



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO MINI T-REX
MONOPLAZA DE 100CC PARA MOVILIDAD INTERNA DE LOS
ESTUDIANTES DENTRO DEL CAMPUS EN LA ESPOCH.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

OSCAR EDUARDO HERRERA SANTAMARIA

BRYAN STALIN PILLA MOYOLEMA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI T-REX MONOPLAZA
DE 100CC PARA MOVILIDAD INTERNA DE LOS ESTUDIANTES
DENTRO DEL CAMPUS EN LA ESPOCH.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: OSCAR EDUARDO HERRERA SANTAMARIA

BRYAN STALIN PILLA MOYOLEMA

DIRECTOR: Ing. VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Oscar Eduardo Herrera Santamaria & Bryan Stalin Pilla Moyolema

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

Nosotros, Oscar Eduardo Herrera Santamaria & Bryan Stalin Pilla Moyolema, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de junio del 2023



Oscar Eduardo Herrera Santamaria

C.I. 180439892-1

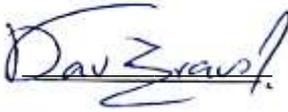
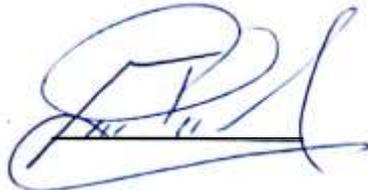


Bryan Stalin Pilla Moyolema

C.I. 180524444-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI T-REX MONOPLAZA DE 100CC PARA MOVILIDAD INTERNA DE LOS ESTUDIANTES DENTRO DEL CAMPUS EN LA ESPOCH**, realizado por los señores: **OSCAR EDUARDO HERRERA SANTAMARIA & BRYAN STALIN PILLA MOYOLEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Milton Israel Quinga Morales PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-01
Ing. Victor David Bravo Morocho DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-01
Ing. Edison Patricio Abarca Pérez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-01

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amados padres que siempre me apoyaron con palabras de aliento y consejos para seguir adelante, quienes supieron guiarme por el camino del esfuerzo y la rectitud dándome su confianza y creyendo en mi capacidad, a mis hermanos que fueron guía y consejo en las decisiones más importantes a tomar en el transcurso de mi vida estudiantil en especial a mi hermano Luis quien a pesar de la distancia me ha apoyado para culminar mis estudios, a mi compañero de tesis el cual fue pilar fundamental para la culminación de este trabajo. “Mantén tu corazón ardiendo y supera tus límites”

Oscar

Este trabajo de integración curricular está dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres por encaminarme correctamente y alentarme a ser mejor como persona cada día, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado para poder culminar cada etapa de la carrera. También dedico este trabajo a cada persona que formó parte de este proceso de formación académica personas fuera del núcleo familiar como lo son tíos (as), primos (as) entre muchos otros, así como compañeros y amigos que me apoyaron incondicionalmente.

Bryan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por encomendarme a una maravillosa familia quienes han sido el pilar fundamental para yo culminar esta etapa de mi vida, agradezco también a la universidad quien me acogió y me brindo el conocimiento necesario para salir al campo laboral.

Oscar

Agradezco a la carrera de Ingeniería Automotriz que pertenece a la ESPOCH por brindarme el conocimiento necesario durante la formación profesional, además de ello agradezco tanto al director y asesor de este trabajo de integración curricular por encaminarme correctamente para la culminación de este trabajo.

