

Realizado por: Autores

5.2.3. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en este plan de resultados se los detalla en la siguiente tabla para compresión:

Tabla 2-5. Resultados, ensayos de tracción

Número de	Kg
Ensayo 1	6400
Ensayo 2	6500
Ensayo 3	6300
Promedio	6400

Realizado por: Autores

Los resultados del ensayo de tracción del material son muy buenos que ayudará al momento de una colisión del vehículo y ayudará a la seguridad del vehículo al momento de la competencia.

5.3. Prueba de tintas penetrantes

Para la comprobación de la soldadura en los componentes previamente construidos se realiza un procedimiento no destructivo en la soldadura, donde se aplica técnica por líquidos penetrantes, mediante la normativa de API 650 de su apartado 6.4.4. la cual sirve para examinar si existen o no discontinuidades en la soldadura como poros o fisuras que pueden llegar a presentarse en los componentes que se encuentran unidos mediante el cordón de soldadura ya que se necesita un gran dureza y firmeza de estos componentes.

5.3.1. Materiales

- Líquido de tintas
- Cepillo
- Pañuelos de microfibra
- Diluyente

5.3.1.1. Limpieza de los componentes

Se debe realizar una limpieza de las piezas y componentes que fueron soldadas, usando líquidos de limpieza o agentes disolventes de pintura, como lo es un antioxidante además se puede utilizar un cepillo metálico para limpiar o eliminar las escorias que se producen como resultado de la soldadura.

Después de limpiar en su totalidad cada uno de los elementos que fueron soldados retirando todos los residuos que impidan el ingreso al aplicar líquido penetrante en las partes donde existen las discontinuidades de la soldadura y que ayuden a la unión uniforme de los componentes



Figura 3-5: Limpieza de componentes soldados.

Realizado por: Autores

5.3.1.2. Líquido de limpieza

Se debe realizar el lavado y secado de las zonas en las cuales se aplicará la tinta penetrante, se procede a utilizar un líquido limpiador el cual viene incluido en el kit de tintas penetrantes, que nos permite hacer una limpieza completa, para el secado de los componentes, con un paño libre de pelusas y dejar sacar completamente.



Figura 4-5: Limpieza de componentes.

Realizado por: Autores

5.3.1.3. Aplicación de tintas penetrantes

Después de inspeccionar que los componentes se encuentren completamente secos se procede a aplicar el líquido penetrante de manera uniforme sobre el cordón de soldadura y alrededores, se debe tener presente que hay que evitar la acumulación de líquido penetrante en zonas en las cuales se va a realizar dicho análisis.



Figura 5-5: Aplicación de tintas penetrantes.

Realizado por: Autores

5.3.1.4. Diluyente de tinta

Previamente al aplicar el líquido revelador tenemos que agitar el recipiente para una mejor pulverización del líquido sobre el área de inspección del componente, eso se suma importancia emplear una cantidad adecuada de líquido revelador que cubra de manera uniforme la zona donde se va a realizar la inspección y se puedan observar mejor la superficie e la soldadura.



Figura 6-5: Aplicación de diluyente.

Realizado por: Autores

5.3.1.5. Resultados de tintas penetrantes

Para evaluar los resultados obtenidos con las tintas penetrantes en los componentes soldados se debe realizar con luz natural para llegar a tener una mejor percepción e inspección de los resultados.

Para esto nos ayudamos con la Normativa de API 650 que en su apartado 6.4.4. afirma lo siguiente:

- En las zonas del componente que se está inspeccionando no se presentan indicaciones redondeadas relevantes mayores a (0.005m) en el cordón de soldadura.
- No se presentan indicaciones redondeadas alineadas separadas (0.0015m) o menor.
- Se puede concluir que los componentes en los cuales se realizó todo el proceso de tintas penetrantes previamente detallados tienen un cordón de soldadura libre de defectos.



Figura 7-5: Resultado del proceso de soldadura.

Realizado por: Autores

CONCLUSIONES

- Se analizó el reglamento de la carrera solar de Atacama así, como sus medidas, peso y formas, así como los cálculos y análisis que el reglamento tiene como requerimiento para ser evaluados al momento de la competencia, con la verificación del reglamento quedó claro cómo se iba a proceder al diseño y construcción del chasis.
- Se realizó el diseño del prototipo en SolidWorks y mediante Workbench se realizó estudios de análisis estáticos con la finalidad de observar el comportamiento del chasis a los diferentes esfuerzos que plantea el reglamento se obtuvo una altura del centro de gravedad de 0.031m.
- Se efectuó un análisis topológico del diseño realizado en SolidWorks para reducir el peso del chasis, a su vez reducir la cantidad de material y disminuir los costos en la construcción, con la optimización topológica se realizaron los cálculos que rige en el reglamento, permitió verificar dos componentes con un excesivo peso estos fueron un larguero de la parte superior y dos travesaños en la parte del habitáculo del conductor, se pudo observar una deformación de 14,64mm en la parte superior, una deformación de 13,54mm en la parte frontal y un factor de seguridad 10 en toda su estructura, facilitó la construcción.
- Se seleccionó el acero inoxidable AISI 306, para la construcción del prototipo por su facilidad de unión mediante soldadura y costos de manufactura menores con respecto al aluminio ASTM A 1200
- Para proceso de soldadura se optó por la suelda tipo MIG con aditamento de alambre solido de acero inoxidable MIG ER 308L y armar el chasis en su totalidad y a su vez se realizó un plan de resultados de tintas penetrantes que ayudaron a la verificación de la soldadura.
- Se logró construir un chasis desarmable con una reducción del 44% del peso con respecto a prototipos anteriores, el nuevo prototipo tiene un peso de 53kg, con lo cual ayudará a un mejor rendimiento y seguridad del vehículo.

