



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CHASIS PARA MOTO ELECTRICA
ECUATORIANA**

Brandon Ronaldo Armas Herrera

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

M. Sc. Diego F. Bustamante V.

31 de Mayo, 2023

Declaración Juramentada

Yo, Brandon Ronaldo Armas Herrera con cédula de identidad 172034451-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que incluyen este documento. A Través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Brandon Ronaldo Armas Herrera

172034451-2

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



M. Sc. Diego Fernando Bustamante Villagómez

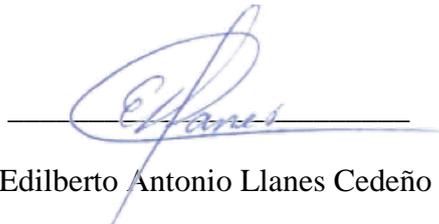
LOS PROFESORES INFORMANTES:

JAIME VINICIO MOLINA OSEJOS

EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos



Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Quito, 31 de Mayo de 2023

Dedicatoria

Estimados lectores,

Me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado durante la realización de esta tesis.

A Dios, por darme salud y vida a lo largo de este tiempo y alcanzar esta que es una de las etapas más importantes de mi vida y obtener este título.

A mis Padres, por ser pilares fundamentales en mi vida que con su ejemplo me han hecho un hombre de bien con respeto, humildad, esfuerzo y lucha contra las adversidades me han hecho llegar a donde estoy.

Brandon Ronaldo Armas Herrera

"Un mecánico debe tener el alma de un artista." - Alexander Solzhenitsyn

Agradecimiento

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor, M. Sc. Diego Bustamante por su paciencia, apoyo y orientación constante en cada etapa del proceso. Sin su ayuda y experiencia, no habría podido completar este proyecto.

También quisiera expresar mi agradecimiento a: Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos e Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, por su contribución en la revisión y discusión constructiva de mi trabajo y a Jonathan Colimba por brindarme un apoyo moral y colaboración durante todo el proceso que pudimos sacar adelante.

Por último, quisiera agradecer a mi familia y sobre todo a mis padres por su apoyo incondicional, amor y paciencia durante este tiempo. Sin su aliento y comprensión, no habría podido alcanzar este logro.

De nuevo, muchas gracias a todos los que han contribuido a este proyecto.

Brandon Ronaldo Armas Herrera

Resumen

La industria automotriz se ha encaminado en ver el futuro y los vehículos eléctricos son la vía para enfrentar las crecientes necesidades de las personas en transporte, sostenibilidad y medio ambiente. En este proyecto se utilizó de referencia la geometría básica de las motocicletas comerciales y la literatura al respecto para desarrollar un chasis para moto eléctrica. Este proyecto usa una metodología de investigación cuantitativa, que se basa en la realización de ensayos o pruebas mediante el uso de softwares de dibujo, diseño y simulación de eventos como lo son Altair Studio y SimSolid y se ejecutó un análisis de las fuerzas que actuarán sobre la estructura y con la selección de los materiales que se pueden encontrar en el mercado nacional actual, se puso en marcha una serie de pruebas que simulan el comportamiento del mismo en diferentes casos de conducción simulando la conducción urbana en Quito.

Terminada la fase de diseño y cálculos, siendo estos satisfactorios con respecto al módulo de seguridad con criterios de análisis de Von Mises y su comprobación en SAP2000, un muy nombrado programa de simulación de esfuerzos, y el análisis de esfuerzos de cada caso, se realizó el ensamblaje del chasis mediante procesos de doblado, corte, desbaste, soldadura y pintura. La creación completa de la moto eléctrica se ha dividido en 4 partes, siendo este proyecto el primero que busca crear un chasis resistente sobre la que se realizarán más investigaciones como la implementación del sistema eléctrico del motor y sus baterías, diseño e implementación de un carenado aerodinámico y la implementación de un arnés de instrumentos para el uso particular de la moto eléctrica para así ensamblar finalmente una moto eléctrica ecuatoriana completa.

Palabras Clave: Ingeniería, Simulación, Diseño.

Abstract

The automotive industry has set out to see the future and electric vehicles are the way to meet the growing needs of people in transportation, sustainability and the environment. In this project, the basic geometry of commercial motorcycles and the literature on the matter were used as a reference to develop a chassis for an electric motorcycle. This project uses a quantitative research methodology, which is based on carrying out tests or tests through the use of drawing, design and event simulation software such as Altair Studio and SimSolid and an analysis of the forces that will act on the structure and with the selection of the materials that can be found in the current national market, a series of tests were launched that simulate the behavior of the same in different driving cases simulating urban driving in Quito. Once the design and calculation phase were completed, these being satisfactory with respect to the security module with Von Mises analysis criteria and its verification in SAP2000, a well-known stress simulation program, and the stress analysis of each case, the analysis of the stresses of each case was carried out. the assembly of the chassis through processes of bending, cutting, grinding, welding and painting. The complete creation of the electric motorcycle has been divided into 4 parts, this project being the first that seeks to create a resistant chassis on which more research will be carried out, such as the implementation of the electrical system of the motor and its batteries, design and implementation of a fairing. aerodynamic and the implementation of an instrument harness for the private use of the electric motorcycle in order to finally assemble a complete Ecuadorian electric motorcycle.

Keywords: Engineering, Simulation, Design.

Índice de Contenido

Declaración Juramentada	2
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	7
Índice de Figuras.....	12
Índice de Tablas	15
Índice de Ecuaciones.....	16
Introducción	17
Problemática.....	17
Preguntas de Investigación.....	18
Objetivo General	19
Objetivos específicos.....	19
Justificación.....	19
Estado del arte.....	21
Ley de Tránsito Vigente.....	22
Diseño CAD	22
Altair Studio	23
Altair Inspire Studio	23
SimSolid	24
Materiales para el Chasis.....	26

Acero	26
Aluminio.....	27
Titanio.....	28
Fibra de Carbono	28
Tipos de Chasis	29
Chasis de Cuna Simple Abierta.....	29
Chasis de Cuna Simple Cerrada	30
Chasis de Doble Cuna.....	30
Chasis Multitubular	31
Chasis de Doble Viga Perimetral.....	32
Chasis Monocasco	32
Geometría Básica de la Moto	34
Centro de Gravedad.....	34
Valores de Avance.....	34
Ángulo de Ataque o Lanzamiento	34
Distancia Entre Ejes.....	35
Recomendación de motocicleta por estatura	35
Motos Deportivas	35
Motos Turismo	36
Motos Custom.....	36
Medidas Antropomórficas Latinoamericanas.....	37

Sistema Eléctrico.....	41
Las Baterías	41
El Controlador	42
Procesos de Construcción.....	42
Soldadura.....	43
Doblado de Tubos.....	45
Metodología	47
Elección de Material	47
Diseño en 3D Primer Modelo.....	50
Análisis de Materiales y Uniones de Chasis Original	51
Análisis de Esfuerzos.....	52
Recreación de Chasis Original	56
Diseño del Nuevo Chasis	62
Análisis de Materiales y Uniones	65
Análisis de Esfuerzos en el Chasis	66
Resultados Preliminares del Chasis Original.....	70
Resultados del Nuevo Chasis	76
Análisis de Resultados	80
Evaluación y consideraciones	81
Análisis de Esfuerzos del Chasis	81
Centro de gravedad.....	88

Construcción del Nuevo Chasis	90
Análisis de precios	95
Conclusiones	97
Recomendaciones	99
Bibliografía	100
Anexos	105

Índice de Figuras

Figura 1 Barra de tareas Altair Studio	23
Figura 2 Análisis de esfuerzos sin mallado de un cigüeñal	25
Figura 3 Primer modelo y chasis original de moto eléctrica	25
Figura 4 Moto eléctrica comercial, concepto para rediseño	26
Figura 5 Chasis de cuna simple abierta	30
Figura 6 Chasis de cuna simple cerrada	30
Figura 7 Chasis de doble cuna	31
Figura 8 Chasis multitubular	32
Figura 9 Chasis de doble viga perimetral	32
Figura 10 Chasis monocasco	33
Figura 11 Geometría general de la moto	34
Figura 12 Moto deportiva: Kawasaki Ninja ZX-4R	36
Figura 13 Moto Turismo: Yamaha Tracer 9 / GT	36
Figura 14 Moto Custom: Harley-Davidson Low Rider S / ST	37
Figura 15 Medidas de referencia de Colombia	38
Figura 16 Medidas Antropométricas de Colombia	38
Figura 17 Estaturas adecuadas para Motos	39

Figura 18 Modelo por estatura	39
Figura 19 Modelo por estatura 2	40
Figura 20 Modelo por estatura 3	40
Figura 21 Modelo por estatura 4	41
Figura 22 Paquete de baterías	42
Figura 23 Controlador del sistema eléctrico	42
Figura 24 Soldadura TIG.....	44
Figura 25 Soldadura por electrodo	44
Figura 26 Soldadura MIG.....	45
Figura 27 Matriz de Selección de Material	48
Figura 28 Medidas características del modelo original	50
Figura 29 Perfil mecánico cuadrado ASTM A36.....	51
Figura 30 Modelado en 3D del chasis original	51
Figura 31 Ventana de selección de material para el chasis original	52
Figura 32 Aplicación de soldadura tipo en los puntos de unión	52
Figura 33 Parámetros iniciales de diseño	53
Figura 34 Vista isométrica de la moto eléctrica.....	53
Figura 35 Peso de la batería en chasis original	54
Figura 36 Peso del conductor y pasajero de chasis original	54
Figura 37 Peso del controlador electrónico de chasis original.....	55
Figura 38 Recreación de Chasis Original.....	56
Figura 39 Aplicación de soldadura tipo "Filete" en los puntos de unión	56
Figura 40 Aplicación de puntos fijos para la simulación de rediseño de chasis original.....	58
Figura 41 Aplicación de fuerzas para el estudio del peso muerto del rediseño del chasis original.....	58
Figura 42 Aplicación de fuerzas para el estudio del peso vivo del rediseño de chasis original	59
Figura 43 Aplicación de fuerzas para el estudio de giro del diseño original	60
Figura 44 Aplicación de fuerzas para el estudio de frenado del diseño original	60
Figura 45 Aplicación de fuerzas para el estudio de aceleración del diseño original	61

Figura 46 Aplicación de fuerzas para el estudio de volcadura del diseño original	62
Figura 47 Medidas características del nuevo diseño	62
Figura 48 Modelado en 3D del nuevo chasis.....	64
Figura 49 Aplicación de placas de soporte.....	65
Figura 50 Aplicación de soldadura tipo “Filete” en los puntos de unión al nuevo chasis	66
Figura 51 Aplicación de fuerzas para el estudio del peso muerto para el nuevo diseño.....	67
Figura 52 Aplicación de fuerzas para el estudio del peso vivo para el nuevo diseño.....	68
Figura 53 Aplicación de fuerzas para el estudio del esfuerzo de giro para el nuevo diseño	68
Figura 54 Aplicación de fuerzas para el estudio del esfuerzo de frenado para el nuevo diseño	69
Figura 55 Aplicación de fuerzas para el estudio de la fuerza de aceleración para el nuevo diseño	69
Figura 56 Aplicación de fuerzas para el estudio de la fuerza de volcadura para el nuevo diseño	70
Figura 57 Tensión de Von Mises en chasis original.....	70
Figura 58 Juntas soldadas sometidas a presión	71
Figura 59 Desplazamiento máximo de chasis original	71
Figura 60 Gráfica de coeficiente de factor de seguridad de chasis original	72
Figura 61 Resultados de análisis de peso muerto del rediseño del chasis original	72
Figura 62 Resultados de análisis de peso vivo del rediseño del chasis original	73
Figura 63 Resultados de análisis de giro del rediseño del chasis original.....	74
Figura 64 Resultados de análisis de frenado del rediseño del chasis original	74
Figura 65 Resultados de análisis de aceleración del rediseño del chasis original.....	75
Figura 66 Resultados de análisis de volcadura del rediseño del chasis original	76
Figura 67 Resultados de análisis de peso muerto del nuevo diseño	77
Figura 68 Resultados de análisis de peso vivo del nuevo diseño	77
Figura 69 Resultados de análisis del esfuerzo de giro del nuevo diseño	78
Figura 70 Resultados de análisis del esfuerzo de frenado del nuevo diseño	79
Figura 71 Resultados de análisis del esfuerzo de aceleración del nuevo diseño.....	79
Figura 72 Resultados de análisis de volcadura del nuevo diseño.....	80
Figura 73 Vista lateral de moto eléctrica ensamblada	80

Figura 74 Placa seleccionada para el estudio.....	81
Figura 75 Resultados Von Mises en SimSolid	82
Figura 76 Diseño de placa y soportes en SAP2000.....	83
Figura 77 Características del tubo de la estructura.....	83
Figura 78 Selección de materiales en SAP2000	83
Figura 79 Creación de perfil de carga viva.....	85
Figura 80 Perfil aplicado a la placa	85
Figura 81 Resultado de tensión de Von Mises en SAP2000	86
Figura 82 Deformación de la placa de estudio.....	88
Figura 83 Análisis del nuevo centro de gravedad	90
Figura 84 Doblado de primeros elementos.....	91
Figura 85 Montaje sobre soporte.....	92
Figura 86 Comprobación de distancias para elementos	92
Figura 87 Ensamblaje de chasis	93
Figura 88 Aplicación de soldadura MIG para ensamblaje	93
Figura 89 Verificación de ensamblaje con los demás elementos	94
Figura 90 Primer montaje total para comprobación con los planos	94
Figura 91 Chasis armado.....	95
Figura 92 Estado original del primer modelo de moto eléctrica	105
Figura 93 Recreación del primer modelo de moto	105
Figura 94 Ensamblaje de cada pieza en el nuevo modelo	106
Figura 95 Ubicación de los elementos en proceso de ensamblaje.....	106
Figura 96 Comprobación de las medidas con respecto al diseño de los elementos por dibujo asistido por computadora.....	106
Figura 97 Cotización de precios para nuevo chasis.....	107

Índice de Tablas

Tabla 1 Características del acero A53 Y A36	48
Tabla 2 Valores estimados del nuevo diseño	66
Tabla 3 Costo de materiales	95
Tabla 4 Costo de herramientas	96

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Criterio de Von Mises	84
Ecuación 2 Factor de Seguridad.....	86
Ecuación 3 Factor de Seguridad en nuevo diseño.....	87
Ecuación 4 Porcentaje de peso en el eje delantero.....	89
Ecuación 5 Porcentaje de peso en el eje trasero.....	89
Ecuación 6 Distancia teórica del centro de gravedad desde el eje delantero.....	90
Ecuación 7 Distancia teórica del centro de gravedad desde el eje trasero.....	90

Introducción

La movilidad sostenible es un tema cada vez más relevante en la actualidad y la transición hacia los vehículos eléctricos se ha convertido en una necesidad global para reducir la huella de carbono. En este contexto, la moto eléctrica se presenta como una alternativa eficiente y económica para la movilidad urbana en el Ecuador formando parte del nuevo paso hacia los vehículos eléctricos.

El diseño automotriz es una aplicación de la ingeniería, derivada del diseño industrial y se encarga del diseño de los vehículos que son usados en todo el mundo. La optimización de la topología es una práctica de ingeniería bien establecida para optimizar el diseño de las piezas y crear estructuras livianas y de bajo costo; que históricamente han sido difíciles o imposibles de realizar (Neches, 2015)

Ecuador ha implementado proyectos de ley que incentivan a los ciudadanos a la adquisición de vehículos eléctricos e híbridos ya que tienen un 0% del Impuesto al Valor Agregado (IVA) (Gomis, 2019), pero los usuarios tienen presente los problemas que se han ido desarrollado a lo largo de los años con estos vehículos: la autonomía, la seguridad y la infraestructura de carga.

El objetivo principal de esta tesis es mejorar la eficiencia, seguridad y comodidad de los usuarios de una moto eléctrica ecuatoriana a través del rediseño y construcción de su chasis. Para lograr esto, se utilizarán técnicas avanzadas de diseño y fabricación. De esta manera, se busca contribuir al desarrollo de la industria de vehículos eléctricos en Ecuador y promover una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Problemática

La industria ecuatoriana no se caracteriza por la creación de diseños de automóviles propios ni de motos en el país ya que los precios no compensarían el transporte de estos vehículos; las motos son empacadas completamente armadas y son llevadas por paquetes de

varias unidades a cualquier parte del mundo directamente desde las casas comerciales, sin temor a daños posteriores ni errores de ensamblaje. El estado ecuatoriano solo obliga a las empresas de manufactura a fabricar un 20% de accesorios para motos tales como basculantes, volantes, parrillas y accesorios extras, bajo la Norma ISO 9001-2008. (ONE, 2018)

La introducción de motos eléctricas al país ha tenido un desarrollo lento, los que circulan en las calles por su accesibilidad económica son pequeños vehículos comparables a Scooters cuyas especificaciones no están contempladas en las leyes de tránsito en la gran mayoría de países, no es obligatorio el uso equipo de seguridad por su clasificación, las prestaciones son bajas y no está planificado su uso fuera del ambiente urbano; esto ha hecho que los usuarios contemplen erróneamente que todas las motos eléctricas presentan el mismo concepto para todos los vehículos dentro de esta categoría. El uso de las motos, dejando a un lado los datos de uso oficial, aproximadamente el 70% se usa únicamente como entretenimiento, 20% se usa como medio de transporte y el 10% aplicado al deporte profesional. (Carburando, 2005)

Actualmente, los chasis disponibles en el mercado no están diseñados específicamente para las motos eléctricas, lo que limita el mercado de estos vehículos por parte de los usuarios que puedan buscar esta alternativa. Por lo tanto, es necesario abordar esta problemática mediante el rediseño y construcción de un chasis adaptado a las necesidades de las motos eléctricas en el Ecuador, lo que permitirá mejorar la calidad de la movilidad urbana y fomentar el uso de vehículos más sostenibles.

Preguntas de Investigación

- ¿Cómo se pueden aprovechar las tecnologías actuales, diseño CAD y el análisis de simulación, para mejorar el proceso de diseño y construcción de estructuras para motos eléctricas ecuatorianas?
- ¿Cuál es el análisis del comportamiento estructural que tiene el chasis diseñado bajo condiciones típicas de conducción de motos?

- ¿Se puede rediseñar una estructura para moto considerando la ausencia de elementos tradicionales como el motor de combustión interna y toda la transmisión para optimizar los espacios e instalar un nuevo sistema de movilidad eléctrica?

Objetivo General

Rediseñar y construir una estructura para moto eléctrica mediante procesos de dibujo asistido por computadora, simulación e implementación para la reconstrucción del vehículo en la Universidad Internacional SEK.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de diseños anteriores mediante softwares de simulación de esfuerzos para observar sus características y comportamiento.
- Diseñar un nuevo chasis eficiente y seguro mediante software y simulación de eventos bajo condiciones específicas y estudio de esfuerzos.
- Construir un chasis funcional a partir del primer diseño mediante procesos de manufactura que servirá de soporte de los elementos de sistema eléctrico de la moto.

Justificación

El análisis mediante el método de elementos finitos es la vía para dar solución a los problemas de diseño caracterizado por el estudio de los modelos matemáticos abstractos (Naula, Albuja, Carrillo, & Izurieta, 2016). Estos programas y diseños usan modelos matemáticos que parten de los modelos físicos que cumplen criterios establecidos para los fenómenos físicos como: temperatura, velocidad, tensión, fuerza, presión, etc. Todo para que mediante el uso de softwares exista una comprensión y predicción de las situaciones que suceden en el estudio de los diseños y fenómenos físicos.

El diseño de los elementos mecánicos es importante en el desarrollo tecnológico de la empresa automotriz, por lo cual, se necesita incorporar estos procesos, sistemas de ingeniería

y manufactura CAD, CAM y CAE para cumplir con la demanda de los usuarios. (Morales, 2014)

En lo que se refiere al alcance de este trabajo se lo ha denominado de tipo experimental ya que estudia el problema de manera controlada para una obtención de resultados y su análisis posterior (Bernal, 2016). En su primera etapa se realiza un estudio de un primer prototipo de chasis, generado por (Segovia, 2021) perteneciente a la Universidad Internacional SEK y ubicada en los laboratorios de mecánica de la Facultad de Ingeniería para determinar su estado actual mediante los procesos de estudio a la cual se referirá a lo largo del proyecto como Chasis Original.

Con el fin de poder ensamblar completamente una moto eléctrica, este objetivo se dividió en 4 partes que contemplan: rediseño y creación de chasis, diseño y creación de autopartes o carenado, implementación de sistema de baterías y diseño e implementación de un arnés eléctrico para la moto; siendo este proyecto la primera parte en ser ejecutada y sobre las que se basarán las demás investigaciones.

Por la premura del proyecto, se consideró cuidadosamente las restricciones de tiempo, recursos económicos y tecnológicos y objetivos del mismo. Dado el alcance y la complejidad de la tarea se tomó la decisión de desarrollar un solo diseño, al que se le podría hacer modificaciones necesarias para poder cumplir con los objetivos, con esto, se pudo optimizar los recursos computacionales y económicos para el diseño final.

Con base a lo expuesto anteriormente el presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar y crear un chasis eficiente, mediante el uso de softwares de diseño y procesos de manufactura para una moto eléctrica ecuatoriana.

Estado del arte

Las motos presentan muchos antecedentes de diseño, destacando su estructura relativamente simple, la gran mayoría de motos comparte los mismos principios estructurales y de diseño, los vistosos y aerodinámicos carenados y distintas disposiciones ergonómicas al momento de conducirlos, llaman la atención de los usuarios.

Japón, Estados Unidos, Europa y China son los mayores productores de motos en el mundo, para satisfacer las urgentes necesidades de la población de poder adquirir uno de estos vehículos, siempre abarcando todas las clases económicas, poniendo a la disposición del público vehículos muy económicos, hasta motos que pueden igualar el precio de automóviles de alta gama.