Bryan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4.3. <i>Alcance</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Estado del arte.....	6
2.2. Motor de combustión interna.....	7
2.2.1. <i>Clasificación de los MCIA</i>	8
2.2.2. <i>Según el modo de realizar el ciclo</i>	8
2.2.2.1. <i>Motores de cuatro tiempos</i>	8
2.2.2.2. <i>Motores de dos tiempos</i>	9
2.3. Carburador.....	11
2.3.1. <i>Tipos de Carburadores</i>	11
2.3.1.1. <i>Carburadores de tiro natural</i>	12
2.3.1.2. <i>Carburador de tiro hacia arriba</i>	12
2.3.1.3. <i>Carburador de tiro descendente</i>	13

2.3.1.4.	<i>Carburador VM o de tiro directo</i>	13
2.3.1.5.	<i>Carburador SU o a depresión</i>	13
2.4.	Chasis Tubular	14
2.5.	Sistema de dirección	14
2.5.1.	<i>Despiece del sistema de dirección</i>	15
2.5.2.	<i>Geometría de la motocicleta</i>	16
2.5.2.1.	<i>Avance</i>	16
2.5.2.2.	<i>Eje de dirección</i>	17
2.5.2.3.	<i>Ángulo de lanzamiento</i>	17
2.5.3.	<i>Distancia entre ejes (batalla o base)</i>	18
2.6.	Kit de arrastre	18
2.6.1.	<i>Eje de transmisión</i>	18
2.6.2.	<i>Piñón de salida</i>	19
2.6.3.	<i>Catalina</i>	19
2.6.4.	<i>Cadena</i>	19
2.7.	Neumáticos	19
2.8.	Sistema de frenos	20
2.9.	Accesorios complementarios	21
2.9.1.	<i>El asiento</i>	21
2.9.2.	<i>Tanque de combustible</i>	21
2.10.	Software CAD/CAE	22
2.10.1.	<i>CAD/ Diseño asistido por computadora</i>	22
2.10.2.	<i>CAE/ ingeniería asistida por computadora</i>	22
2.11.	Método de Elementos Finitos (MEF)	23
2.11.1.	<i>Mallado</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Modalidad de investigación	24
3.1.1.	<i>Investigación bibliográfica</i>	24
3.1.2.	<i>Investigación experimental</i>	24
3.2.	Diagrama metodológico	25
3.3.	Materiales y herramientas	26
3.4.	Diseño	28
3.4.1.	<i>Selección del material</i>	28

3.4.1.1.	<i>Acero estructural ASTM A36</i>	29
3.4.2.	<i>Diseño del chasis</i>	30
3.4.2.1.	<i>Modelado del chasis en software CAD (SolidWorks)</i>	30
3.4.2.2.	<i>Parámetros de simulación y consideraciones a tomar en cuenta.</i>	36
3.4.3.	<i>Diseño del eje posterior</i>	37
3.4.3.1.	<i>Fuerzas que se ejercen sobre la rueda del vehículo</i>	37
3.4.3.2.	<i>Cálculos de la cadena de la transmisión principal</i>	38
3.4.3.3.	<i>Fuerzas transmitidas al eje</i>	40
3.4.3.4.	<i>Análisis de fueras y reacciones que se encuentran presentes en el eje</i>	41
3.4.3.5.	<i>Cálculo del factor de seguridad a fatiga del eje</i>	45
3.4.4.	<i>Cálculo del factor de seguridad del chavetero</i>	48
3.4.4.1.	<i>Cálculo del factor de seguridad para la chaveta</i>	50
3.4.5.	<i>Cálculo de radio de giro y selección del ángulo de lanzamiento</i>	50
3.4.6.	<i>Modelado del eje posterior</i>	52
3.4.7.	<i>Asignación material ASTM A36</i>	53
3.4.8.	<i>Mallado</i>	53
3.4.8.1.	<i>Calidad de malla</i>	54
3.4.9.	<i>Fuerzas y soportes en el eje posterior.</i>	54
3.5.	<i>Análisis CAE (Ansys) del chasis</i>	55
3.5.1.	<i>Mallado</i>	55
3.5.2.	<i>Calidad de malla</i>	56
3.5.3.	<i>Fuerzas y soportes presentes en el chasis.</i>	57
3.6.	<i>Desarrollo del proyecto</i>	57
3.6.1.	<i>Diagrama del proceso de construcción del prototipo</i>	57
3.7.	<i>Construcción del prototipo</i>	59
3.7.1.	<i>Construcción del chasis</i>	59
3.7.1.1.	<i>Compra de material</i>	59
3.7.1.2.	<i>Proceso de doblaje de tubos</i>	59
3.7.1.3.	<i>Medición</i>	61
3.7.1.4.	<i>Corte del material</i>	61
3.7.1.5.	<i>Selección del método de soldadura</i>	62
3.7.1.6.	<i>Proceso de soldadura</i>	65
3.7.1.7.	<i>Inspección de soldadura</i>	66
3.8.	<i>Motor AX100</i>	67
3.8.1.	<i>Reacondicionamiento e instalación del motor en el chasis.</i>	67
3.8.2.	<i>Instalación de los sistemas involucrados en el funcionamiento del prototipo</i>	68