RECOMENDACIONES.

- Tener en cuenta el análisis del reglamento para realizar el diseño y la construcción del chasis ya que en dicho reglamento existe límite en lo que se refiere la longitud, ancho, altura y sobre todo el peso total del vehículo que no debe ser superior a los 400kg con todos sus componentes.
- Para realizar el diseño y análisis, se recomienda estudiar los materiales a ser utilizados ya que el trayecto de la competencia es de 2500km en todo su trayecto, se debe proveer materiales resistentes y sobre todo que sean libres de corrosión.
- Se debe tener en cuenta que, una vez terminado el diseño del chasis para realizar la optimización topológica, se deben primero realizar los cálculos de esfuerzos estáticos, así se evitaban problemas de lo es el mallado del componente y brinda un mejor análisis topológico.
- Debido a que el material utilizado es acero inoxidable AISI 306 para la unión de este material se debe realizar con una soldadora MIG, ya que existen electrodos para soldadura SMAW, pero no tienen un óptimo rendimiento y aumentan la masa al momento de ser soldado.
- Como este chasis es desarmable se debe tener mucho cuidado con los componentes al momento de desmontar y montar debido a que una mala sujeción de componentes producirá daños muy graves al momento de la competición.

BIBLIOGRAFÍA

PEREZ, Alonso & José Manuel Torres. *Técnica del automóvil / chasis.* Madrid: Lara Carmona, 2010 pp. 15 – 25

CARREÑO AGUILLON, & Otros. Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar, [en línea] (Tesis) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá- Colombia, 2011 pp. 8 [Consulta 2018-04-11]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000200009#fig8.

Mecánica y automoción. *Sistemas de transmisión.* [En línea] 2 de febrero de 2009. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>.

ENERGÍA NUCLEAR. *Energías Renovables.* [En línea] 2017 [Consulta: 18 de marzo de 2017.] Disponible en: https://energia-nuclear.net/energias_renovables.html.

CARPINTERO, José. *Soldadura Básica: Guía Práctica.* 1ra. Ed. Colombia, Ediciones de la U, 2013. Pp 105-107.

CUERPO DE PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. “*Sistemas de Suspensión*”. [en línea], 2012, (España) volumen II (44), pp.5-15. [Consulta: 28 de noviembre del 2018]. 9788466581509. Disponible en: <http://www.oposicion-secundaria.com/temarios/OPMVehiculos.pdf>

CUNALATA, Wilfrido. *Diseño y construcción del bastidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana.* (Tesis).(Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba: Ecuador, 2014. pp. 24-33. [Consulta: 8 de febrero de 2017.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/1234578968567589>

VILLAHERMOSA, Enrique. *Tecnoblogueando Tecnología Industrial*. [En línea] 2013. [Consulta: 20 de abril de 2017.] Disponible en: <http://tecnoblogueando.blogspot.com/2013/04/caja-de-cambios-de-unamotocicleta.html>.

BARBECHO, Benito., & PALACIOS, Guido. *Diseño y construcción de un banco de pruebas para la determinación del centro de gravedad y transferencia de pesos en vehículos livianos*. [en línea] (Trabajo de titulación). [Proyecto técnico] Universidad Técnica Salesiana, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. (Cuenca- Ecuador). 2017. Pp15 –100 [Consulta: 18/07/2018] .Disponible en:<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14267/1/UPS-CT007015.pdf>

PUENTE, Lara. *Tipos de carrocería, componentes principales de las carrocerías autoportantes*. [En línea] 2012. [Consulta: 1 de marzo de 2017.] Disponible en: <http://puentelara.blogspot.com/2012/10/tipos-de-carroceria-componentes.html>.

Badinas, Richard; & Gisbert, Keith. *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. 8va ed. México D.F.-México: McGrawHill, 2008 pp.208-246.

Hibbeler, R. C. *Mecánica de Materiales*. 5ta ed. México, Pearson Educación, 2006

Mirlisenna, G. “Método de Elementos Finitos”. Tecnología de Simulación [en línea], 2016 (Brasil), pp.1-3 [18 de agosto del 2018]. Disponible en: <http://www.esss.co/blog/es/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>

CSA. 2020. Carrera Solar de Atacama.[En línea] 2019.[Consulta: 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.carrerasolar.com/es/2019/01/31/carrera-solar-atacama-2020-lanzamiento-de-bases-y-apertura-de-inscripciones-tempranas/>

ANEXO