El modelado de motos está directamente inspirado en las bicicletas del año 1867, fue Sylvester Howard, un estadounidense que integró un motor a vapor con 2 pistones de 162 CC a su bicicleta, en Springfield en plena guerra civil estadounidense; y que hizo funcionar su invento en una época donde los motores a vapor tenían un uso casi plenamente militar e industrial, siendo una verdadera sensación e inspiración para muchos futuros ingenieros, lamentablemente falleció conduciendo su invención a 64 km/h intentado romper su propio récord de velocidad. (Cusquisiban, 2019)

En el diseño automotriz, los modelos matemáticos desarrollados por computadora han logrado grandes avances para el estudio de todos los sistemas del vehículo, dando forma y dimensión a todos los subsistemas mecánicos que pueden ser evaluados mediante la simulación y el modelado matemático como, por ejemplo: el sistema de suspensión, vibraciones del vehículo, balances, sistemas de presión de combustible y predicción de fallas (Rivera, L, Aguilar, & Tandazo, 2017)

Creadas las partes en un software CAD, se realiza un estudio sobre los materiales más comunes que se usan al crear motos y sus estructuras; el chasis tiene antecedentes que logran un parentesco entre los vehículos de su tipo.

Ley de Tránsito Vigente

La ley de tránsito vigente establece que cada Gobierno Autónomo Descentralizado de su respectiva provincia estudiará y dispondrán reformas o leyes según consideren necesario. Actualmente ya se ha establecido una reforma en la provincia de Pichincha y Guayas en la que se contemplan las siguientes especificaciones mínimas necesarias para que una moto eléctrica esté dentro de los lineamientos de la vialidad nacional; para que esté contemplada una moto eléctrica debe ser comercial, fabricada en serie, debe alcanzar los 50 km/h, debe soportar al menos 80 kg y tener un motor de 1000 watts de potencia o superior. Si una moto eléctrica no cumpliera las especificaciones mínimas será contemplada como un vehículo de micro movilidad y como tal no tendrá restricciones con su uso. (Titular Derivado, 2021)

Diseño CAD

Se denomina diseño CAD al formato que tienen los archivos generados por programas de dibujo asistido por computadora, se pueden almacenar y crear en diseños 2D donde se denominan planos o dibujos y los diseños en 3D se denominan modelos, pero la aplicación de los programas de simulación y su análisis topológicos se aplica a diferentes tipos de piezas mecánicas, se ha utilizado en el área aeroespacial, automotriz y obras de infraestructura. (Silvestre & Robles, 2017)

La ausencia de un motor de combustión hace que tenga un espacio dentro del chasis que podrá ser utilizado para un nuevo habitáculo de baterías que abastecerán de energía al motor eléctrico ubicado en la rueda trasera.

Previo a realizar un primer modelado, hay un chasis original con el que el proyecto fue iniciado y que este ya tiene parámetros que deben considerarse, como la posición del eje de la dirección y el eje del basculante

Para diseñar un primer prototipo se debe crear un boceto del chasis en 2D mediante comando de creación de líneas y curvas hasta obtener un primer plano con datos del chasis original y sea concordante con las distancias entre elementos

Hay variedad de softwares para poder realizar un plano para los proyectos de esta naturaleza, el más común es el uso de AutoCAD por ser el más comercial y popular en varias áreas de distintas ingenierías como en el diseño y arquitectura, aun así, en este proyecto se usará el programa Altair Studio.

Altair Studio

Es un programa que requiere el uso de una licencia, otorgada por la Universidad Internacional SEK, que tiene funciones y una interfaz muy intuitiva, se presenta como una opción llamativa para diseñadores expertos y novatos. Se destaca por su optimización de puntos y creación de planos, hasta la exploración de estilos con modelado paramétrico poligonal con una física basada en la Thea Render, un modelo de renderización muy moderno que está siendo mayormente utilizado en modos fotorrealistas.

Figura 1

Barra de tareas Altair Studio



Altair Inspire Studio

El software Inspire Studio, desarrollado por Altair Studio, sirve para modelar piezas y modelos de ingeniería y arquitectura y se usa para construir, extruir, modelar y crear elementos simples y complejos.

Luego de realizarse un boceto, se crea un nuevo modelo en 3D donde se aplican comandos y técnicas de modelado para obtener un modelo con la apariencia deseada y que sea concordante con el resto de piezas, tomando en cuenta tanto como los diámetros de los elementos y distancias entre ellas.

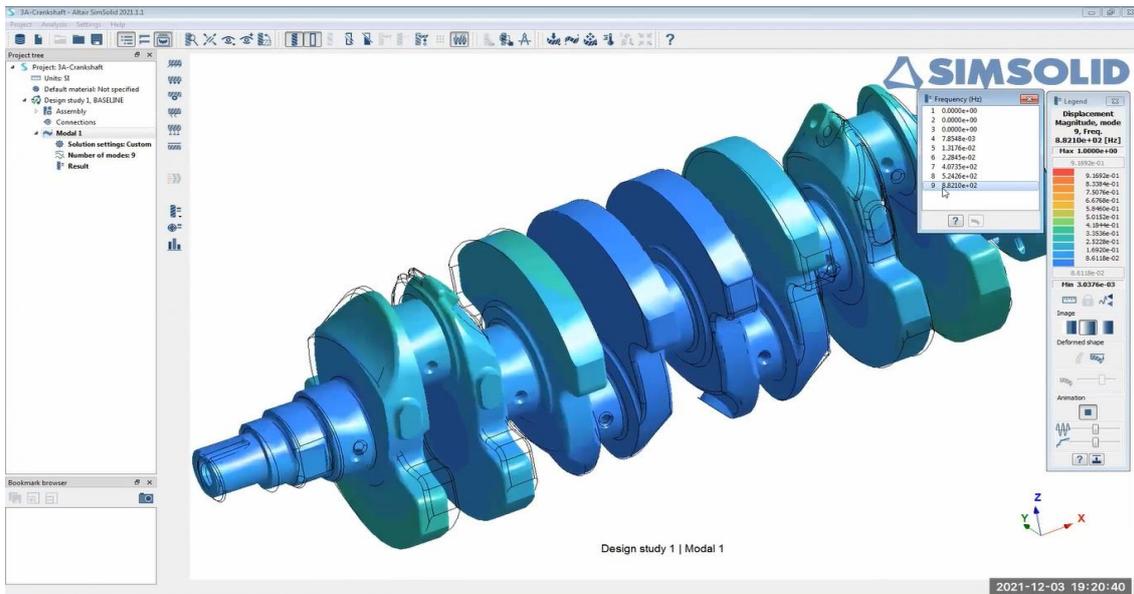
SimSolid

SimSolid es un software desarrollado por Altair, es una interfaz gráfica de usuario que facilita la manipulación de objetos en un plano tridimensional y aplicación de materiales, incluye herramientas de medición y análisis para evaluar las propiedades geométricas y físicas de los modelos.

Una de las características más destacables del software de diseño SimSolid es su capacidad de poder generar una simulación de esfuerzos sin necesidad de la creación de un mallado previo de los elementos, este método se denomina Análisis de Elementos Finitos (FEM) Acelerado, que se basa en la geometría original del diseño en lugar de la malla de elementos y logra un análisis de los elementos más eficiente, incluso de otros softwares de uso comercial como puede ser Inventor o SolidWorks, ahorrando tiempo y recursos a fin de evitar la intervención del diseñador en cada parte de la malla lo que puede generar diferentes resultados de esfuerzo de una misma pieza entre diferentes programas e incluso, entre diferentes diseñadores.

Figura 2

Análisis de esfuerzos sin mallado de un cigüeñal



Obtenida y optimizada la pieza a realizar, comienza el estudio del comportamiento del chasis, si los resultados obtenidos de esta parte del estudio generan problemas como deformaciones, la detección de puntos débiles o puntos críticos de esfuerzo debe ser modificado y solucionado hasta alcanzar un diseño seguro para su conductor y los elementos.

Figura 3

Primer modelo y chasis original de moto eléctrica



Figura 4

Moto eléctrica comercial, concepto para rediseño



Materiales para el Chasis

Las motos con el paso del tiempo cambiaron la forma en la que se crean, sobre todo para mejorar su chasis tanto como en seguridad como en su peso. Las propiedades mecánicas de un material son las que se encuentran relacionadas cuando el elemento se somete a esfuerzo, además de la importancia de la utilización de materiales compuestos (Airoldi, Bertoli, Lanzi, Sirna, & Sala, 2012).

Acero

El acero como material es el más utilizado por su alta resistencia, es una aleación formada por hierro y carbono donde este último ocupa entre un 0.03% y el 2% del porcentaje de peso, aunque pudieran tener otros elementos en su composición estos tienden a estar en un porcentaje mínimo si se refiere al acero común, mientras que si contiene un gran porcentaje de otros elementos puede tener características únicas.

El acero es de los metales más distribuidos en todo el mundo por su versatilidad y cómo pueden partir del hierro para tener características que los hacen especialmente aptos para ciertos trabajos tales como:

Aceros Inoxidables. Tiene entre un 10% a 10.5% de Cromo, lo que le confiere la capacidad de repeler el oxígeno ya que, al contacto con el mismo, genera una capa de Oxido de Cromo (CrO) lo que le da una resistencia a la oxidación

Acero al Silicio. Llamado también Acero Magnético, puede contener aproximadamente 3.1% de silicio en su composición lo que logra que tenga propiedades magnéticas únicas como bajas pérdidas en el núcleo y una alta permeabilidad magnética, es muy usado en la producción de generadores.

Acero Estructural. Es un acero que puede tener una gran mezcla de materiales como silicio, manganeso, fósforo y azufre, lo que aporta propiedades que son muy solicitadas en el ámbito de la construcción, sobre todo.

Aluminio

Este material es el más usado para hacer estructuras por ser muy ligero en comparación a otros metales y por sus características como una buena conductividad eléctrica y un bajo punto de fusión, lo que lo vuelve un material predilecto para la construcción de elementos automotrices y de aviación.

La densidad del aluminio es de sus características más importantes, puede pesar hasta una tercera parte de los materiales más comunes al construir como lo es el acero y el cobre, es un material dúctil y muy maleable lo que lo hace idóneo para la fundición y otros procesos de manufactura. (Correa, 2007)

La desventaja del aluminio es que necesita una gran cantidad de energía para obtenerlo, aunque es contrarrestado con su coste de reciclado, además, a menos que el material sea fundido mediante un molde, su proceso de soldadura solo puede ser mediante la soldadura TIG, que en grandes procesos de manufactura es mucho más costoso y toma más tiempo que trabajar con acero.

Al principio era un metal que era usado en prototipos y estructuras de competición lo que hacía que pocos eran los elementos que eran hechos con este material, con la introducción de nuevas tecnologías para obtener aluminio y sus procesos de fabricación, se han ido añadiendo a más elementos y vehículos de uso diario. Aunque se puede soldar el aluminio con el acero, para construir chasis de espina central o cuna simple, monocascos y chasis de doble cuna. (Foale, 2002)

Titanio

Este material es altamente solicitado por su característica dureza y resistencia contra la corrosión y desgaste, su estructura molecular hexagonal hace que tenga unas propiedades excelentes de manera natural, es muy ligero y tiene un enorme potencial de manufactura, se pueden conseguir unas aleaciones únicas con propiedades mecánicas y elásticas no obtenibles de otra manera.

Los primeros modelos de chasis creados a mediados de los años 60 tuvieron el inconveniente que sufrían demasiada flexión en las competencias de motocross ya que el Titanio tiene un Módulo de Young que es la mitad del acero, lo cual hizo que sea prohibido su uso en el ámbito automotriz durante muchos años. (Gallego, 2017)

Su nueva introducción en la industria automotriz es relativamente reciente ya que este material predominaba en la aeronáutica y las nuevas tecnologías han logrado hacer más y mejores aleaciones que están siendo investigadas exhaustivamente por los mejores ingenieros en el campo para su aplicación.

Fibra de Carbono

La fibra de carbono es un material hecho con plástico reforzado, suele ser resina epoxi o también como vinilo o poliéster con pequeñas fibras de carbono o grafito, es un elemento muy cotizado en la industria automotriz ya que es muy ligero y resistente, aunque su

elevadísimo precio de producción es un importante factor para que pocas sean las marcas que usan este preciado material para la construcción de sus vehículos y elementos.

El motivo de su elevado precio es por su largo y complicado proceso de fabricación ya que es desarrollado en una atmósfera de hidrógeno que puede extenderse hasta durante meses y una temperatura constante de más de 1500°C y estas condiciones pueden aumentar dependiendo de las características solicitadas del producto final. (Verma, 2018)

Era de uso exclusivo de la industria aeronáutica y aeroespacial por destacar en su alta resistencia mecánica y un excelente módulo de elasticidad, así también como ser un aislante térmico muy destacable resistiendo gracias a su matriz termoestable, puede sufrir cambios drásticos de temperatura sin sufrir deformaciones.

Tipos de Chasis

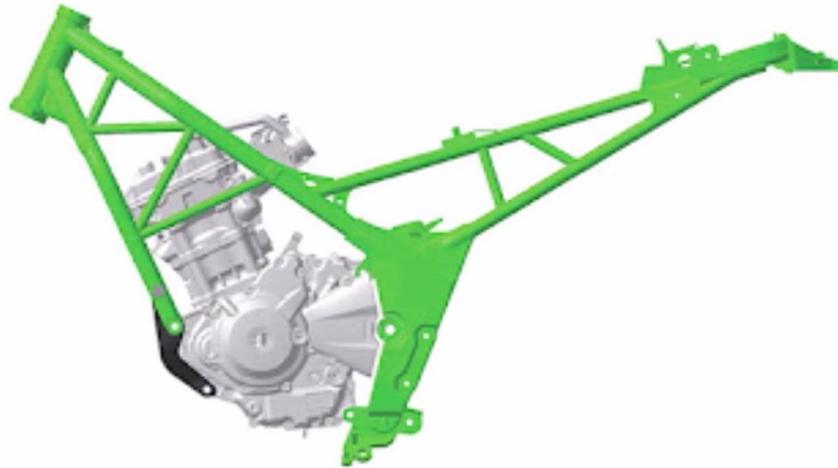
El chasis de cualquier vehículo es la parte más importante del mismo, pues sobre él descansan todas las piezas y soportes, debe ser sólido y resistente. La clasificación de estos se basa en función de la forma de unión del eje de dirección así también como el eje del basculante resultando en los siguientes tipos:

Chasis de Cuna Simple Abierta

Este chasis toma forma en un único plano vertical, con perfiles que parten desde el soporte del eje de dirección hasta el soporte del basculante, obteniendo su nombre por su parentesco con una cuna. El chasis está compuesto por tubos huecos y macizos soldados y el motor suele ir dentro del mismo, pero en este caso se interrumpe la parte inferior del chasis para dar lugar al motor de combustión, que formará parte del chasis siendo ahora un elemento estructural resistente.

Figura 5

Chasis de cuna simple abierta (Escamilla, 2016)



Chasis de Cuna Simple Cerrada

Es directamente una variante del chasis de cuna simple abierta, esta no se ve interrumpida en ningún momento por el motor, siendo continua desde el eje de dirección hasta el soporte de basculante, fue de los primeros diseños usados en masa, pero actualmente ya se encuentra en desuso al igual que su variante primera.

Figura 6

Chasis de cuna simple cerrada (Lladó, s.f.)



Chasis de Doble Cuna

Este chasis está diseñado para que dos tubos bajen directamente desde el soporte de dirección y pasen por la parte inferior del motor, “abrazándolo” y consiguiendo una doble cuna que lo protege, para llegar al soporte del basculante sin encontrarse en ningún momento.

Figura 7

Chasis de doble cuna (Guts, 2015)



Chasis Multitubular

Este modelo está formado por 2 vigas situadas a los laterales del motor y se unen al final en el soporte del basculante, está compuesta por tubos rectos y cortos que forman una especie de rejilla. Se caracteriza por tener una excelente rigidez, soportando muy bien la tracción y la compresión. Este diseño es característico de la marca Ducati y en general su uso para competiciones. (Etrasa, 2005)

Figura 8

Chasis multitubular (Conoce el funcionamiento, tipos y usos del chasis en las motocicletas. , 2017)



Chasis de Doble Viga Perimetral

Este tipo de chasis está construido con una estructura muy sólida y definida, está formado por 2 grandes vigas que pasan por los laterales del motor desde el soporte de la dirección hasta el soporte del basculante, tienen también grandes anclajes inferiores que ayudan a soportar el motor. Este diseño es característico de las motos deportivas.

Figura 9

Chasis de doble viga perimetral (Solo son motos, 2013)



Chasis Monocasco

Este modelo fue ampliamente utilizado por las motos pequeñas y compactas, se basa en un bastidor monocasco de chapa estampada lo que lo convierte en un elemento que cumple con las funciones de carrocería y chasis a la vez. Los marcos de este diseño se utilizan casi exclusivamente en motos de competición especializadas. (Foale, 2002)

Figura 10

Chasis monocasco (Conoce el funcionamiento, tipos y usos del chasis en las motocicletas. , 2017)



En la gran mayoría de motos de uso urbano se observa un chasis inspirado en un Chasis de Doble Cuna, para que el modelo de la moto tenga un poco más de robustez y que los soportes de los pies estén a una buena distancia de separación ya que al carecer de un motor de combustión interna no necesita tener una figura fiel al diseño tradicional, no soporta excesivo peso, vibración ni esfuerzo.

El chasis debe tener una estructura razonable, resistencia suficiente y una rigidez moderada para soportar las diversas fuerzas y situaciones con las que se podrá encontrar en su funcionamiento normal en la aplicación práctica, en la etapa de diseño conceptual de las motocicletas, es necesario determinar la estructura y las dimensiones principales dentro del chasis de la motocicleta, así como la relación posicional relativa entre los componentes principales y el chasis, luego realizar un análisis dinámico y estructural de resistencia o rigidez del cuadro. (Balyi, 2005)

Geometría Básica de la Moto

La moto se caracteriza por ser un vehículo relativamente sencillo, sigue ciertos principios de geometría que hacen que esta funcione de manera eficiente y son:

Centro de Gravedad

Es el principio más importante en el diseño de un vehículo ya que al tener un centro de gravedad bajo la estabilidad y el equilibrio es mucho más seguro, esto influirá en su maniobrabilidad y control, también contribuye a una mejor respuesta en la aceleración y el frenado ya que ayuda a mantener el equilibrio del vehículo y el conductor.

Valores de Avance

Es la distancia que hay al nivel del suelo entre el centro de la huella del neumático con respecto al punto en el cual el eje de dirección interseca con el suelo, sin avance las motos no podrían iniciar a trazar las curvas al conducir.

Ángulo de Ataque o Lanzamiento

Es la inclinación hacia el conductor que tiene el eje de dirección con respecto a la posición de manejo y la de las manos.

Figura 11

Geometría general de la moto (Geometría básica de una motocicleta, 2017)



Distancia Entre Ejes

Es la distancia entre los ejes de las ruedas de la moto e influyen directamente en el comportamiento del vehículo. En general, mientras mayor sea la distancia entre estos tendrá mejor estabilidad direccional, pero requiere mayor esfuerzo al tomar las curvas.

Una relación correcta significa que el eje de la dirección debe permanecer en el mismo plano que la rueda trasera, de forma que la geometría de la dirección no se vea afectada por posibles deformaciones del chasis (Bradley, 2012)

Recomendación de motocicleta por estatura

Según (España En Moto, 2019), que es un importante servicio de alquiler de motocicletas en España, realizó un estudio de acuerdo a sus registros de renta y servicios y determinó una tabla de recomendación de que tipo de motocicleta debería usar una persona de acuerdo a su estatura para una conducción más cómoda y segura. Para este fin, se clasificó a las motocicletas, por su diseño, en 3 grandes grupos: Motos Deportivas, Motos Turismo y Motos Custom.