3.8.2.1.	<i>Instalación del kit de arrastre y aceleración</i>	68
3.8.2.2.	<i>Instalación de sistema de freno</i>	70
3.8.2.3.	<i>Instalación del sistema de dirección</i>	70
3.9.	Recursos	71
3.9.1.	<i>Recursos económicos</i>	71

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPREACIÓN DE RESULTADOS	74
4.1.	Eje posterior	74
4.1.1.	<i>Análisis estático del eje posterior</i>	74
4.1.1.1.	<i>Análisis de deformación máxima del eje posterior ensamblado.</i>	74
4.1.1.2.	<i>Análisis de deformación del eje</i>	75
4.1.1.3.	<i>Análisis del factor de seguridad del eje posterior ensamblado.</i>	75
4.1.1.4.	<i>Análisis del factor de seguridad del eje a fatiga</i>	76
4.1.1.5.	<i>Análisis del factor de seguridad de la chaveta</i>	77
4.1.2.	Análisis estático del chasis.	77
4.1.2.1.	<i>Deformación máxima</i>	77
4.1.2.2.	<i>Análisis de esfuerzo máximo del chasis.</i>	79
4.1.2.3.	<i>Análisis del factor de seguridad del chasis.</i>	79
4.1.2.4.	<i>Análisis a fatiga</i>	80
4.1.2.5.	<i>Factor de seguridad a fatiga</i>	81
4.1.2.6.	<i>Combinaciones según la norma NTE INEN 1323:2009</i>	82
4.2.	Toma de tiempos mediante dos medios de transporte	83
4.3.	Autonomía del prototipo	84

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1.	Conclusiones	85
5.2.	Recomendaciones	86