Motos Deportivas

También denominadas Sport o Supersport, son motos cuyo uso principal es la carretera, tienen altas prestaciones y componentes de buena calidad con un peso ligero. Utilizan normalmente motores que pueden tener potencias de hasta 160 CV, consiguiendo alcanzar altas velocidades de incluso 300 km/h. (Casajús, 2001)

Figura 12

Moto deportiva: Kawasaki Ninja ZX-4R (Mundo Motero, 2023)



Motos Turismo

Las motocicletas tipo turismo, son motocicletas destinadas para realizar largos recorridos por carretera. Con posiciones de conducción muy cómodas, carenados muy amplios, con una cúpula de mayores dimensiones que las anteriores, los cuales protegen muy bien del aire al conductor. Son motos con unas prestaciones inferiores a las deportivas debido a una configuración diferente con mayor peso. (Casajús, 2001)

Figura 13

Moto Turismo: Yamaha Tracer 9 / GT (Mundo Motero, 2023)



Motos Custom

Las motos Custom son motocicletas para pasear con tranquilidad, con un estilo en particular que depende del fabricante. El fabricante por excelencia mejor identificado en este grupo es Harley Davidson, ya que incorpora detalles sobre todo estéticos, como guardabarros llamativos, piezas metálicas y cromadas, manillares muy altos con horquilla delantera inclinada, silla a baja estatura, y posapiés muy adelantados lo cual es muy cómodo para el usuario independientemente de su estatura. Pero cuenta con el detalle de tener muy poco carenado, lo que no ofrece protección del aire y no es adecuado a grandes velocidades. (Casajús, 2001)

Figura 14

Moto Custom: Harley-Davidson Low Rider S / ST (Mundo Motero, 2023)



Medidas Antropomórficas Latinoamericanas

Se destaca que en el Ecuador no existe un estudio que detalle las medidas antropométricas de sus ciudadanos, por este motivo se usará el país latinoamericano Colombia, ya que comparte una gran similitud de etnia con Ecuador, para así determinar qué tipo de chasis sería el adecuado para la estatura promedio de un adulto. (Segovia, 2021)

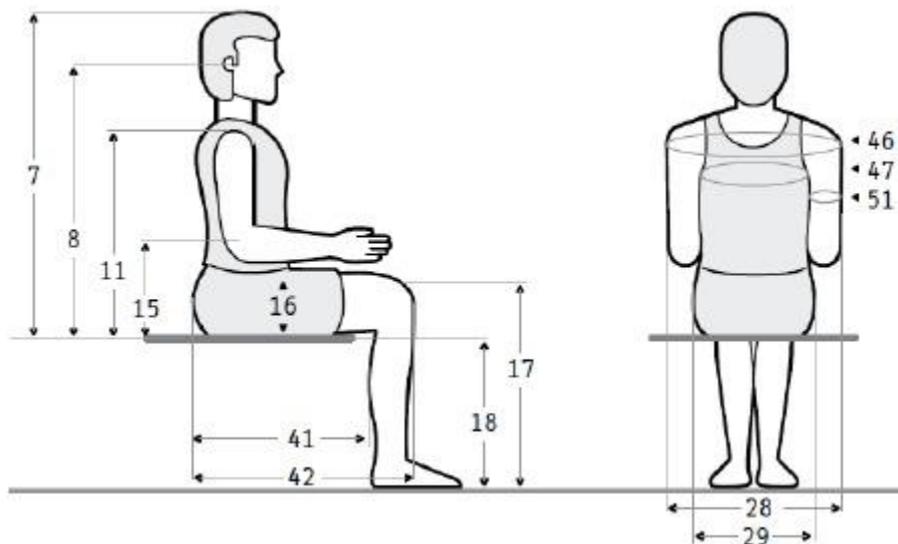
Figura 15

Medidas de referencia de Colombia (Avila Chaurand, 2015)

Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)					30 - 39 años (n= 447)					
	\bar{x}	D.E.	Percentiles			\bar{x}	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
6	Altura sentado normal	86.5	3.58	80.6	86.3	92.6	86.3	3.51	80.3	86.3	92.1
7	Altura sentado erguido	89.0	3.31	83.8	89.0	94.7	89.0	3.14	83.7	88.9	94.2
8	Altura de los ojos	78.6	3.31	73.5	78.6	84.1	78.8	3.17	73.6	78.9	83.6
11	Altura acromial	58.8	2.78	54.3	58.8	63.6	59.0	2.73	54.5	59.2	63.2
15	Altura radial	23.6	2.42	19.4	23.7	27.4	24.1	2.44	19.9	24.2	28.1
16	Altura del muslo	14.8	1.30	12.7	14.8	17.0	15.1	1.19	13.2	15.2	17.1
17	Altura de la rodilla	52.9	2.56	48.9	52.8	56.9	52.4	2.49	48.3	52.6	56.3
18	Altura de la fosa poplítea	43.0	2.21	39.5	42.9	46.5	42.2	2.21	38.5	42.3	45.7
28	Anchura codo a codo	42.9	4.25	36.7	42.2	50.5	45.3	4.24	38.1	45.5	52.4
29	Anchura de las caderas	34.3	2.59	30.5	34.3	38.5	35.2	2.49	31.1	35.1	39.2
41	Largura nalga - fosa poplítea	47.0	2.52	42.9	47.2	51.2	46.8	2.30	43.1	46.8	50.5
42	Largura nalga - rodilla	57.2	2.64	53.0	57.1	61.6	57.0	2.44	52.8	57.1	61.0
46	Perímetro bideltoides	111.7	7.00	101.3	111.2	124.1	114.5	6.55	103.6	114.8	124.8
47	Perímetro mesoesternal	94.2	6.49	84.6	93.6	105.4	97.3	6.08	87.4	97.3	106.9
51	Perímetro brazo flexionado	30.5	2.66	26.3	30.5	35.1	31.5	2.47	27.6	31.5	35.6

Figura 16

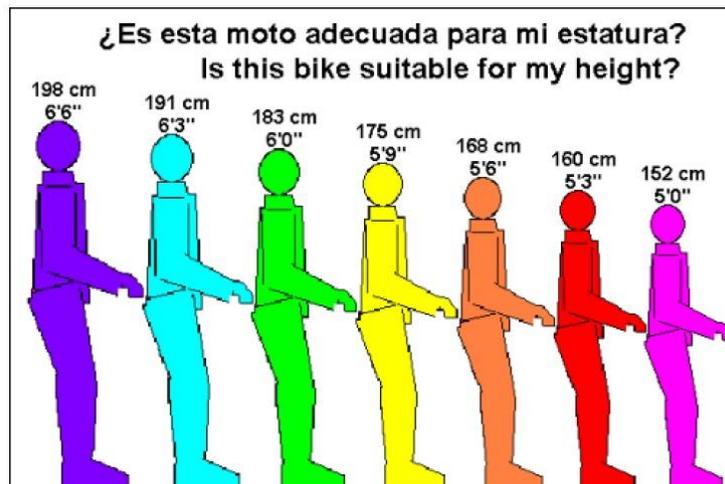
Medidas Antropométricas de Colombia (Avila Chaurand, 2015)



Con los datos obtenidos se determina que un adulto promedio en el país de Colombia tiene una altura de 170.1 cm, con lo que se tomará como un dato de referencia para el país de Ecuador.

Figura 17

Estaturas adecuadas para Motos (España En Moto, 2019)



En la figura 17 se puede observar cómo se ha creado unos modelos basados en colores con respecto a la altura de los conductores de las motocicletas rentadas y después se realiza una comparación de las estaturas con las motocicletas más comunes en cada categoría vista anteriormente.

Figura 18

Modelo por estatura (España En Moto, 2019)



En la figura 18 se observa la comparación de una persona de estatura de 175 cm como se observa la referencia en la figura 17, con una motocicleta BMW R1200RT, una motocicleta

tipo turismo que cuenta con una altura de asiento de 825 mm, adecuada para la situación de altura. (Mundo Motero, 2023)

Figura 19

Modelo por estatura 2 (España En Moto, 2019)



Se observa en la figura 19 como una persona de estatura aproximada de 160 cm, en la misma motocicleta del ejemplo anterior, la altura del asiento no es adecuada y como el conductor no tiene una posición óptima al momento de sostener la moto cuando está detenida, por lo que no sería recomendable su uso.

Figura 20

Modelo por estatura 3 (España En Moto, 2019)



En la figura 20 se observa el ejemplo de una persona de 152 cm de altura con una motocicleta Harley-Davidson Road Glide Custom, con una silla de 695 mm, ideal para personas con baja o alta estatura y comodidad gracias a su modelo Custom. (Mundo Motero, 2023)

Figura 21

Modelo por estatura 4 (España En Moto, 2019)



En la figura 21 se puede observar como una persona de 182cm usa la motocicleta BMW R1200RT con unos grados de inclinación en su cuerpo que resultan adecuados para su correcto funcionamiento y confort, demostrando que puede usar la motocicleta de manera segura y confiable.

Dadas las consideraciones anteriores, las motos tipo Custom son más adecuadas para la intención de este proyecto ya que se espera una conducción urbana normal con la moto eléctrica con una velocidad relativamente baja y también porque es más eficiente al satisfacer las necesidades de diferentes alturas de los usuarios.

Sistema Eléctrico

La característica más importante de este proyecto es que al ser una moto eléctrica tiene diferentes consideraciones en comparación a la convencional.

Las Baterías

El sistema eléctrico de la moto depende enteramente de un paquete de baterías dispuesto para proporcionar energía eléctrica al sistema, suelen ser bastante pesadas y robustas y es el elemento más propenso a daños del sistema por su dificultad para su obtención y fabricación por los elementos que contienen y la electrónica, que administra la energía que entra y sale de la batería con el fin de prevenir daños por una mala administración de corriente.

Figura 22

Paquete de baterías



El Controlador

Es el dispositivo en el sistema que se encarga de controlar, administrar la energía y rendimiento del motor así también como su velocidad de giro y también administra la energía para todos los demás elementos y accesorios.

Figura 23

Controlador del sistema eléctrico



Procesos de Construcción

En esta fase se considera todos los aspectos descritos previamente, como el análisis del chasis, selección de materiales y mediante procesos de manufactura y construcción, se procede al montaje diseño aprobado como definitivo.

Las grandes marcas que fabrican estos elementos lo hacen con procesos complejos de producción en masa, lo que hace que estas estructuras sean fundidas ya con la mayor cantidad de detalle ya sea en dobleces o partes con ángulos cerrados de inclinación para evitar la soldadura, o se usan geometrías simples y seguras.

Soldadura

La soldadura es la unión o fusión de 2 o más materiales mediante diferentes métodos como el calor o la compresión para hacer de este un solo material continuo, en técnicas de manufactura el método más utilizado es la soldadura por arco eléctrico, donde mediante este principio, una descarga de gran potencia producida por ambos lados de un electrodo controlado hace que se pueda generar una fundición del metal de relleno y poder fusionar las partes en cuestión.

Proceso de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas). El proceso de soldadura TIG se logra a través del arco eléctrico, se utiliza un electrodo de tungsteno y la aplicación de un gas inerte que evita el contacto del aire y de partículas de agua con el baño de fusión y el electrodo en proceso de fundición. Se caracteriza por poder mantener el arco aun con bajas corrientes y no produce salpicaduras de material, pero a la vez requiere más habilidad en su manejo en comparación a los demás métodos.

Figura 24

Soldadura TIG (Couoh, 2019)



Proceso de Soldadura por Electrodo. El sistema de soldadura de arco manual, conocido mejor como soldadura con electrodo es el proceso donde se unen 2 o más metales por una fusión localizada, generada por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y los metales base a unir. Este proceso es el más antiguo, siendo que se usaba solo el metal de aporte mediante arco eléctrico, pero el oxígeno y nitrógeno del aire causaban fragilidad y porosidad al resultado, fue entonces que se utilizó el revestimiento y el método quedó tal como hoy se usa en todo el mundo.

Figura 25

Soldadura por electrodo (Soldadura por electrodo, TIG y MIG (inoxidable y aluminio). , 2023)



Proceso de Soldadura MIG (Metal Inert Gas). En el sistema de soldadura MIG hay un sistema de alimentación que impulsa de forma automática y a una velocidad determinada el alambre-electrodo hacia las piezas a soldar, a la vez tiene un gas inerte que protege la soldadura de contacto con el aire mientras se está fundiendo. Este es uno de los métodos más utilizados por su alto rendimiento y uno de los más versátiles de todos los sistemas.

Figura 26

Soldadura MIG (Soldadura por electrodo, TIG y MIG (inoxidable y aluminio). , 2023)



Doblado de Tubos

El doblado o curvado de tubos es un proceso de manufactura que consiste en realizar una deformación controlada del material, normalmente este proceso se realiza en tubos de sección circular, aunque también se puede curvar perfiles rectangulares, sólidos o extruirse por las necesidades de trabajo.

Existen diferentes métodos por los cuales se pueden mecanizar estos elementos, aunque cabe destacar que, sobre la práctica, ningún método es mejor que otro solo que tiene diferentes consideraciones a las diferentes aplicaciones del elemento deseado.

Doblado con Pistón. Es de los métodos más antiguos y simples ya que consta de una estructura sólida con un pistón hidráulico para forzar el tubo o elemento para doblarlos contra unos rodillos o pivotes, este método se usa normalmente para doblar elementos con radios muy grandes.

Doblado con Rodillos Se suelen usar tres rodillos dispuestos en forma de triángulo que se mueven para producir con su fricción, curvaturas con radios muy grandes, se coloca en soporte de dos rodillos mientras que el tercer rodillo presiona el centro de los mismos y esto determina el radio, esta fuerza es generada por una bomba hidráulica.

Metodología

Para este proyecto se usa una metodología de investigación cuantitativa, que se basa en la realización de ensayos o pruebas como las simulaciones propuestas, con el fin de recolectar los datos necesarios y alcanzar los objetivos propuestos en el estudio y resolver la hipótesis planteada. (Baptista, 2004)

Se desarrollaron las siguientes actividades para la aplicación correcta de la metodología mencionada:

- Revisión bibliográfica de diversos artículos, tesis y estudios para tener una orientación del proceso de creación de un modelo y recibir la orientación de profesionales en la materia para ciertos aspectos a considerar como simetría y materiales.
- Diseño CAD del prototipo anterior y su análisis para desarrollar un rediseño que permitan un cambio en el desempeño comprobado con análisis.
- Usar el programa SimSolid con su peculiaridad de su simulación de Puntos Finitos (FEM) Acelerado, estableciendo las condiciones de la estructura como su material, tipo de soldadura y aplicación de fuerzas.
- Construcción del modelo propuesto mediante procesos de corte, soldadura, dobladora y pintura una vez concluidas las simulaciones.

Elección de Material

Considerando el mercado actual de materiales en el país, el uso del aluminio como elemento estructural es algo poco utilizado de manera particular y en pequeña escala por lo que conseguir tubos o ángulos de este material para la construcción de este proyecto elevaría los precios por su obtención y más aún de su manufactura que solo puede ser por soldadura tipo TIG y por técnicos especializados, lo cual descarta el uso de este material; otros materiales como el titanio o la fibra de carbono son descartados por su muy difícil obtención para proyectos de esta naturaleza.

Se contempla entonces el uso de acero de bajo carbono para realizar los procesos de construcción: Acero ASTM A53, Acero A36, Acero AISI 4340, Acero AISI 4130, que son materiales que podrían satisfacer las necesidades del proyecto, se estudian las características de estos aceros.

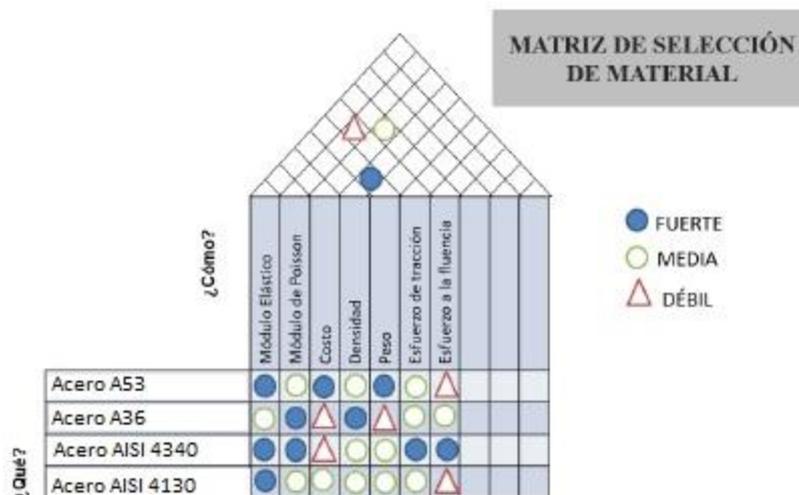
Tabla 1

Características del acero A53 Y A36

Tipo de Acero	Resistencia a la tracción	Límite Elástico	Elongación
Acero A53	360 MPa	205 MPa	23%
Acero A36	400 MPa	250 MPa	20%
Acero AISI 4340	745 MPa	470 MPa	15%
Acero AISI 4130	560 MPa	460 MPa	20%

Figura 27

Matriz de Selección de Material



Según (Segovia, 2021), el material que fue utilizado para la creación del chasis de la moto original es el acero A36 por sus características y comercialidad en el mercado ecuatoriano además de un estudio comparativo con los aceros también estudiados, siendo que el Acero A36 y el Acero A53 tienen características más parecidas entre ellas ; dado que el Acero A53 es más económico pero ofrece una vida útil similar o adecuada en comparación con el A36,

los ahorros iniciales en costos pueden ser beneficiosos a largo plazo, considerando el mantenimiento y reemplazo a lo largo de la vida útil del chasis y que sus características son similares, se considera este motivo para el uso del Acero A53, además que el Acero A36 es más ampliamente utilizado en el ámbito de la construcción en la creación de estructura metálica por sus características adecuadas para este fin, pero su precio es superior. (Monterrey, 2023)

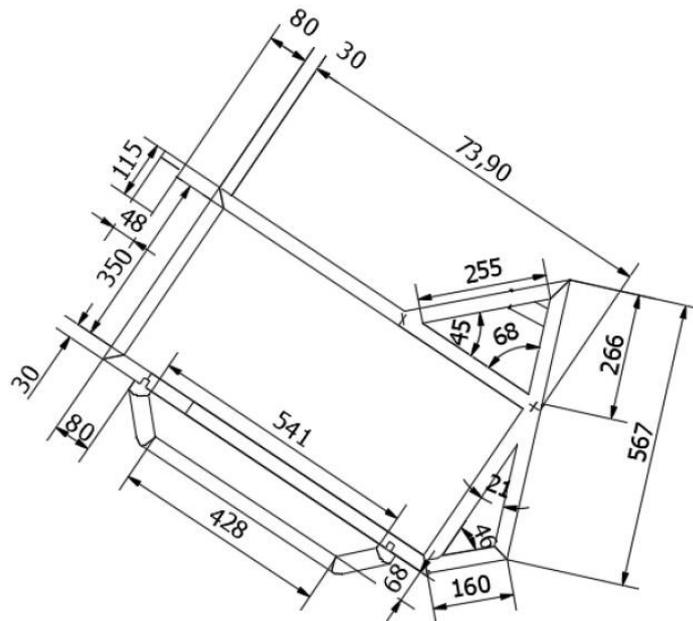
El Acero AISI 4340 y el Acero AISI 4130 son más costosos en el mercado nacional y su obtención es más complicada ya que son aceros especializados y tienen aplicaciones específicas, en el ámbito automotriz se usan generalmente para la creación de partes internas del motor como bielas, cigüeñales, bancadas, pistones, etc. (Ferrocortes, 2023)

Para poder comprobar el funcionamiento del primer modelo y su comportamiento ante simulación de eventos bajo condiciones específicas y estudio de esfuerzos, se realiza mediante el uso del programa de diseño Altair Studio, un primer plano del modelado sobre el que se realizarán las simulaciones.

Este es un proyecto de rediseño, por lo que se empieza con el análisis de resultados del chasis original generado por (Segovia, 2021) para después de creado el nuevo diseño, poder comparar los resultados de las simulaciones y poder concluir si el diseño es más eficiente que el anterior.

Figura 28

Medidas características del modelo original (Segovia, 2021)



La geometría del diseño original y el escaso espacio generado para almacenar la controladora mantiene una distancia sobre el piso inferior a 10 cm, a pesar de no haber un reglamento establecido, existe un promedio en las motos por seguridad de su chasis y sus elementos de aproximadamente 13 cm como mínimo. (Dolz, s.f.)

Diseño en 3D Primer Modelo

Para el diseño en 3D se tienen en cuenta las dimensiones de los elementos que forman parte del chasis original, según (Segovia, 2021) para su construcción se usó el material con las siguientes características en el software Autodesk Nastran e Inventor.

Figura 29

Perfil mecánico cuadrado ASTM A36 (IPAC, 2023)

Especificaciones	Datos
Norma	ASTM A36
Norma de fabricación	INEN 2415
Largo nominal	6 m
Recubrimiento	Negro
Espesor	2 mm
Medidas	30 * 30 mm
Peso	1.35 kg/m
Precio	2,60 \$/m
Unidades	3
Límite Elástico	248 MPa
Resistencia a la tracción	400 MPa

Figura 30

Modelado en 3D del chasis original (Segovia, 2021)



Análisis de Materiales y Uniones de Chasis Original

Se usa las características del material seleccionado para la creación de los perfiles de los elementos que serán utilizados en la creación del chasis, y en el software Inventor, se ensamblará completamente con puntos de unión de soldadura.

Figura 31

Ventana de selección de material para el chasis original (Segovia, 2021)

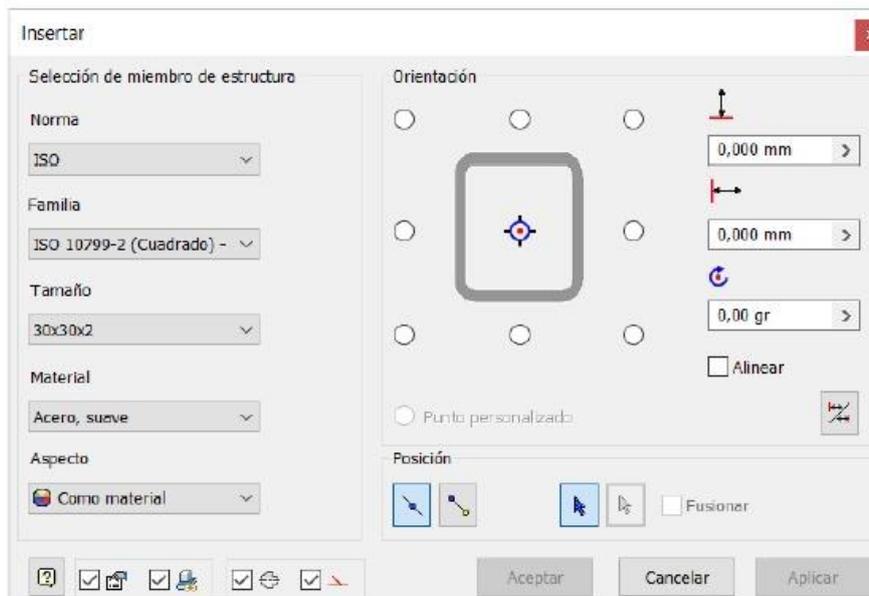
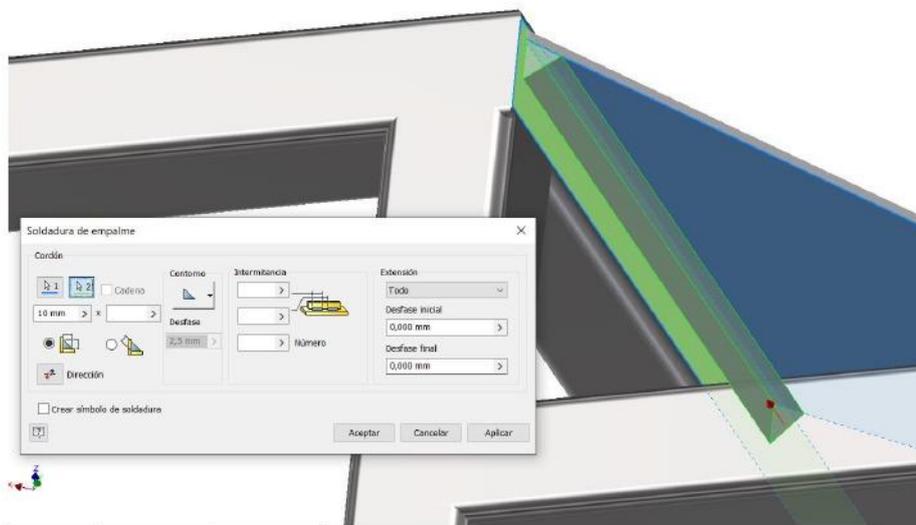


Figura 32

Aplicación de soldadura tipo en los puntos de unión (Segovia, 2021)



Análisis de Esfuerzos

Según (Segovia, 2021), el modelo original de chasis se podría desplazar a una velocidad máxima de 100 km/h, además, añade el supuesto caso de poder llevar a 2 personas de 70 kg,

un paquete de baterías que ocupará la gran mayoría del espacio interno con un peso de aproximado de 50 kg, pero que sobre la práctica, no forman parte del chasis original; haciendo que las pruebas sean sometidas con las siguientes medidas.

Figura 33

Parámetros iniciales de diseño (Segovia, 2021)

Parámetro	Característica
Velocidad máxima requerida del vehículo	100 km/h
Tipo de vehículo	Liviano
Autonomía de carga de batería	80 km
Postura del conductor	Cómoda tipo moto de turismo
Costo máximo	4000\$
Peso máximo	300 kg

Figura 34

Vista isométrica de la moto eléctrica (Segovia, 2021)



El chasis original tiene 3 simulaciones de eventos bajo condiciones específicas y estudio de esfuerzos, que son las siguientes cargas sobre el chasis: peso de la batería, peso del controlador electrónico y peso del conductor y pasajero, se muestra la asignación de cada una de las cargas con su respectivo valor.

Figura 35

Peso de la batería en chasis original (Segovia, 2021)



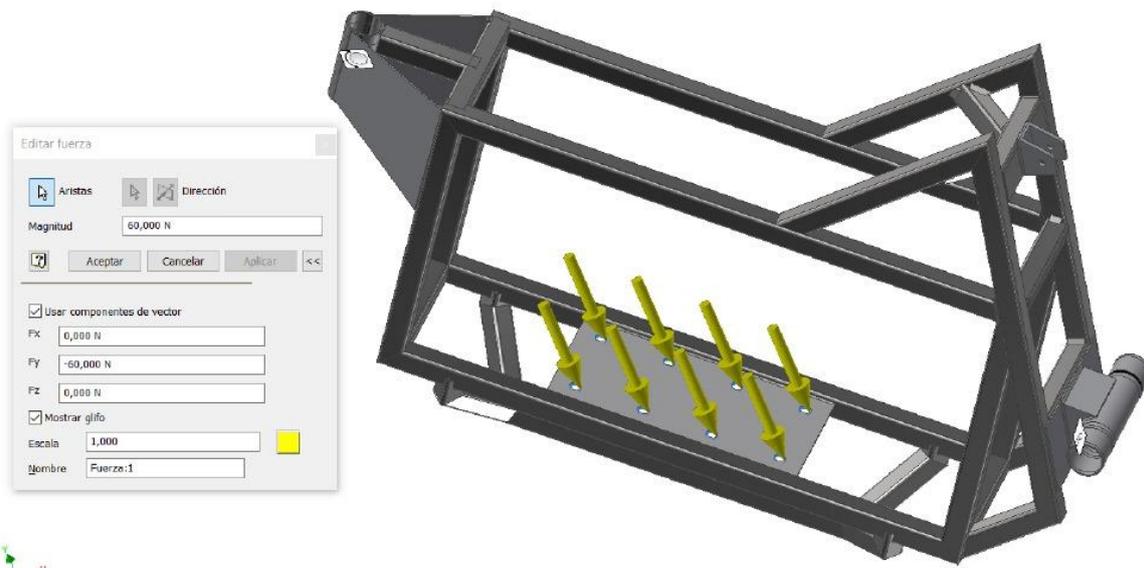
Figura 36

Peso del conductor y pasajero de chasis original (Segovia, 2021)



Figura 37

Peso del controlador electrónico de chasis original (Segovia, 2021)



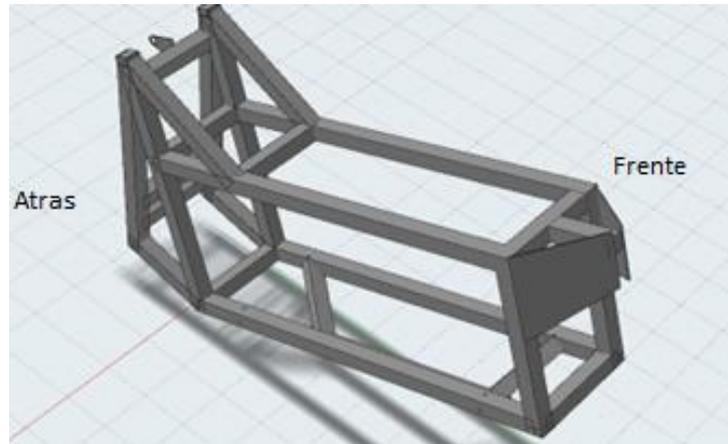
Después de verificar la aplicación de esfuerzos del chasis original, se tienen ciertas reservas sobre el método aplicado para el estudio de la simulación. Para verificar la validez de los resultados y asegurarse de obtener información más completa, se tiene la intención de realizar una propia simulación y comparar los resultados con los obtenidos anteriormente. Esto permitirá corroborar los datos y tener una visión más confiable de los resultados finales. Se espera poder contribuir con una evaluación adicional para mejorar nuestra comprensión del tema en cuestión.

Se toman en cuenta las medidas características creadas por (Segovia, 2021) en la figura 28 para recrear el chasis original en el programa de Altair Studio, como parte de una investigación más amplia sobre una aplicación práctica del chasis se contemplan más casos de simulación de eventos bajo condiciones específicas y estudio de esfuerzos en comparación al análisis del chasis original, estos serán: Carga Muerta, Carga Viva, Esfuerzo de Giro, Esfuerzo de Frenado, Esfuerzo de Aceleración y Volcadura, que son situaciones a las que la moto se puede ver sometida en su conducción urbana.

Recreación de Chasis Original

Figura 38

Recreación de Chasis Original

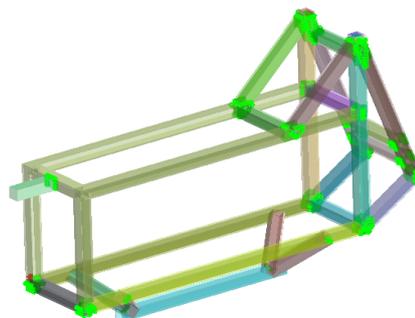
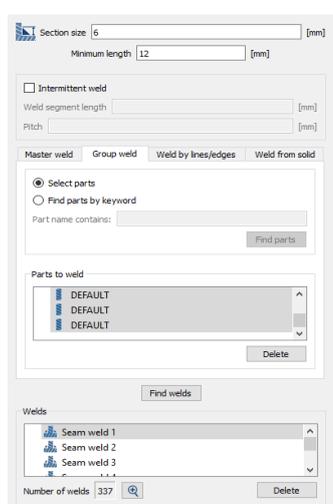


Análisis de Materiales y Uniones

Se exporta el modelo que recrea el chasis original al programa SimSolid donde se puede especificar el material del que estará formado el elemento a analizar, así también como añadir una soldadura que simulará una soldadura convencional, para la unión de elementos simples como tubos cuadrados el método seleccionado es la soldadura tipo “filete” de 6 mm.

Figura 39

Aplicación de soldadura tipo "Filete" en los puntos de unión



Para poder comparar los resultados de la recreación del chasis original con el nuevo diseño se contemplarán los casos de simulación de eventos bajo condiciones específicas y estudio de

esfuerzos ya mencionados, para eso se crea una tabla donde se usarán valores supuestos de un funcionamiento menos exigente de la motocicleta con respecto a la velocidad y el peso, se estima que este chasis circule a una velocidad de hasta 40 km/h, podrá llevar únicamente al conductor, se crea una tabla en donde se toman de referencia los cálculos de (García, 2013), cambiando los datos de la velocidad y peso esperado

Tabla 2

Valores estimados de recreación de chasis original

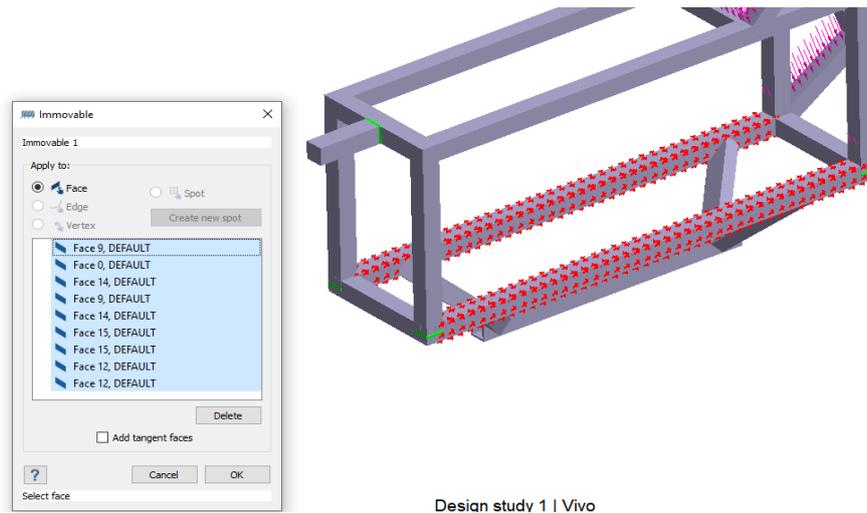
CARGA	COMPONENTES			VALOR (N)	
Muerta (N)	Controladora	kg	5	294	
	Paquete de baterías	kg	NA		
Viva (N)	Chasis	kg	25	735.75	
	Carrocería	kg			
	Masa total del Vehículo	kg	30		
	Piloto	kg	75		
	Giro	Velocidad	km/h		40
Frenado	Velocidad	m/s	11.11	1331.25	
	Radio de curvatura	m	30		
	Aceleración negativa	m/s ²	3		639
	Aceleración	m/s ²	3		639
Volcadura	Masa total del Vehículo	kg	25	1800	
	2g	m/s ²	19.62		

Análisis de Esfuerzos

Mediante el uso del programa SimSolid, se diseña el ensamblaje completo del rediseño del primer chasis, antes de empezar a simular cada uno de los casos, es común utilizar simplificaciones para facilitar el proceso de análisis y obtener resultados iniciales, en motos y vehículos más pequeños como karts se considera los elementos sólidos más cercanos al suelo como un punto fijo para aplicar las fuerzas.

Figura 40

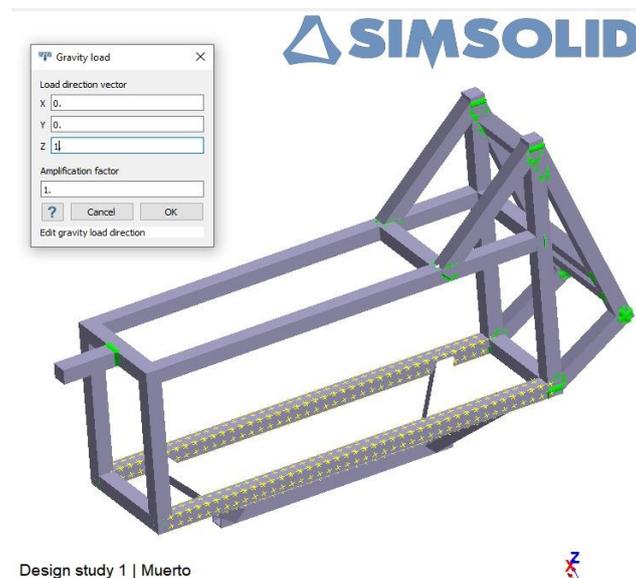
Aplicación de puntos fijos para la simulación de rediseño de chasis original



Peso Muerto. La carga o peso muerto en una estructura hace referencia al esfuerzo que hace para sostenerse a sí mismo sin que ninguna fuerza externa la perturbe, solo contará con su propio peso para el análisis y este parte desde las bases del chasis. Se aplica la fuerza de gravedad para que soporte su propio peso.

Figura 41

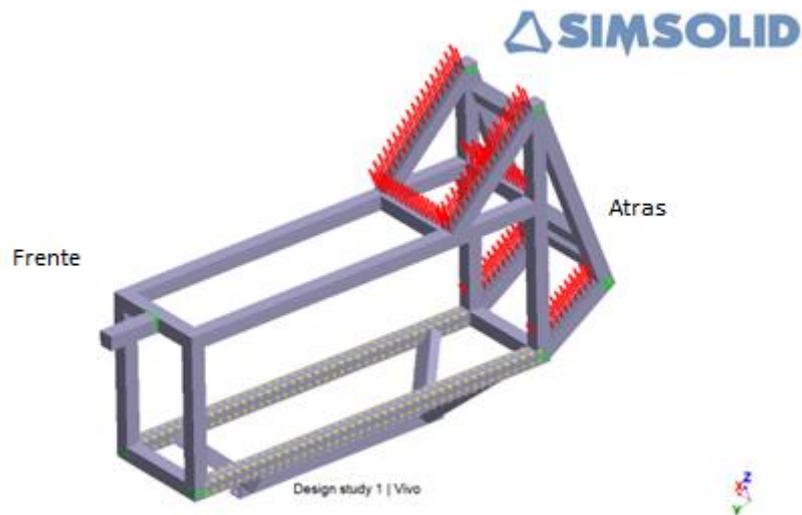
Aplicación de fuerzas para el estudio del peso muerto del rediseño del chasis original



Peso Vivo. El peso vivo es el peso de la persona que está utilizando el elemento que está siendo estudiado, en este caso se refiere al piloto que se sube en el chasis y esta parte desde el asiento del chasis donde ejerce un esfuerzo hacia abajo. Se aplica una fuerza de 735.35 Newtons tomando en cuenta el peso promedio de una persona adulta. (75 kg)

Figura 42

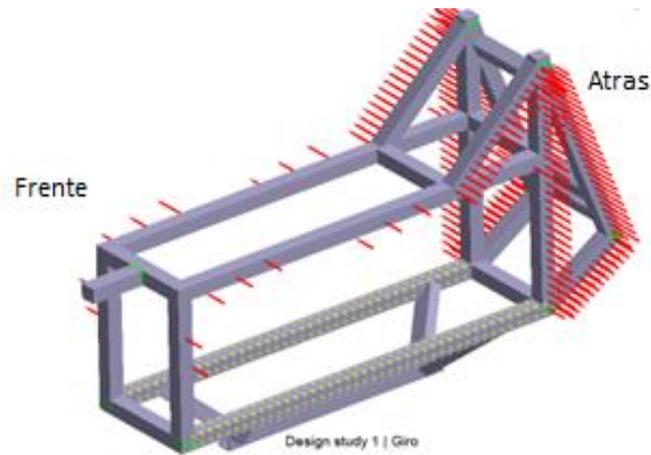
Aplicación de fuerzas para el estudio del peso vivo del rediseño de chasis original



Esfuerzo de Giro. Cuando la moto está en movimiento y esta realiza un giro por parte de una maniobra de su conductor, se ve sometida a la fuerza centrífuga que intenta empujar el vehículo hacia el lado contrario que está ejecutando la maniobra. Se estima con referencia a la tabla 2 que a 40 km/h esta fuerza es de 1331.25 Newtons.

Figura 43

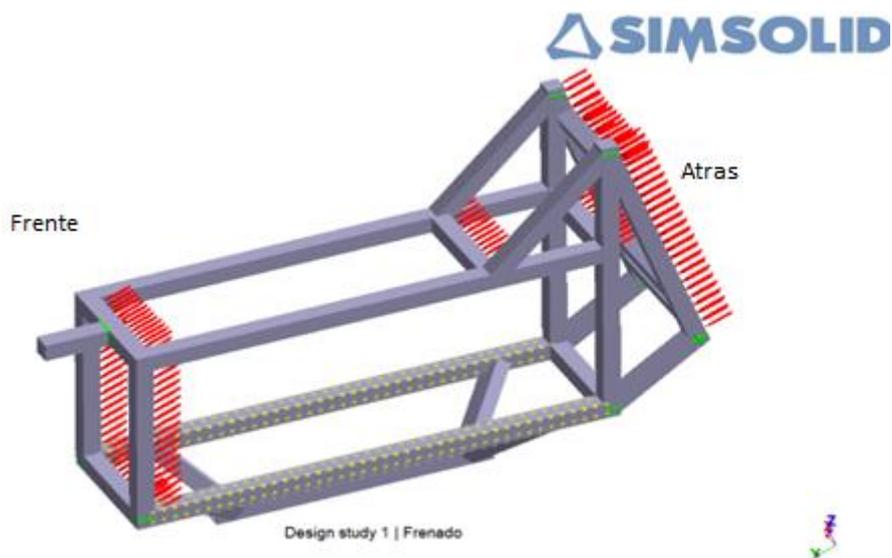
Aplicación de fuerzas para el estudio de giro del diseño original



Fuerza de Frenado. Cuando un vehículo frena, está utilizando su resistencia con respecto al suelo, aumentándola para bajar su velocidad o detenerse, cuando esto sucede, la inercia tanto del conductor y de toda la moto se dirige hacia al frente mientras el vehículo pierde velocidad. Se estima con referencia a la tabla 2 que a 40 km/h esta fuerza es de 639 Newtons.

Figura 44

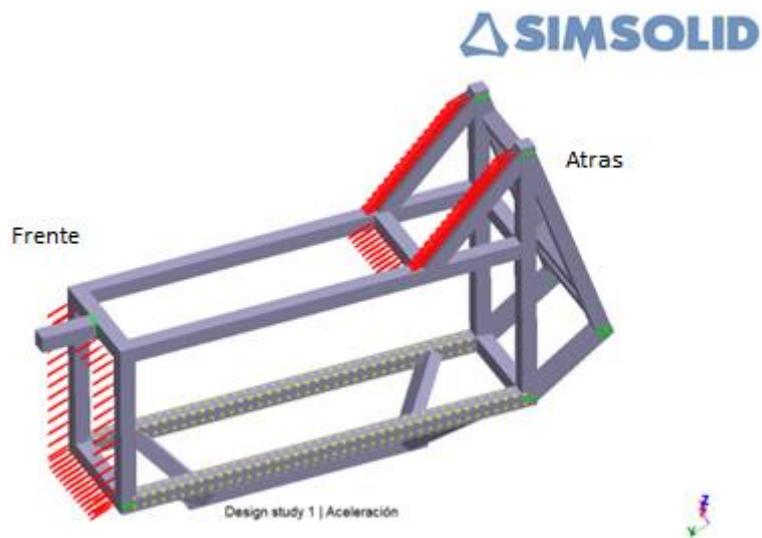
Aplicación de fuerzas para el estudio de frenado del diseño original



Fuerza de Aceleración. Completamente opuesta a la fuerza de frenado, esta hace que el mismo principio de inercia haga que el conductor y el resto de elementos presenten una resistencia al movimiento del vehículo, representando un esfuerzo para el chasis. Se estima con referencia a la tabla 2 que esta fuerza es de 639 Newtons.

Figura 45

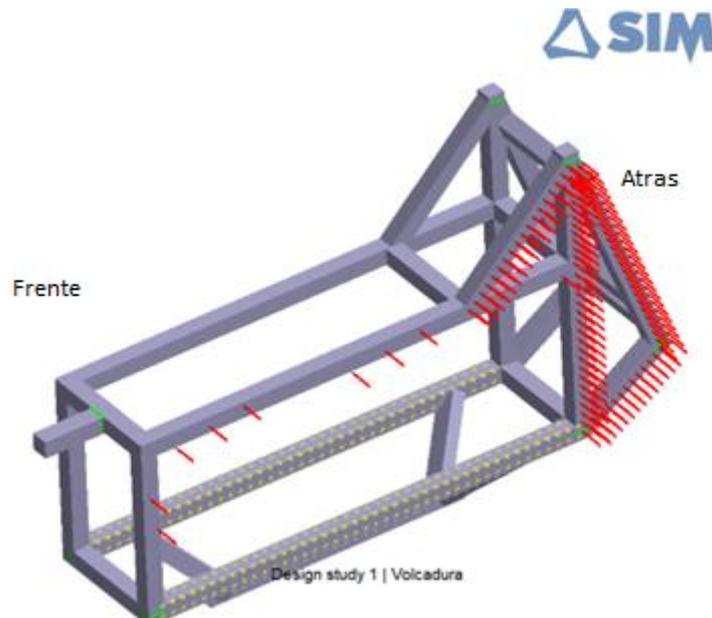
Aplicación de fuerzas para el estudio de aceleración del diseño original



Volcadura. Para verificar que además de resistir fuerzas de movimiento comunes, los chasis deben ser sometidos casos de emergencia en simulación como lo es una volcadura y esta se interpreta como una aplicación súbita de todo el peso del piloto, el chasis y además de tener en cuenta la velocidad que se tiene en el momento de este caso en particular. Se estima con referencia a la tabla 2 que la fuerza a la que se vería sometida el chasis en estas circunstancias es de 1800 Newtons.

Figura 46

Aplicación de fuerzas para el estudio de volcadura del diseño original

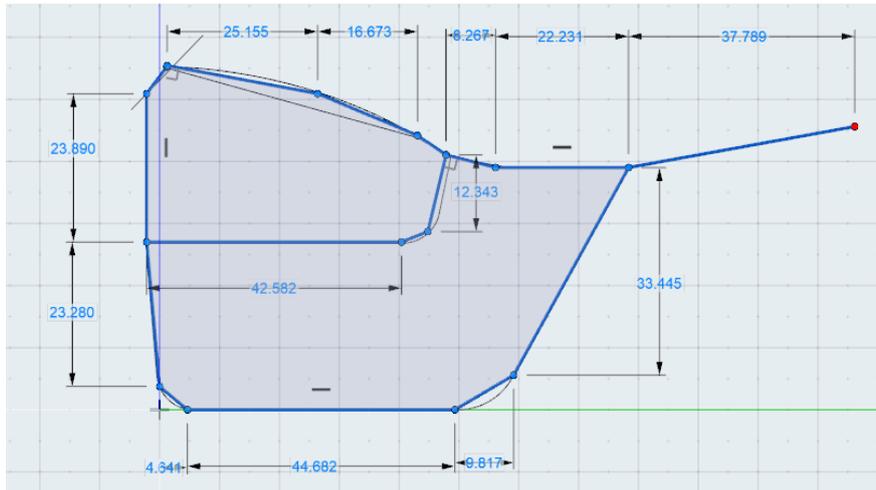


Diseño del Nuevo Chasis

Empieza un modelo en 2D con base en las ideas en todo el análisis realizado de los tipos de chasis, la distribución del peso y de la ubicación de los elementos eléctricos como la controladora y las baterías en lugar del motor de combustión interna, se elige un modelo de chasis de doble cuna, inspirado en el mercado actual de motos eléctricas y un chasis de moto de tipo Custom para la comodidad de la conducción del usuario, incluyendo un espacio en la parte superior simulando el soporte del tanque de combustible de una moto convencional pero en este caso iría la controladora para aislarla de los demás elementos, y también un espacio de asiento mucho más amplio hacia atrás que también servirá para poder ubicar un guardabarros para el motor eléctrico ubicado en el neumático trasero.