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Materiales y herramientas	26
Tabla 3-2:	Materiales y herramientas a utilizar en la fabricación.....	26
Tabla 3-3:	Propiedades del acero estructural ASTM A36	29
Tabla 3-4:	Perfil estructural (tubo circular).	34
Tabla 3-5:	Cargas consideradas en el estudio.	36
Tabla 3-6:	Características generales del chasis.....	36
Tabla 3-7:	Valores considerados para la simulación.	37
Tabla 3-8:	Factor de concentración de esfuerzo reducido para la fatiga en el cuñero.	49
Tabla 3-9:	Comparación entre ángulos de lanzamiento de diferentes motocicletas	51
Tabla 3-10:	Coefficientes y valores.	52
Tabla 3-11:	Características a tomar en cuenta para soldadura.....	63
Tabla 3-12:	Métodos de soldadura a aplicarse.....	63
Tabla 3-13:	Métodos aplicables en diferentes espesores.	64
Tabla 3-14:	Método seleccionado.....	64
Tabla 3-15:	Especificaciones del motor AX100 Suzuki	67
Tabla 3-16:	Costos directos empleados para adquisición de material.	71
Tabla 3-17:	Costos directos empleados para procesos.....	72
Tabla 3-18:	Costos indirectos usados en activos.	72
Tabla 3-19:	Costo total aproximado.	73
Tabla 4-1:	Deformación del eje ensamblado	74
Tabla 4-2:	Deformación del eje.	75
Tabla 4-3:	Factor de seguridad a fatiga.....	75
Tabla 4-4:	Factor de seguridad a fatiga del eje.....	76
Tabla 4-5:	Factor de seguridad a fatiga del eje.....	77
Tabla 4-6:	Resultados deformación chasis	78
Tabla 4-7:	Resultados de tensión equivalente.....	79
Tabla 4-8:	Resultados del factor de seguridad.....	80
Tabla 4-9:	Resultados de las combinaciones según la norma NTE INEN 1323:2009.....	82
Tabla 4-10:	Tiempos tomados caminando.....	83
Tabla 4-11:	Tiempos tomados por el vehículo prototipo.....	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Partes internas del MCIA	7
Ilustración 2-2:	Clasificación de los MCIA	8
Ilustración 2-3:	Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos.....	8
Ilustración 2-4:	Esquema del funcionamiento del motor de 2 tiempo	9
Ilustración 2-5:	Diagrama de distribución.	10
Ilustración 2-6:	Carburador.....	11
Ilustración 2-7:	Indicando la succión horizontal.....	12
Ilustración 2-8:	Tiro ascendente	12
Ilustración 2-9:	Tiro descendente	13
Ilustración 2-10:	Chasis tubular de un mini T-Rex.....	14
Ilustración 2-11:	Mecanismo de dirección utilizada en una moto	15
Ilustración 2-12:	Elementos del sistema de dirección.....	15
Ilustración 2-13:	Principales parámetros de la geometría.....	16
Ilustración 2-14:	Variación del descentramiento de la horquilla	17
Ilustración 2-15:	Eje de transmisión.	18
Ilustración 2-16:	Catalina y piñón.	19
Ilustración 2-17:	Neumáticos ATV y UTV	20
Ilustración 2-18:	Asiento mini T-Rex.....	21
Ilustración 2-19:	Tanque de combustible.....	22
Ilustración 3-1:	Diagrama metodológico	25
Ilustración 3-2:	Vista superior la parte posterior del chasis.....	31
Ilustración 3-3:	Vista frontal de la parte posterior del chasis.	31
Ilustración 3-4:	Vista frontal, partes de interés en el diseño.....	32
Ilustración 3-5:	Vista lateral derecha.	32
Ilustración 3-6:	Vista frontal del modelado del trinche.	33
Ilustración 3-7:	Mesas y anclajes.....	33
Ilustración 3-8:	Modelado de la mesa.....	34
Ilustración 3-9:	Asignación en software CAD.....	34
Ilustración 3-10:	Chasis con perfiles y sujeciones para componentes.....	35
Ilustración 3-11:	Ensamblaje del chasis y trinche.	35
Ilustración 3-12:	Diagrama del neumático.....	38
Ilustración 3-13:	Centro del piñón del motor y la catalina.	39
Ilustración 3-14:	Diagrama de cuerpo libre.	41

Ilustración 3-15:	Fuerzas y reacciones en el plano XZ.....	42
Ilustración 3-16:	Diagrama de momento flector en el plano XZ.....	43
Ilustración 3-17:	Fuerzas y reacciones en el plano YZ.....	43
Ilustración 3-18:	Diagrama de momento flector en el plano YZ.....	44
Ilustración 3-19:	Diagrama de momento flector resultante.....	44
Ilustración 3-20:	Diagrama de momento flector resultante.....	48
Ilustración 3-21:	Distribución de esfuerzos.....	50
Ilustración 3-22:	Angulo medio de un vehículo.....	51
Ilustración 3-23:	Modelado eje posterior.....	52
Ilustración 3-24:	Propiedades del acero ASTM A36.....	53
Ilustración 3-25:	Mallado del eje posterior.....	53
Ilustración 3-26:	Element Quality de la malla.....	54
Ilustración 3-27:	Element Quality de la malla.....	54
Ilustración 3-28:	Fuerzas y esfuerzos ubicados en el eje posterior.....	55
Ilustración 3-29:	Mallado del chasis.....	56
Ilustración 3-30:	Element Quality de la malla del chasis.....	56
Ilustración 3-31:	Fuerzas y soportes que influyen sobre el chasis.....	57
Ilustración 3-32:	Diagrama de proceso de la construcción del prototipo.....	58
Ilustración 3-33:	Métodos de doblado en frío por técnicas manuales.....	60
Ilustración 3-34:	Doblaje manual de tubos.....	61
Ilustración 3-35:	Medidas acorte al diseño CAD.....	61
Ilustración 3-36:	Corte del material.....	62
Ilustración 3-37:	Cordón de soldadura.....	65
Ilustración 3-38:	Soldadura de soportes.....	66
Ilustración 3-39:	Chasis.....	66
Ilustración 3-40:	Motor AX100 Suzuki de 100cc.....	67
Ilustración 3-41:	Pistón y cilindro.....	68
Ilustración 3-42:	Eje posterior.....	69
Ilustración 3-43:	Manillas de embrague y aceleración.....	69
Ilustración 3-44:	Cadena y tensor.....	70
Ilustración 3-45:	Manilla derecha para el freno.....	70
Ilustración 3-46:	Sistema de dirección.....	71
Ilustración 4-1:	Deformación máxima ubicada mediante código de colores en Ansys.....	74
Ilustración 4-2:	Deformación máxima ubicada mediante código de colores en Ansys.....	75
Ilustración 4-3:	Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.....	76
Ilustración 4-4:	Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.....	76