Figura 47

Medidas características del nuevo diseño



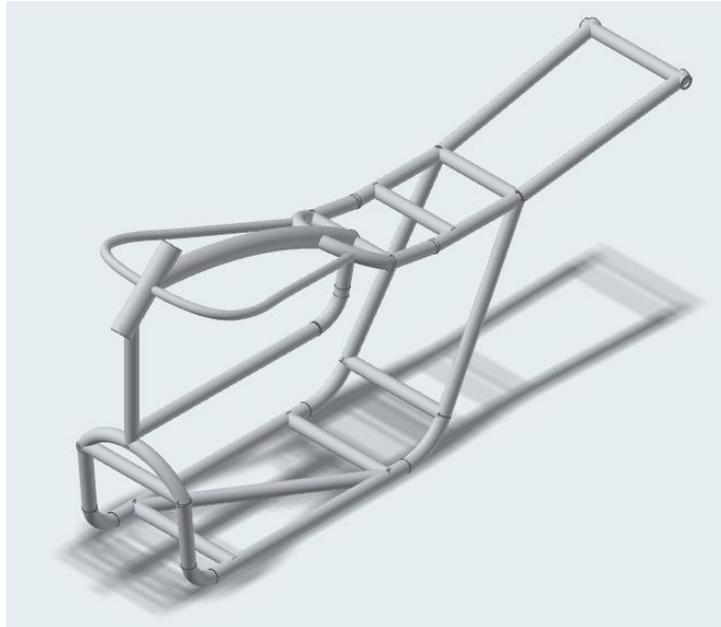
El diseño busca mejoras con respecto al anterior, destaca la forma más geométrica y detallada del chasis, también un espacio ergonómico y optimizado para el piloto, la doble cuna cumplirá con la función de darle volumen a la moto y brindar un espacio amplio en el piso del chasis donde se podrán montar las baterías, que ayudarán a mantener un centro de gravedad bajo.

Este nuevo diseño también abre la posibilidad de poder incluir ciertas autopartes que antes no disponía, los guardabarros de ambas ruedas y la capacidad de soportar la instalación de un carenado que añade seguridad a los elementos y aerodinámica al proyecto una vez que estén ensambladas todas las piezas que sería el siguiente paso en el proyecto de armar totalmente la moto eléctrica ecuatoriana. Se crea el boceto en 3D de este nuevo chasis generando curvas, puntos de unión y nuevos elementos, un piso reforzado para el nuevo paquete de baterías y un soporte elevado para la controladora, que será contenida dentro del chasis que simulará el tanque de combustible de una moto convencional, por otro lado en el estudio de (Vélez, 2014) ha encontrado una solución mediante el diseño de un refuerzo entre los dos tubos verticales con el objetivo de disminuir los resultados de tensión.

Se usa el acero A53 en los perfiles que pueden encontrarse en el mercado nacional con más facilidad gracias a su amplia distribución, el tubo redondo de acero de $\frac{3}{4}$ de pulgada y el tubo redondo de $1 \frac{1}{4}$ pulgadas para generar el nuevo chasis.

Figura 48

Modelado en 3D del nuevo chasis



Un importante paso para la construcción de este nuevo elemento es el uso de tubos doblados en lugar de soldados, ya que al doblar el acero este mantiene sus características de solidez y es ideal para geometrías más sencillas, mientras que al cortar y soldar en ángulos puede ayudar a generar estructuras más complejas, pero incrementa el tiempo de construcción y costos por su proceso. (Urbán, 2010)

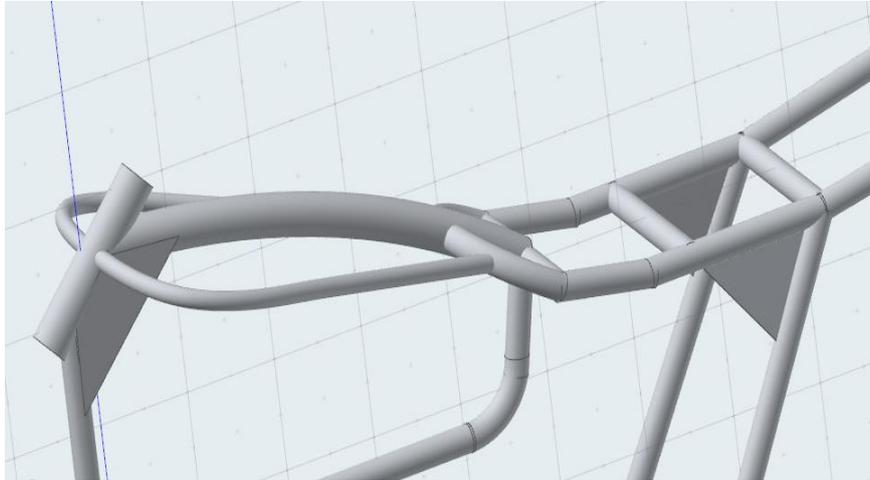
Al trabajar con tubos delgados en un chasis que es más largo y está optimizado para la ergonomía del usuario, para una intervención preventiva y para disminuir la vulnerabilidad de los elementos que tienen ángulos menores a 90° de la estructura, es recomendable aplicar pequeñas placas de material, llamadas nervios, para que estas sirvan de soporte y ayudan a distribuir el peso de los puntos que soportan más presión y evite la deformación y fatiga de la pieza. (Yagual, 2014)

Para poder comparar los resultados entre el primer diseño y el nuevo que se genera, se tomará como referencia los esfuerzos expuestos mediante el criterio de Von Mises que el

programa proporciona al final de cada una de las simulaciones con una tabla dinámica de colores que permitirá identificar la ubicación de los esfuerzos.

Figura 49

Aplicación de placas de soporte

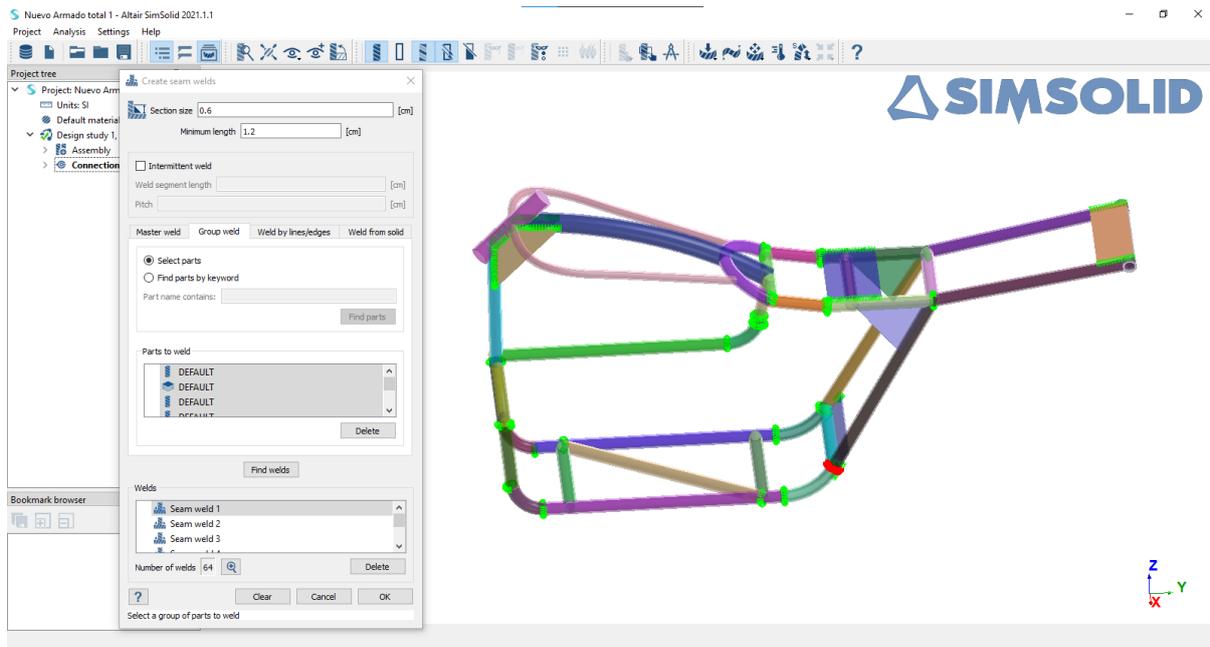


Análisis de Materiales y Uniones

Se usa SimSolid, en donde se configuran las características de materiales y también se realiza la adición de soldaduras de tipo “filete”, que simulan la soldadura convencional, se establece un hilo de 0.6 cm entre las uniones en el programa. Para poder simular el nuevo diseño, se añade también una placa en el asiento del conductor para sus consideraciones ergonómicas y de seguridad cuando se añada el asiento en el prototipo final.

Figura 50

Aplicación de soldadura tipo “Filete” en los puntos de unión al nuevo chasis



Análisis de Esfuerzos en el Chasis

Se considera que este nuevo chasis circulará a una velocidad de hasta 40 km/h, será únicamente para el transporte de una persona, el conductor; y se toma un promedio del peso de los elementos internos como las baterías y controladora para realizar una tabla donde se contemplan esta información para generar datos y casos de conducción que serán aplicadas tomando de referencia los cálculos de (García, 2013) cambiando los datos a la velocidad y peso esperado.

Tabla 3

Valores estimados del nuevo diseño

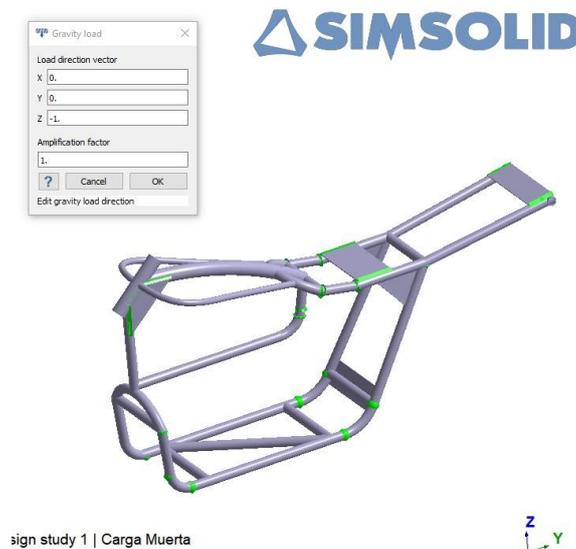
CARGA	COMPONENTES		VALOR (N)
Muerta (N)	Controladora	kg	5
	Paquete de baterías	kg	15
	Chasis	kg	20
	Carrocería	kg	5
	Masa total del chasis	kg	45
Viva (N)	Piloto	kg	75
			735.75

Giro	Velocidad	km/h	40	
	Velocidad	m/s	11.11	
	Radio de curvatura	m	30	1331.25
Frenado	Aceleración negativa	m/s ²	3	639
Aceleración	Aceleración	m/s ²	3	639
Volcadura	Masa total del Chasis	kg	45	1800
	2g	m/s ²	19.62	

Peso Muerto. La carga muerta es el peso del propio chasis tiene barras que cruzan ambos lados de la cuna el esfuerzo se reparte en más elementos, también se utiliza la carga únicamente de la gravedad para que contemple este esfuerzo.

Figura 51

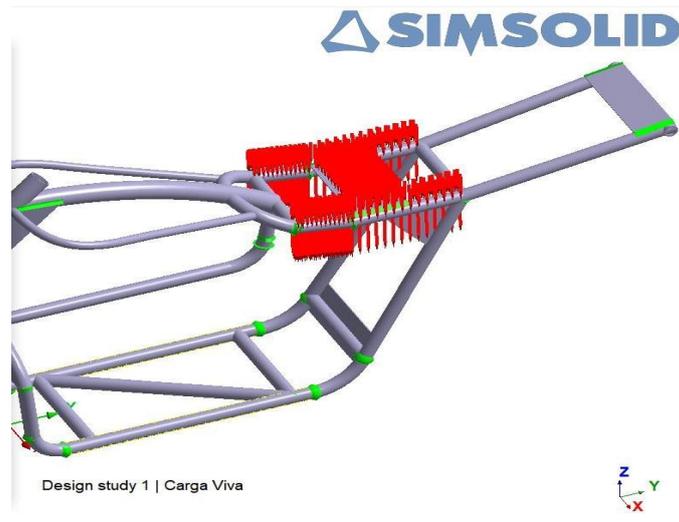
Aplicación de fuerzas para el estudio del peso muerto para el nuevo diseño



Peso Vivo. El peso del conductor es mejor distribuido en una superficie más plana y con más soportes y al ser amplia el peso se reparte entre estos elementos, se toma de la tabla 3 que este valor es de 735.75 N.

Figura 52

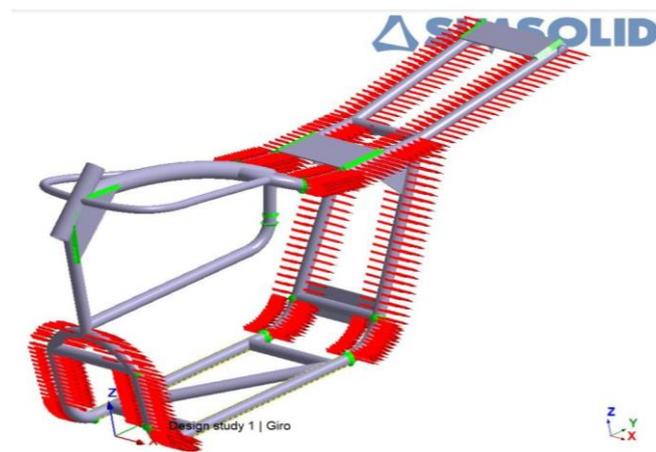
Aplicación de fuerzas para el estudio del peso vivo para el nuevo diseño



Esfuerzo de Giro. Al tener el chasis largo el esfuerzo que genera el giro al momento de maniobrar la moto se reparte en todo el chasis, con base a la tabla 3 se aplica una fuerza de 1331.25N.

Figura 53

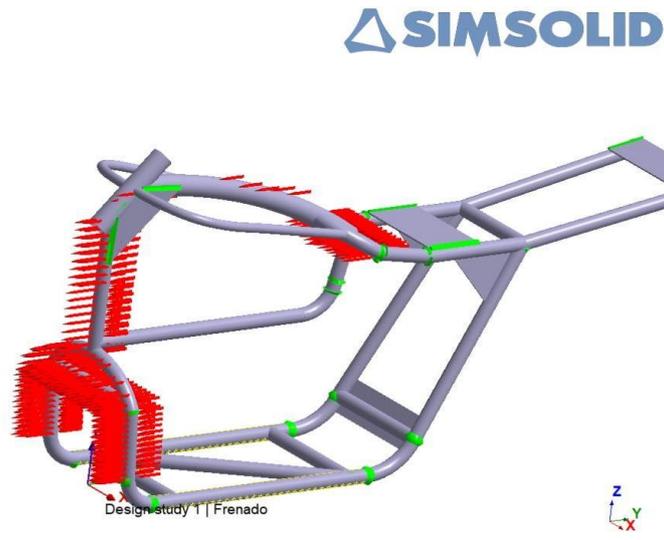
Aplicación de fuerzas para el estudio del esfuerzo de giro para el nuevo diseño



Esfuerzo de Frenado. El esfuerzo generado por el peso del conductor junto con el peso del propio chasis además de los elementos adicionales tales como la controladora y las baterías hacen que la parte delantera del chasis soporte más esfuerzo por la inercia, con referencia a la tabla 3 se aplica una fuerza de 639N.

Figura 54

Aplicación de fuerzas para el estudio del esfuerzo de frenado para el nuevo diseño

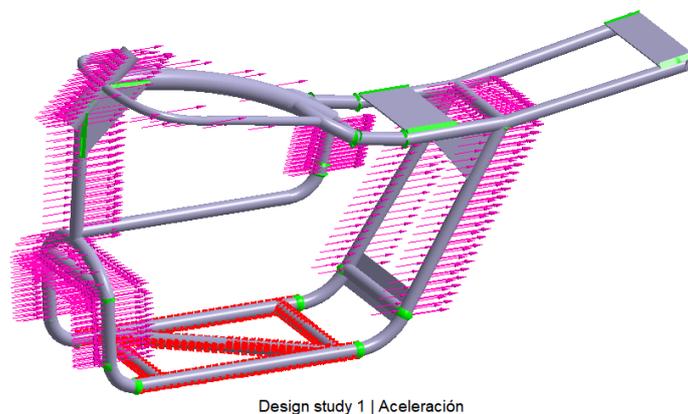


Esfuerzo de Aceleración

Al ser completamente opuesta a la fuerza de frenado, teniendo el mismo principio, pero en diferente dirección y con referencia a la tabla 3, se estima que la fuerza aplicada es de 639N.

Figura 55

Aplicación de fuerzas para el estudio de la fuerza de aceleración para el nuevo diseño

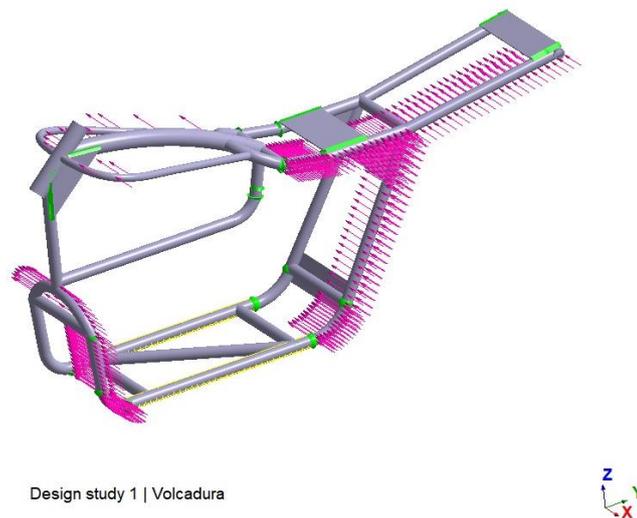


Esfuerzo de Volcadura

Para simular el peor de los casos de conducción, el caso de volcadura representa una situación en donde el chasis con todos sus elementos y su conductor son desplazados abruptamente a una sola dirección, según la tabla 3, este esfuerzo es de 1800 N.

Figura 56

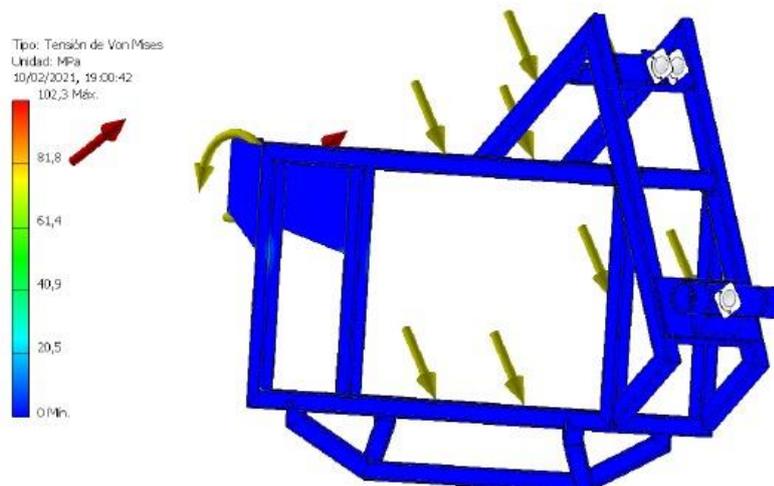
Aplicación de fuerzas para el estudio de la fuerza de volcadura para el nuevo diseño



Resultados Preliminares del Chasis Original

Figura 57

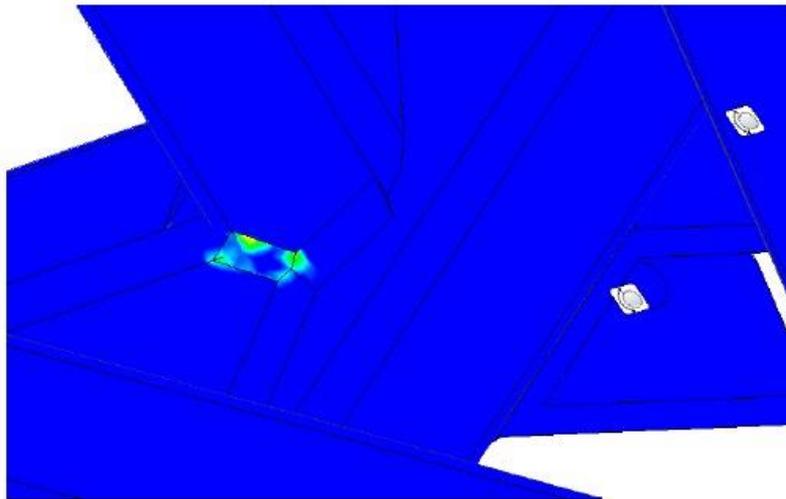
Tensión de Von Mises en chasis original (Segovia, 2021)



El estudio de (Segovia, 2021) realiza un solo análisis de Von Mises en su diseño, en un caso donde todas sus fuerzas de estudio son aplicadas a la vez: peso de la batería, peso del controlador electrónico y peso del conductor y pasajero. Se muestra en la figura 49 que solo existe un esfuerzo en las juntas no mayor a 60 MPa.

Figura 58

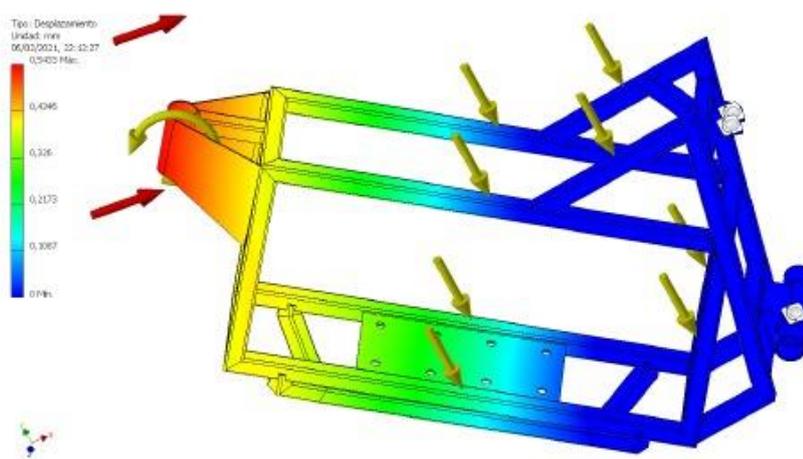
Juntas soldadas sometidas a presión (Segovia, 2021)



También como parte del estudio se realizó una simulación de la deformación máxima con las fuerzas aplicadas anteriormente, alcanzando un desplazamiento máximo de 0,54 mm en el eje de la dirección debido a la acción de la fuerza de frenado.

Figura 59

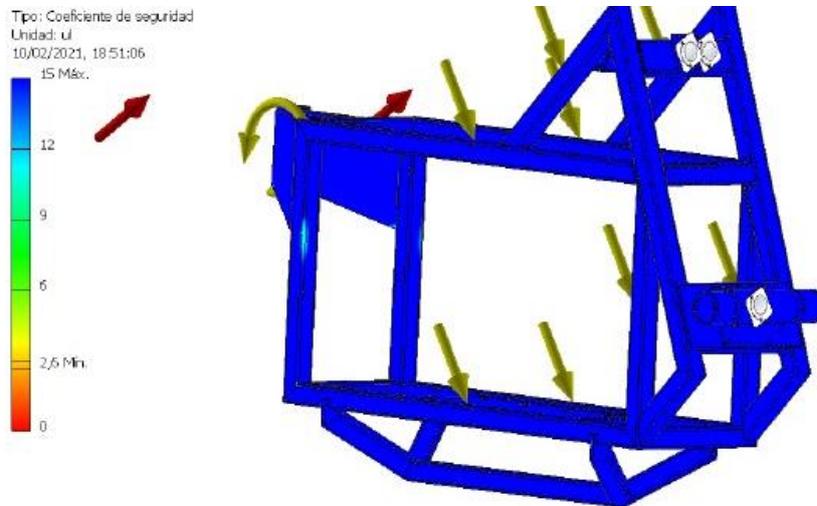
Desplazamiento máximo de chasis original (Segovia, 2021)



El análisis también en el programa usado determinó el factor de seguridad del chasis, siendo este un mínimo de 2.6 en las zonas de mayor esfuerzo.

Figura 60

Gráfica de coeficiente de factor de seguridad de chasis original

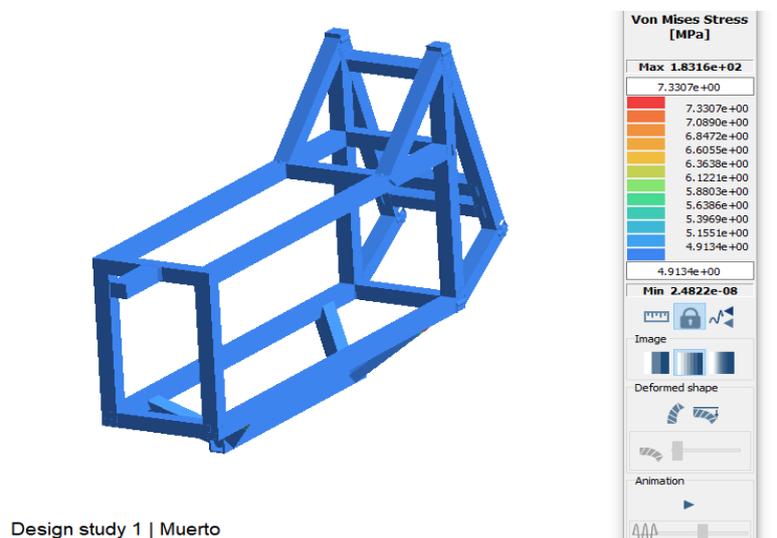


Resultados Preliminares del Rediseño de Chasis Original

Peso Muerto. El chasis posterior soporta su propio peso y en ninguno de sus puntos de unión se observan deformaciones o esfuerzos, en todo el diseño se contempla un esfuerzo de 4.91 MPa en todo el chasis.

Figura 61

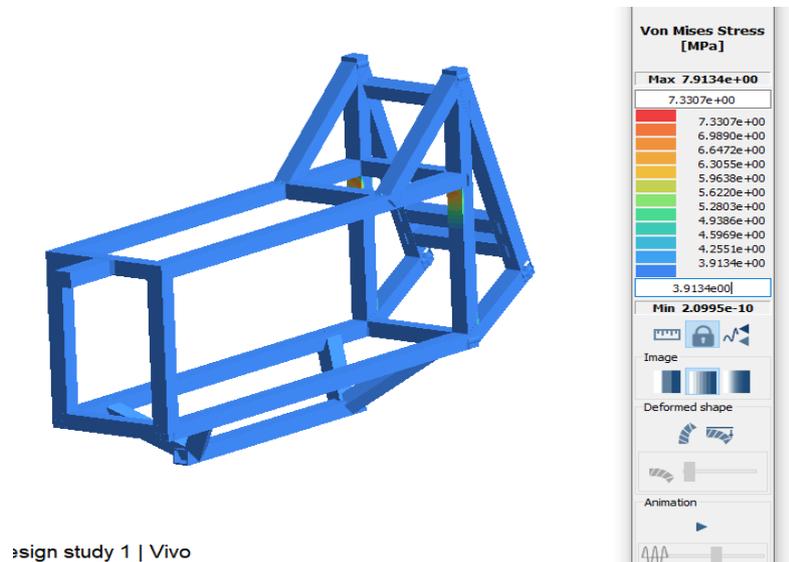
Resultados de análisis de peso muerto del rediseño del chasis original



Peso Vivo. Se muestra que, al aplicar el peso de su conductor, este tiene puntos de esfuerzos que son contemplados en los puntos de unión más cercanos al mismo, teniendo un esfuerzo máximo aproximado de 7.330 MPa

Figura 62

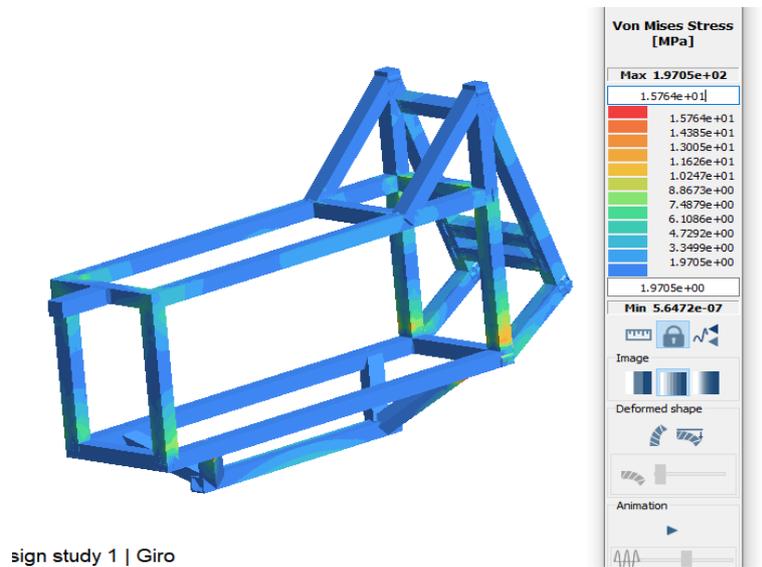
Resultados de análisis de peso vivo del rediseño del chasis original



Esfuerzo de Giro. En el estudio de esfuerzos de giro del chasis, está sometido a una considerable cantidad de esfuerzos en sus puntos de unión, haciendo especial énfasis en las uniones que sostienen el cuerpo principal del chasis, se contempla un esfuerzo máximo de 14.38 MPa en los puntos más bajos del chasis con respecto al suelo.

Figura 63

Resultados de análisis de giro del rediseño del chasis original

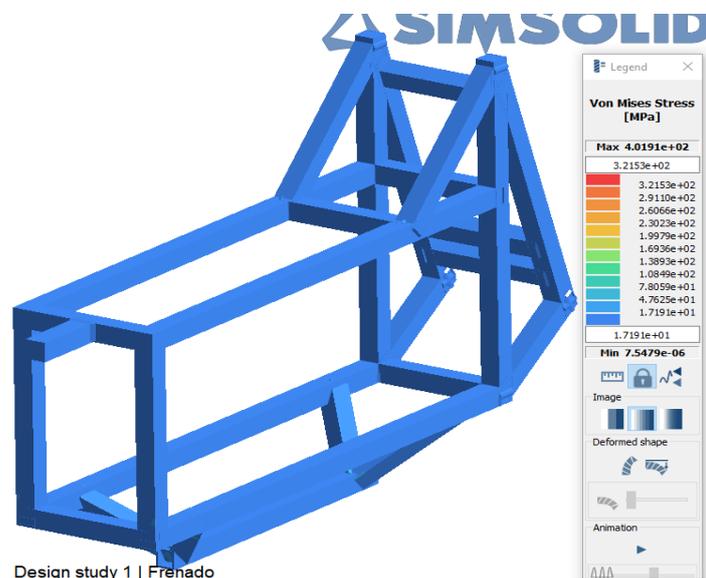


Esfuerzo de Frenado.

Se observa que el chasis soporta la fuerza de mayor manera en los puntos más bajos del chasis con respecto al piso teniendo un esfuerzo mínimo de 17.19 MPa según la tabla de Von Mises generada.

Figura 64

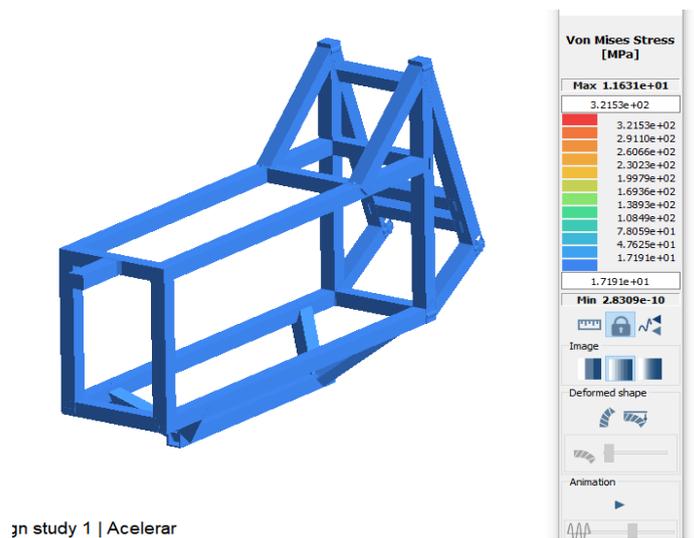
Resultados de análisis de frenado del rediseño del chasis original



Aceleración. En las fuerzas de aceleración y frenado se observan esfuerzos similares en los puntos de unión más próximos al suelo, al ser la parte que sufre más esfuerzo al momento de salir del reposo y al detenerse, se obtiene el mismo resultado que en el caso de frenado, 17.19 MPa.

Figura 65

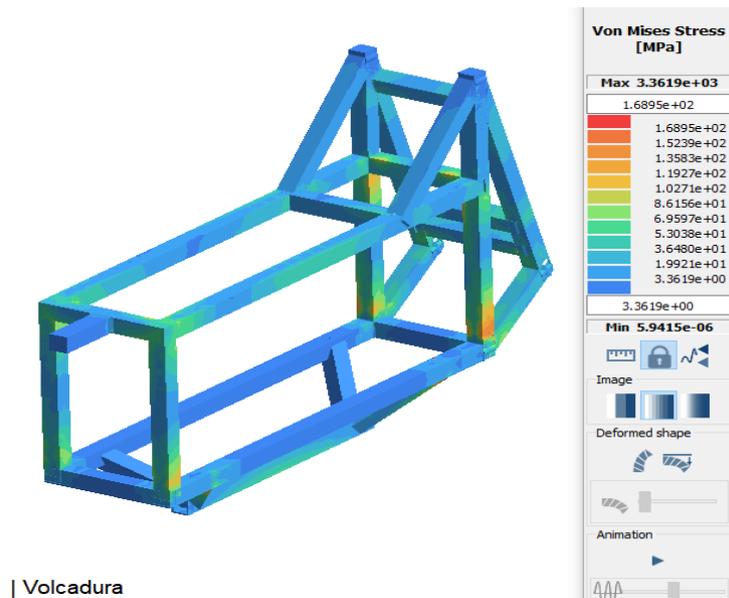
Resultados de análisis de aceleración del rediseño del chasis original



Volcadura. Están representadas las fuerzas a las que el chasis se vería sometida en caso de un accidente, se observan una gran cantidad de esfuerzos considerables en la simulación sobre todo en los elementos que tienen ángulos más cerrados en el chasis, en los puntos más afectados el resultado llega hasta 153.39 MPa.

Figura 66

Resultados de análisis de volcadura del rediseño del chasis original



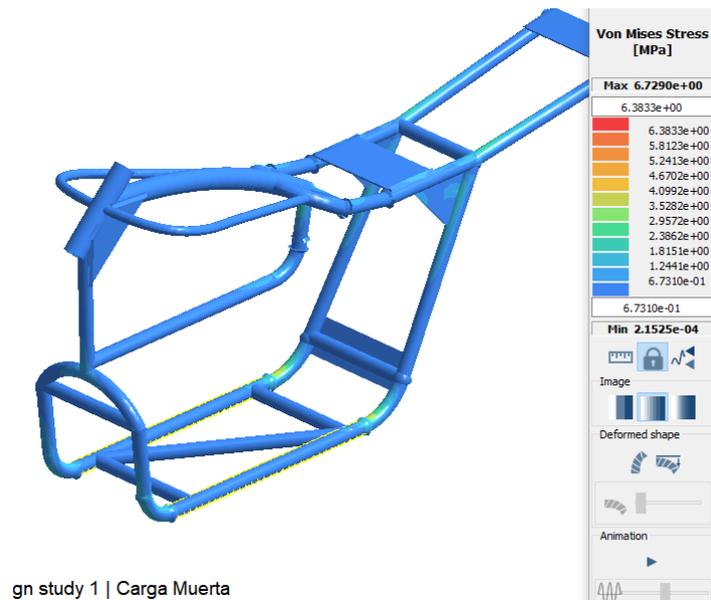
Resultados del Nuevo Chasis

Se realizan los mismos pasos para obtener la simulación, con esfuerzos distribuidos de manera diferente en el chasis se obtienen los resultados que podrán ser analizados, si resultara en una opción segura y mejor con respecto al prototipo anterior, comprobada por un análisis del criterio de Von Mises y el cálculo del factor de seguridad, se podrá empezar con la construcción y manufactura de este modelo para su posterior aplicación práctica.

Peso Muerto. En el nuevo chasis se contempla un esfuerzo máximo de 3.58 MPa al sostener su propio peso en la parte más baja del chasis.

Figura 67

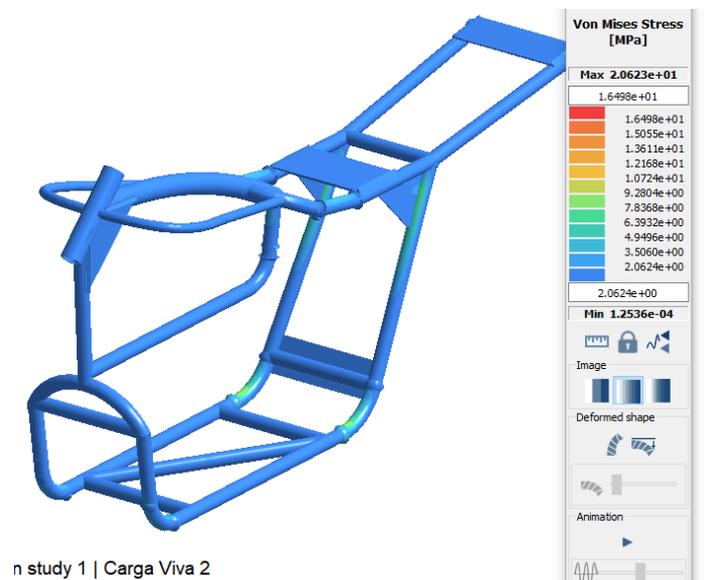
Resultados de análisis de peso muerto del nuevo diseño



Peso Vivo. El chasis muestra esfuerzo en puntos bajos de la estructura, al evitar tener elementos con ángulos rectos ni cerrados por la geometría del chasis, la curvatura de un mismo material ininterrumpido soporta de diferente manera a que si estuviera soldado, se observa un esfuerzo máximo de 9.28 MPa.

Figura 68

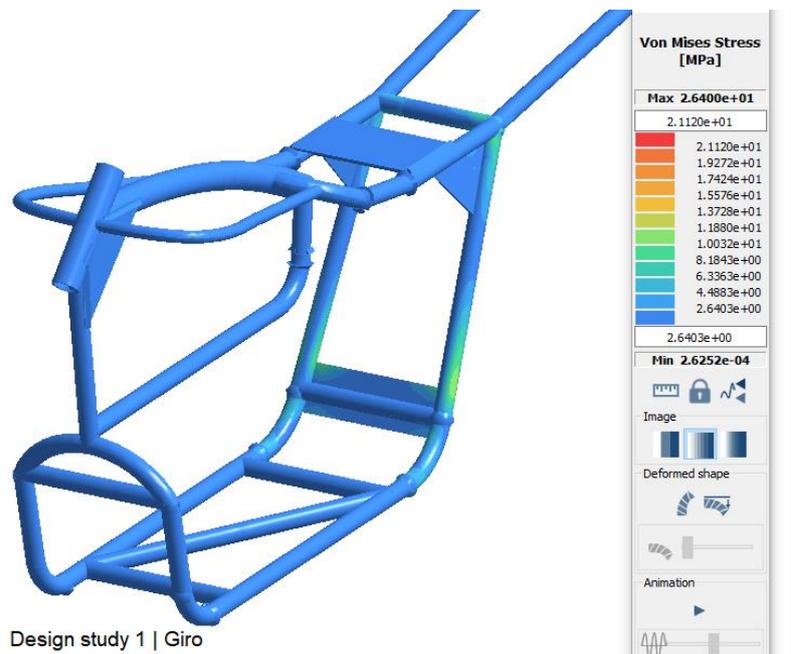
Resultados de análisis de peso vivo del nuevo diseño



Esfuerzo de Giro. Se contempla un reparto de las fuerzas aplicadas al chasis, no se observa un esfuerzo concentrado en la parte superior del chasis, haciendo que la parte trasera sea la que soporta también el esfuerzo, esto por el peso del piloto en el chasis que es disipado por los nervios, se contempla un esfuerzo máximo de 13.72 MPa.

Figura 69

Resultados de análisis del esfuerzo de giro del nuevo diseño



Esfuerzo de Frenado. Se observa que la fuerza también se reparte en el tubo que cruza la parte delantera del chasis donde se podrá sostener la controladora, al tener puntos que dispersan el esfuerzo se observa que es de máximo 12.67 MPa.

Figura 70

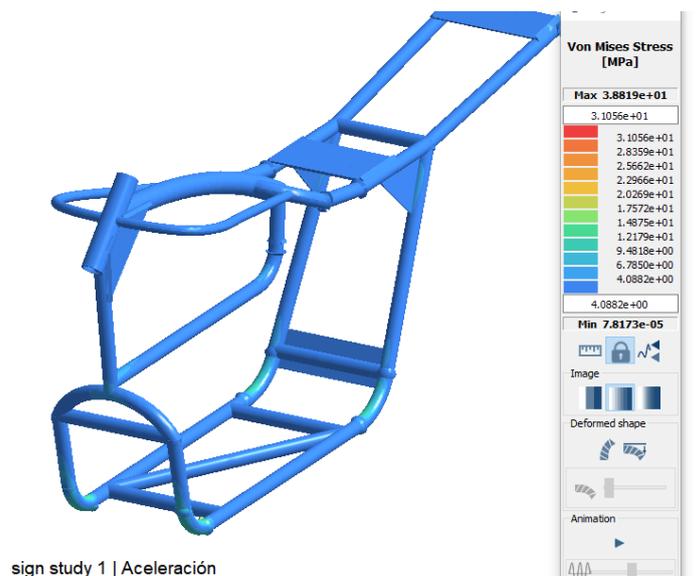
Resultados de análisis del esfuerzo de frenado del nuevo diseño



Aceleración. El nuevo chasis se observa que son resultados son iguales al caso de frenado por tratarse de un similar esfuerzo en direcciones contrarias, 12.67 MPa.

Figura 71

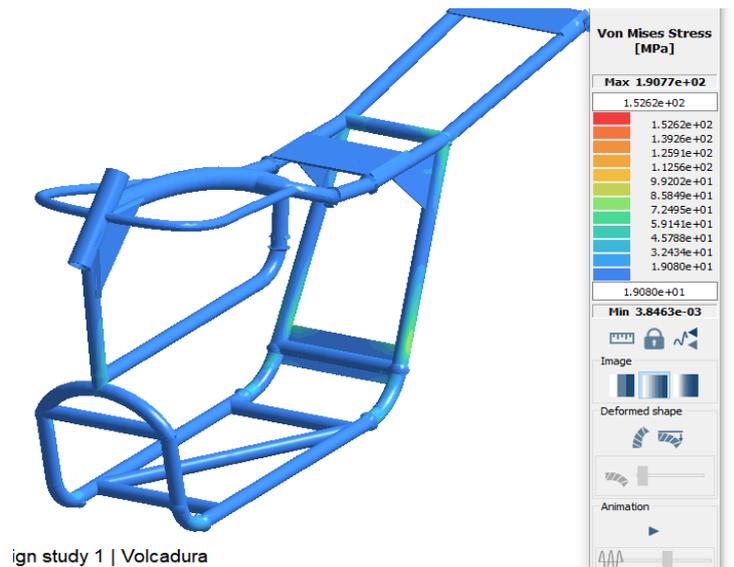
Resultados de análisis del esfuerzo de aceleración del nuevo diseño



Volcadura. Los elementos que se encuentran en ángulos cerrados son los que más resienten a la aplicación de las fuerzas, pero los nervios disipan parte de esta energía, según la tabla, este esfuerzo máximo es de 99.20 MPa.

Figura 72

Resultados de análisis de volcadura del nuevo diseño

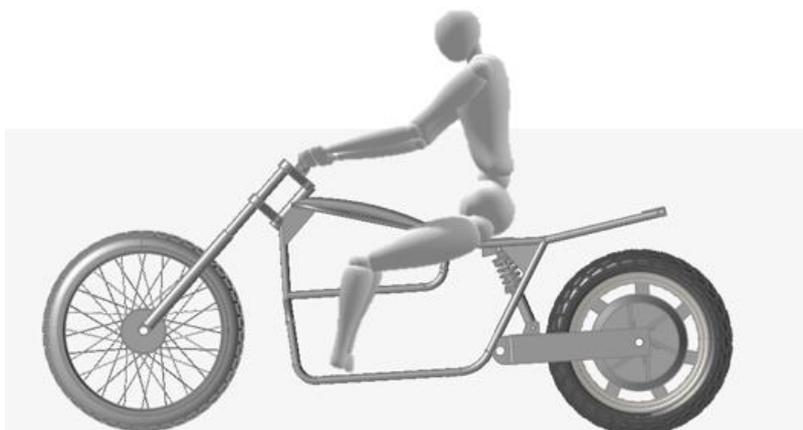


Diseño de Chasis Finalizado

Se contempla un adecuado funcionamiento del nuevo chasis para la moto eléctrica ecuatoriana, también cumpliendo con el análisis sobre el tipo de chasis dependiendo de la altura del conductor, destacando su estilo Custom para la comodidad del usuario.

Figura 73

Vista lateral de moto eléctrica ensamblada



Análisis de Resultados

Evaluación y consideraciones

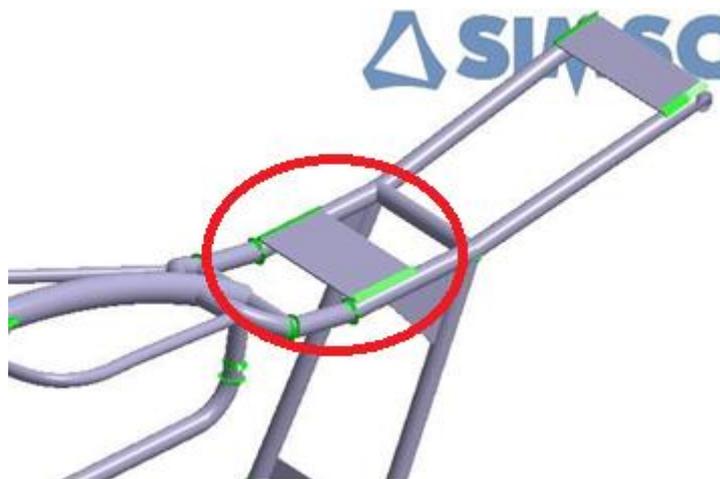
Analizados ambos elementos con todas las características del chasis original y un nuevo análisis considerando el peso de los elementos que llevará como la batería y la controladora, que se ubicará en el lugar superior del chasis almacenado en el lugar que llevaría el tanque de combustible si fuera una moto convencional, y una vez visto sus resultados, se procede a realizar el análisis de seguridad para comprobar mediante el criterio de Von Mises si el chasis diseño es seguro para su uso.

Análisis de Esfuerzos del Chasis

Para comprobar si el criterio de Von Mises generado por el software SimSolid son correctos, se realiza un análisis aislado aparte de la placa en el asiento del diseño que está siendo estudiado, dejando los tubos que lo sostienen como puntos fijos para el análisis, para luego comparar los resultados que tiene una medida de 20 cm de ancho y 10 cm de largo, con 3 mm de espesor del elemento.

Figura 74

Placa seleccionada para el estudio

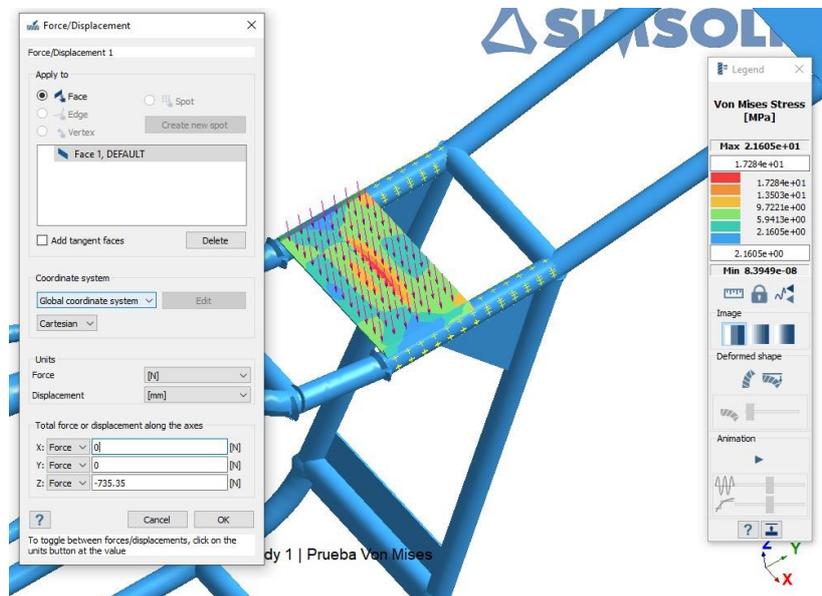


El Acero ASTM A53 tiene un esfuerzo de cedencia mínimo de 205 MPa o 30 Ksi y con el cálculo de criterio de Von Mises también se va a calcular el factor de seguridad para el elemento en cuestión, se aplica el el peso promedio de un adulto que será el piloto es de 75

Kg únicamente en un solo elemento, la placa de acero en el asiento del conductor y se observa en la figura 60 que, en el esfuerzo más importante en la placa, según el gráfico el criterio de Von Mises, es de 17.28 MPa.

Figura 75

Resultados Von Mises en SimSolid

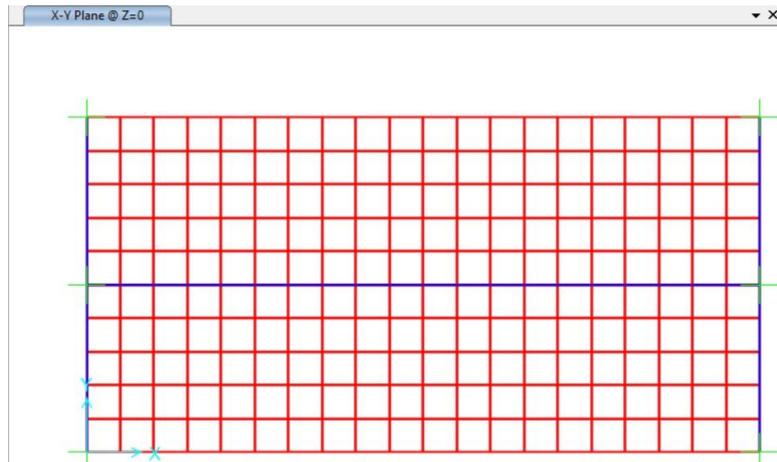


Para la comprobación de este elemento se usará un software diferente, SAP2000 es un software muy utilizado en el área de ingeniería estructural por ser especializado en la creación de elementos, tener un muy amplio sistema de medidas y pruebas que pueden ser ejecutadas a gran escala y comprobará fácilmente el elemento en cuestión. Con el fin de comprobar y comparar si los resultados de esfuerzos en Von Mises de ambos softwares son similares.

Para empezar, se crea un primer plano donde se especificarán las medidas el objeto a medir, como sus puntos de anclaje, 2 tubos a los extremos de la placa y 1 adicional que cruza por la mitad del elemento, donde se determinan como puntos fijos en el estudio y se representan en las líneas azules en la figura 61.

Figura 76

Diseño de placa y soportes en SAP2000



Los puntos donde interseca el mallado representa cada uno de los puntos donde estará repartida la presión, todas las medidas de los elementos pueden ser analizados, desde los tubos que servirán que soporte a la placa hasta las características del material.

Figura 77

Características del tubo de la estructura

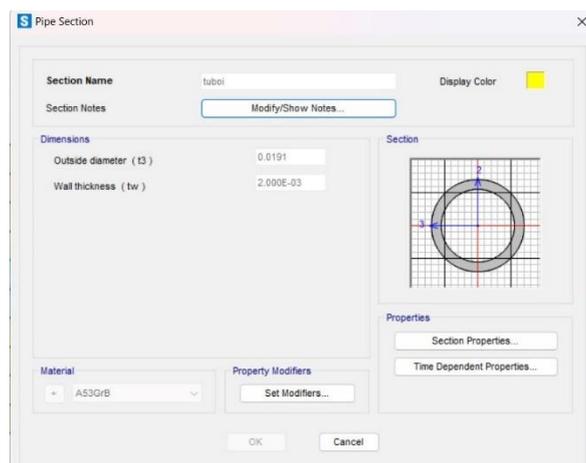
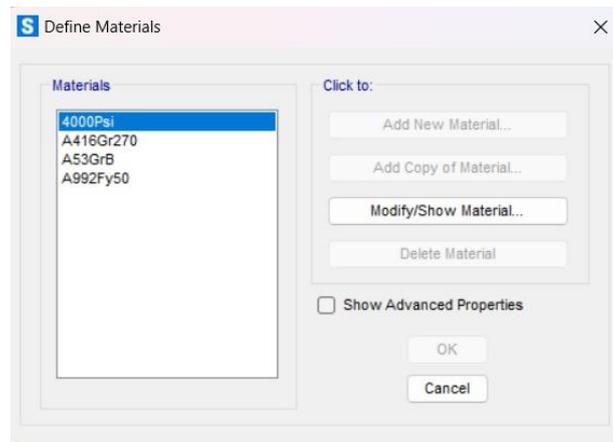


Figura 78

Selección de materiales en SAP2000



El criterio de Von Mises usa los valores principales o componentes principales de tensión en las direcciones donde se aplicará la fuerza en el elemento de estudio con la siguiente ecuación:

Ecuación 1

Criterio de Von Mises

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Donde se considera todas las fuerzas aplicadas en todos los planos del elemento a estudiar, el criterio de Von mises se usa generalmente una situación ideal donde el cuerpo está sometido a fuerzas iguales en todas las direcciones de manera equitativa, el uso de softwares reduce el cálculo matemático a resultados más eficientes.

Una vez obtenido el plano donde se aplicarán las fuerzas, se crea una situación aislada donde se pondrá el esfuerzo sobre el material, igual que en el nuevo diseño del chasis, se aplicará la carga viva, es decir, el peso del conductor adulto promedio solo en esta placa: 75 Kg.

Figura 79

Creación de perfil de carga viva

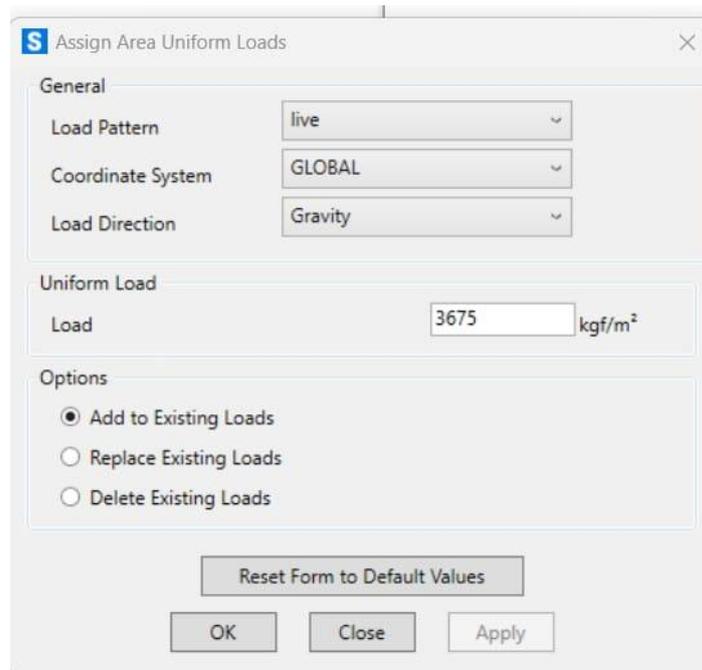
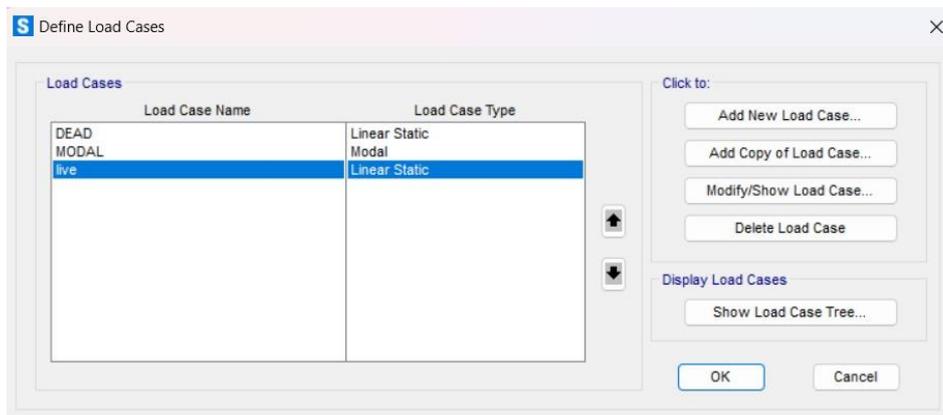


Figura 80

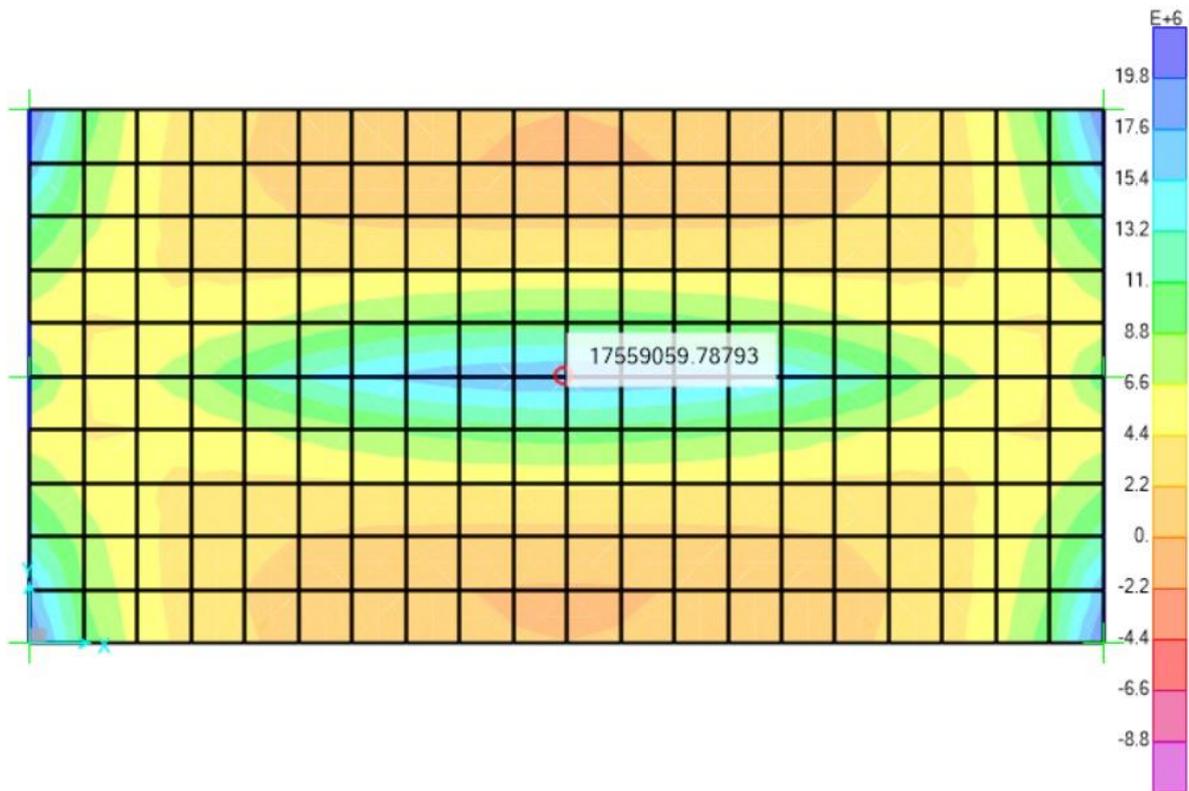
Perfil aplicado a la placa



Tras el procesamiento de los datos, se obtiene un gráfico donde se evidencia medidas similares entre el objeto de estudio en el software de SimSolid y SAP2000; las unidades en MPa son muy similares, dando que en el área central con una alta tensión es de 17559059.78 N/m², que es 17.55 MPa en SAP2000 y 17.28 MPa en SimSolid.

Figura 81

Resultado de tensión de Von Mises en SAP2000



Una vez comprobado el resultado del coeficiente de Von Mises, se obtiene el factor de seguridad que es un cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido, se toma el esfuerzo del caso de volcadura al ser el caso que genera más esfuerzo en el chasis.

Ecuación 2 *Factor de Seguridad*

$$\sigma_{VM} = \frac{Sy}{n}$$

En donde

σ_{VM} : Criterio de Von Mises

Sy : Esfuerzo de cedencia mínimo

n : Factor de seguridad

Ecuación 3

Factor de Seguridad en nuevo diseño

$$99.20 \text{ MPa} = \frac{205 \text{ MPa}}{n}$$

$$n = \frac{205 \text{ MPa}}{99.20 \text{ MPa}}$$

$$n = 2.06$$

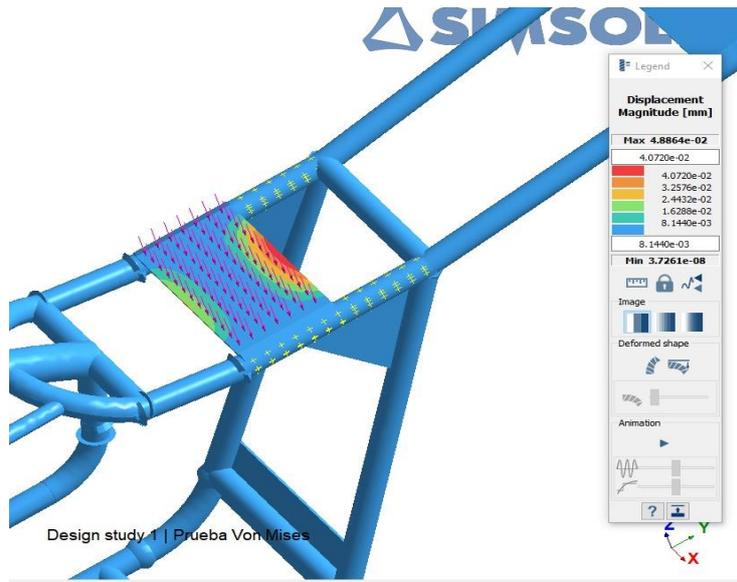
El resultado del factor de seguridad (n) es 2.06 en relación a sus propiedades y el esfuerzo al que el chasis va a estar sometido, en el análisis estructural en general si este coeficiente es mayor a 1, aunque para partes automotrices se estima que un mínimo de 1.5, se considera seguro (Whatispiping.com, 2022) y en este estudio se demuestra un adecuado factor de seguridad de la estructura, se estima que este valor es por la función misma del chasis que soportará pesos bajos y su geometría simple y conservadora evita generar grandes esfuerzos en sus elementos.

En el caso de volcadura se puede observar finalmente un cálculo de Von Mises de 99.20 MPa aproximadamente y tomando en cuenta que el esfuerzo de cedencia del acero es de 30 Ksi o 205 MPa el chasis demuestra ser seguro para la aplicación de este estudio, siendo concordante con la tabla y el análisis producido por el programa SimSolid, queda demostrada su eficacia en la generación de modelos y diseños. (Normalización, 2016)

Se determina con SimSolid que la deformación y desplazamiento que sufrirán las partes del prototipo es igual a 0.0407 mm, una cifra despreciable e imperceptible para la consideración del proyecto, en base al análisis de los resultados se puede considerar que el diseño es válido y seguro para el siguiente paso del proceso.

Figura 82

Deformación de la placa de estudio



Centro de gravedad

Para un análisis posterior del funcionamiento total de la moto ya ensamblada con sus demás elementos, se procede a determinar el centro de gravedad de la misma con las contemplaciones ya previstas en el estudio de condiciones específicas con esfuerzos como el peso muerto del chasis con sus elementos; también el peso del conductor y añadiendo por último los demás elementos tales como el motor, el basculante y las ruedas.

Las nuevas dimensiones de la moto, después de haber sido integrado sus elementos son las siguientes:

- Largo total de moto: 1970 mm
- Ancho de moto: 450 mm
- Distancia entre ejes: 1680 mm
- Altura del asiento: 670 mm
- Ángulo de lanzamiento: 20.4°

Para calcular la distribución de peso de cada eje, se considera al vehículo como un sólido rígido, sobre un plano recto horizontal y sin ningún tipo de aceleración o movimiento.

- Peso total de la moto: 95 kg
- Peso del piloto: 75 kg
- Peso total: 170 kg

La ubicación del centro de gravedad se determinó teóricamente calculando por separado el peso de los elementos de la moto y se obtienen los siguientes datos.

- Eje delantero: 70 kg
- Eje trasero: 100 kg

El porcentaje de distribución de los ejes se calcula a partir de las ecuaciones:

Ecuación 4

Porcentaje de peso en el eje delantero.

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{\text{Peso eje delantero} \times 100\%}{\text{Peso total}}$$

$$\% \text{ Eje delantero} = \frac{70 \text{ kg} \times 100\%}{170} = 41.17 \%$$

Ecuación 5

Porcentaje de peso en el eje trasero

$$\% \text{ Eje trasero} = \frac{\text{Peso eje trasero} \times 100\%}{\text{Peso total}}$$

$$\% \text{ Eje trasero} = \frac{100 \text{ kg} \times 100\%}{170 \text{ kg}} = 58.83\%$$

Para una distancia entre ejes de 1680 mm, se encuentra la ubicación horizontal del centro de gravedad:

Ecuación 6

Distancia teórica del centro de gravedad desde el eje delantero.

$$1680 * 0.41 = 688.8 \text{ mm del eje delantero}$$

Ecuación 7

Distancia teórica del centro de gravedad desde el eje trasero.

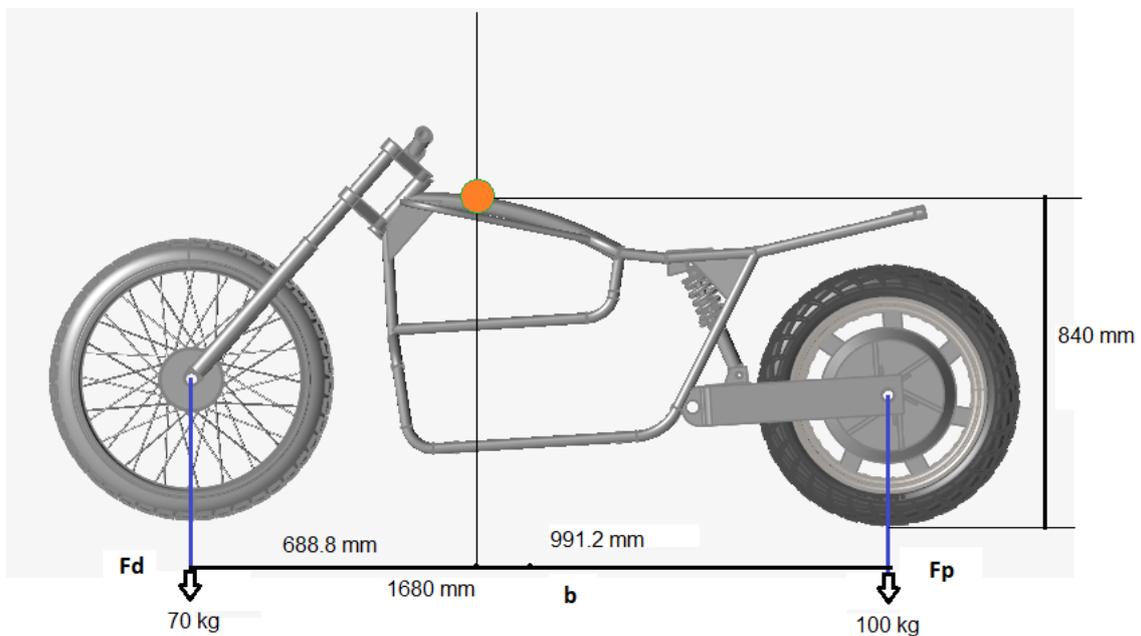
$$1680 * 0.59 = 991.2 \text{ mm del eje trasero}$$

En la práctica, la altura para el centro de gravedad suele ser la mitad de la distancia entre ejes, lo que implica que la mayoría de la fuerza de frenado sea ejercida por la rueda delantera.

(Cano, 2013)

Figura 83

Análisis del nuevo centro de gravedad



Construcción del Nuevo Chasis

Después de desarrollar las pruebas de las simulaciones para el nuevo chasis se procede a crearlo teniendo en cuenta los aspectos y consideraciones ya mencionados, con procesos de manufactura que permitan desarrollar los pasos a seguir con seguridad, para esto se usan los siguientes equipos y materiales:

- Dobladora hidráulica de 1 pulgada
- Varoladora
- Curvadora hidráulica 42-10
- Máquina de soldar tipo MIG
- Amoladora
- Discos de corte y desbaste de 120 mm para amoladora
- 5 metros de tubo redondo de Acero ISO II de $\frac{3}{4}$ de pulgada
- 3 metros de tubo redondo de Acero ISO II de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada
- 40 cm² de placa de acero de 3 mm de espesor

Con las medidas establecidas y los planos del nuevo chasis se procede a utilizar los equipos y herramientas para empezar a dar forma a los tubos de acero, contemplando las longitudes y curvaturas establecidas ya que el chasis se añadirá a los demás elementos como el basculante y el eje de dirección que ya tienen sus medidas determinadas.

Figura 84

Doblado de primeros elementos



El proceso de curvatura del material debe ser meticuloso cuando se mecanizan piezas que tienen una geometría que tiene que ser generadas en sentidos opuestos y se obtienen los elementos que servirán de referencia primero, usando materiales reciclados como soporte sobre el nivel recto de una mesa, para ensamblar todo con respecto a los planos.

Figura 85

Montaje sobre soporte



Figura 86

Comprobación de distancias para elementos



La comprobación constante de medidas es importante, deben asegurarse todos los elementos tengan un lugar adecuado en el chasis y no interfiera en ningún momento con el correcto desempeño de los mismos e incluso de la integridad misma del chasis y de su piloto.

Figura 87

Ensamblaje de chasis



La aplicación de “puntos” de suelda es útil en la medición y de ubicación de elementos en las primeras instancias de ensamblaje, pero cuando el chasis está listo, con las medidas y longitudes estipuladas en los planos se procede a asegurar todas las uniones con la máquina de soldar tipo MIG.

Figura 88

Aplicación de soldadura MIG para ensamblaje



Se colocan los elementos externos al chasis como el eje de dirección, basculante completo, amortiguador y el asiento para asegurar que la moto vaya tomando el aspecto deseado y verificar las distancias establecidas entre puntos, así como también la distancia del chasis con respecto al suelo.

Figura 89

Verificación de ensamblaje con los demás elementos



Es importante destacar que cuando se sigue un plano en concreto, con medidas, ángulos, longitudes y curvaturas ya definidas el trabajo práctico es más rápido y se obtienen los resultados esperados de manera más eficiente.

Figura 90

Primer montaje total para comprobación con los planos



Figura 91

Chasis armado



Análisis de precios

Tabla 4

Costo de materiales

Descripción	Unidad Comercial	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Tubo redondo Acero ¾ plg	6 metros	1	\$11.47	\$11.47
Tubo redondo Acero 1 ¼ plg	6 metros	1	\$24.71	\$24.71
Placa Acero 3.00	Unidad	0.04	\$85.00	\$3.93
Disco Corte	Unidad	2	\$2.00	\$4.00
Disco Desbaste	Unidad	2	\$1.37	\$2.71
Hoja Lija Punto 80	Unidad	4	\$0.40	\$1.60
Hoja lija Punto 150	Unidad	6	\$0.48	\$2.88
Cepillo de acero	Unidad	1	\$2.50	\$2.50
Anticorrosivo	0.25 Galón	1	\$5.75	\$5.75
Fondo pintura	0.25 Galón	1	\$4.80	\$4.80
Total:				\$62.68

Tabla 5*Costo de herramientas*

Descripción	Cantidad	Costo Dia
Amoladora	1	\$3
Entenalla o mordaza	1	\$3
Soldadora MIG	1	\$5
Esmeril	1	\$2
Compresor 8 hp	1	\$2
Dobladora Hidráulica 1 plg	1	\$5
Varoladora	1	\$5
Curvadora Hidráulica 42-10	1	\$5
Total diario:		\$30
Total 3 días:		\$90

El análisis de costos arroja como precio total un valor de \$152.68 (ciento cincuenta y dos dólares americanos y sesenta y ocho centavos) por la construcción del nuevo rediseño del chasis que se realiza en un laboratorio con los equipos necesarios, con un costo diario que contempla entre el tiempo de uso de cada herramienta, el coste de la electricidad y el uso en el espacio del laboratorio.

El chasis ecuatoriano para moto eléctrica se encuentra listo para ser ensamblado de nuevo con todas sus partes originales luciendo un diseño mucho más llamativo, ergonómico y seguro para el piloto y los elementos de la misma moto ya el último paso será la adición de elementos de anclaje conocidos como “orejas” en las partes del chasis donde su nuevo carenado irá atornillado al chasis demostrando así un chasis sólido, seguro y aerodinámico.

Conclusiones

- El proyecto demostró el proceso de mejora, si bien el chasis original demuestra que hubiera soportado las fuerzas aplicadas por su esfuerzo máximo de 60 MPa en el diseño original, en el rediseño con los casos específicos de esfuerzo, en el caso de volcadura, siendo este de un esfuerzo máximo de 153.39 MPa, considerando que el acero A53 tiene el límite elástico de 205 MPa, su construcción como tal era segura pero no resultaba ser eficiente tanto como la ergonomía y seguridad del usuario por el ángulo del asiento, así también como el ancho del chasis que impedía una posición óptima para conducir el vehículo y por su baja distancia sobre el suelo ponía en riesgo los elementos de la moto, el proceso de diseño se enfocó en crear una mejora contemplando estos detalles y para albergar los elementos eléctricos de manera más segura.
- Durante el desarrollo de la investigación se concluyó que el chasis simulado y fabricado con el acero A53 cumple con los requisitos básicos de diseño como un peso bajo y una buena resistencia, teniendo un límite elástico de 205 MPa y que el esfuerzo máximo obtenido en la simulación es de 99.20 MPa en el caso de volcadura, el chasis es seguro para su uso manteniéndose dentro de los parámetros de seguridad comprobados con el coeficiente de seguridad y el criterio de Von Mises y se demuestra su mejor desempeño con respecto al diseño original.
- El uso de tubos redondos para la construcción del nuevo chasis contribuyó a la premura del proyecto gracias al proceso de doblado que logra generar las piezas de manera más rápida para continuar con la construcción de la moto, se consideró esto al diseñar el modelo final, asegurando la integridad estructural y la calidad del producto final. Si bien un diseño con acero y procesos de soldadura podría producir geometrías más complejas y elevar el factor de seguridad, este proceso abarata los costos y permite diseños más rápidos. La selección del Acero A53 por su accesibilidad y propiedades, combinada con el diseño estudiado contribuyó

a obtener un chasis que cumple con las expectativas de resistencia y durabilidad necesarios para su aplicación en una moto eléctrica y está lista para que los demás proyectos se desarrollen sobre ella.

Recomendaciones

- Con el diseño propuesto, el uso de diferentes materiales de construcción podría incrementar la seguridad del conductor y sus elementos, además de realizar un nuevo estudio de precios y alcances para poder establecer estándares y regulaciones específicas en caso de patentar o realizar este modelo en producción masiva.
- Es importante considerar el impacto ambiental de la fabricación y el uso de las estructuras para motos eléctricas. Se recomienda realizar un análisis de ciclo de vida de las motos para evaluar el impacto ambiental de diferentes materiales, procesos de fabricación y etapas de vida útil del chasis. Esto permitirá identificar oportunidades para reducir la huella ambiental y promover la sostenibilidad en el diseño y la fabricación así también como el reciclaje y reutilización de los elementos.
- Es importante usar el chasis para el fin que fue creado y de acuerdo a todos los estudios y observaciones hechos en este trabajo, se deben evitar sobrecargas y malos hábitos de conducción como derrapes, maniobras acrobáticas, conducción en terrenos accidentados e impactos bruscos que pueden afectar negativamente la estructura del chasis.

Bibliografía

- Airoldi, A., Bertoli, S., Lanzi, L., Sirna, M., & Sala, G. (2012). *Design of a motorcycle composite swing-arm by means of multi-objective optimisation*. .
- Avila Chaurand, R. P. (2015). *Dimensiones Antropométricas de la población Latinoamericanas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz
- Balyi, I. H. (2005). *Journal of Chemical Information and Modeling*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/978-1-4641-7990-1>
- Baptista, L. F. (2004). *Metodología de la Investigación*. México, DF.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3.ª ed.)*. . Bogotá: Pearson.
- Bradley. (2012). *The Racing Motorcycle volume I*. Broadland.
- Cano, J. (2013). *Diseño y fabricación de un chasis de una motocicleta de 125cc 2T para I Competición Internacional Motostudent*. . Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Carburando. (2005). *Aventura en Cuatro Ruedas*, págs. 4-5.
- Casajús, L. (Diciembre de 2001). *Centro Zaragoza*. Obtenido de http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R10_A1.pdf
- Chen, F., Brown, G., & Song, M. (2000). *Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods*. .
- Conoce el funcionamiento, tipos y usos del chasis en las motocicletas*. . (2017). Obtenido de https://revistamoto.com/wp_rm/tipos-de-chasis-en-la-motocicleta/

- Correa, E. B. (2007). *Corrosión del acero al carbono, acero galvanizado y aluminio en diferentes atmosferas colombianas*. Pereira: Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.
- Couoh, R. (2019). *Laminasyaceros*. Obtenido de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/proceso-de-soldadura-tig>
- Cusquisiban, W. (2019). *Diseño de un marco de motocicleta trial utilizando dimensiones antropomórficas del piloto y tecnologías de las bicicletas Downhill para reducir el peso del mismo*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Dolz, S. (s.f.). *Motoadictos.es*. Obtenido de motoadictos.es/listado-medidaspeso-de-nuestras-motos/#
- Escamilla, J. (18 de Enero de 2016). *Curso Básico de Motos*. Obtenido de <http://cursodemotos.blogspot.com>
- España En Moto*. (2019). Obtenido de <http://espanaenmoto.com>
- Etrasa. (2005). *Manual Motocicleta Permisos A+A1+A2*. Tráfico Vial.
- Ferrocortes*. (2023). Obtenido de <https://www.ferrocortes.com.co/acero-4340/#:~:text=Se%20utiliza%20para%20la%20fabricación,%20discos%20de%20frenos%20piñones%20>
- Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling*. New York: ISBN.
- Gallego, F. (2017). *Análisis del comportamiento del chasis de una motocicleta en función del material de fabricación*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- García, I. (2013). *Diseño y desarrollo de una chasis de una motocicleta de 250cc para la "II Competición Internacional MotoStudent"*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Geometría básica de una motocicleta*. (2017). Obtenido de https://publimotos.com/mtips/61-tips_moto/1791-geometria-basica-de-una-motocicleta

- Gomis, G. (2019). *Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y Oportunidades Para la Colaboración Regional*.
- Guts, F. (2015). *EL CHASIS DE LA MOTO, Ese gran desconocido al que tanto debemos*.
Obtenido de <https://experienciasdeunmotero.wordpress.com/2015/06/11/el-chasis-de-la-moto-ese-gran-desconocido-al-que-tanto-debemos/>
- IPAC. (2023). Obtenido de <https://ipac-acero.com>
- Lladó, V. (s.f.). *OTTW - One Two Three Wheels*. Obtenido de <https://www.ottw.es/ottw/portfolio-glosario.php?idGlosario=238>
- López, J. (2009). *Diseño y Construcción de un Remolque con Capacidad Para Dos Motocicletas*. Quito.
- Monterrey, P. (2023). <https://panelyacanalados.com>. Obtenido de <https://panelyacanalados.com/blog/acero-a-36-propiedades-y-usos/>
- Morales, J. (2014). *Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente*.
Obtenido de <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/614>
- Mundo Motero*. (2023). Obtenido de <https://www.mundomotero.com/motos/>
- Naula, I., Albuja, G., Carrillo, A., & Izurieta, C. (2016). *Modeling and numerical simulation of the Richards equation for infiltration problems*. . UTE.
- Neches, L. (2015). *Optimización topológica de problemas elásticos planos utilizando el método de elementos de contorno*. . España.
- Normalización, S. E. (2016). *TUBOS DE ACERO AL CARBONO NEGROS Y GALVANIZADOS*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2470-1.pdf
- ONE. (2018). *National production percentage*. Quito.
- Rivera, N., L. G., Aguilar, Y., & Tandazo, A. (2017). *Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad del sistema de inyección del motor CI4NE*. Cuenca: Abya-Yala.

- Segovia, J. (2021). *Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica para homologación ecuatoriana*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Silvestre, C., & Robles, N. (2017). *Diseño y Optimización Topológica de Rockers para un modelo de Formula Student*. . Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Soldadura por electrodo, TIG y MIG (inoxidable y aluminio)*. . (2023). Obtenido de <https://provialmex.com.mx/manufactura/soldadura-por-electrodo/>
- Telea, A., Maccari, A., & Riva, C. (2002). *An open toolkit for prototyping reverse engineering visualizations*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/697b/b3de61580540d7fab27d1396b2a08296c0d7.pdf>
- Titular Derivado. (2021). *Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial*. Quito, Ecuador: Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Tubo Redondo Negro ISO II*. (2021). Obtenido de <https://metalhierro.com/producto/2720-tubo-redondo-de-caneria-negro-iso-ii>
- Urbán, P. (2010). *Contrucción de Estructuras Metálicas 4ta Edición*. Editorial Club Universitario.
- Valerga, A., Batista, M., Bienvenido, R., Fernandez-Vidal, S., Wendt, C., & Marcos, M. (s.f.). *Reverse Engineering Based Methodology for Modelling Cutting Tools*. In *Procedia Engineering* . Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.607>
- Vélez, L. (2014). *Diseño, simulación y análisis de un chasis de moto para motor wankel*. . Madrid: Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III.
- Verma, R. (2018). *¿Cómo se fabrica la fibra de carbono?* Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/cómo-se-fabrica-la-fibra-de-carbono-rakesh-verma>

Whatispiping.com. (20 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://whatispiping.com/factor-de-seguridad/>

Yagual, D. (4 de Octubre de 2014). *Slideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/dussanyagual/reforzamientos-de-estructuras>

Anexos

Figura 92

Estado original del primer modelo de moto eléctrica



Figura 93

Recreación del primer modelo de moto

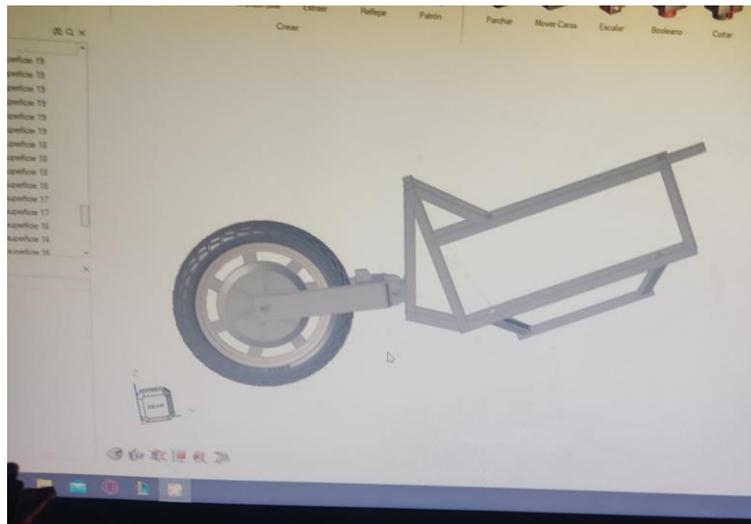


Figura 94

Ensamblaje de cada pieza en el nuevo modelo

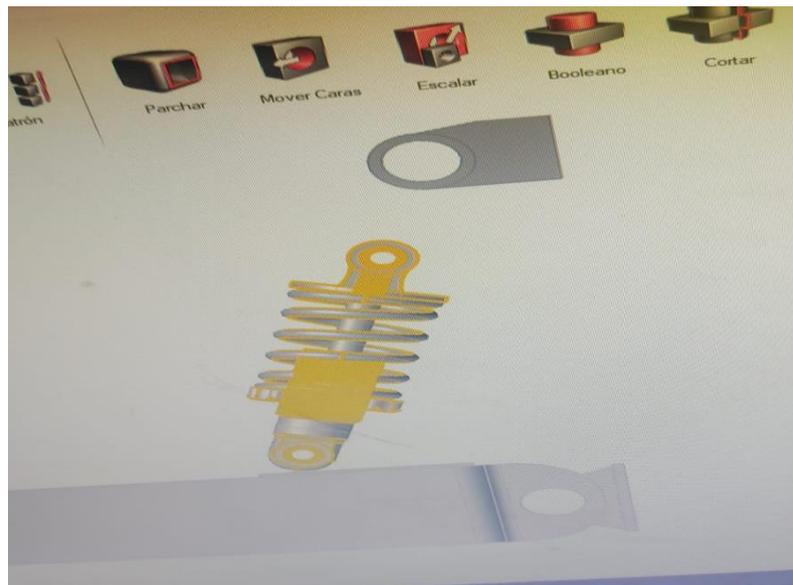


Figura 95

Ubicación de los elementos en proceso de ensamblaje



Figura 96

Comprobación de las medidas con respecto al diseño de los elementos por dibujo asistido por computadora



Figura 97

Cotización de precios para nuevo chasis

ORD		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	% DES	P.V.P.	SUBTOTAL	
1		770020	TUBO NEGRO ISO II 3/4	1.00	0.00	11.4000	11.40	
2		770030	TUBO NEGRO ISO II 1 1/4	1.00	0.00	24.7000	24.70	
3		180105	DISCO CORTE METAL 4 1/2X1/16 GRINDING (111028)	1.00	0.00	2.0000	2.00	
4		180901	DISCO DESBAS 4 1/2 X 1 1/4 DWALL (8HD150Z)	1.00	0.00	1.3700	1.37	
5		410300	PLANCHA LIC 3.00 (70.11)	1.00	0.00	85.0000	85.00	
Son CIENTO VEINTICINCO 48/100							Subtotal Imponible	124.47
							Subtotal No Imponible	0.00
AUTORIZADO							10.00% Descuento	12.45
ACEPTACIÓN CLIENTE							Subtotal	112.02
							12% I.V.A.	13.44
							TOTAL	125.46

LA PRESENTE COTIZACIÓN TIENE VIGENCIA POR 1 DIA, Y ESTA SUJETA A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO AL CLIENTE.