Ilustración 4-5:	Factor de seguridad mediante el código colores en Ansys para la chaveta..	77
Ilustración 4-6:	Deformación máxima.....	78
Ilustración 4-7:	Tensión equivalente representado por código de colores.....	79
Ilustración 4-8:	Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.....	80
Ilustración 4-9:	Vida de la estructura a fatiga.....	81
Ilustración 4-10:	Factor de seguridad a fatiga.	82
Ilustración 4-11:	Distancia de recorrido.	83
Ilustración 4-12:	Costo de abastecimiento del prototipo.	84

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	COEFICIENTES A Y B PARA EL FACTOR DE SUPERFICIE
ANEXO B:	ECUACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE TAMAÑO
ANEXO C:	TABLA DE CONFIABILIDAD PARA EL FACTOR DE CONFIABILIDAD
ANEXO D:	CATÁLOGO DIPAC MATERIAL
ANEXO E:	TOMA DE MEDIDAS EN EJES Y TUBOS
ANEXO F:	ROLADORA Y DOBLADORA DE TUBO Y PUNTOS DE SUELDA
ANEXO G:	EJE POSTERIOR ENSAMBLADO
ANEXO H:	ENSAMBLE DEL PROTOTIPO
ANEXO I:	PROCESO DE PINTADO Y LIJADO
ANEXO J:	PROTOTIPO FINALIZADO
ANEXO K:	TOMA DE TIEMPOS (SEBASTIAN)
ANEXO L:	PLANOS

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño y construcción de un prototipo de vehículo monoplaza de 100cc denominado mini T-Rex, para optimizar los tiempos de traslado de los estudiantes desde la puerta principal de la ESPOCH hasta el edificio de la Facultad de Recursos Naturales, mediante la aplicación de software CAD/CAE. Se realizó la toma de medidas de los componentes iniciales del chasis en este caso el motor, a continuación, se modeló en software CAD el chasis. Para el estudio estático, se incluyeron cargas presentes en todo el chasis considerando el peso del ocupante, motor y demás componentes esenciales para el estudio, mediante el uso del software CAE, se simularon distintas cargas en base a los pesos de distintos ocupantes, se comprobó el comportamiento del chasis en cuanto a deformaciones y factor de seguridad. En vista de la falta de una norma que rija este prototipo se aplicó la norma NTE INEN 1323:2009. Se calculó esfuerzos, momentos y factor de seguridad del eje de transmisión, siguiendo se simuló dicho eje a fatiga. Continuando se construyó el chasis y se implementó todos los sistemas involucrados para su correcto funcionamiento. En los resultados, el estudio estático del chasis arrojó resultados de deformación menores a 2 mm en todas las combinaciones realizadas tanto de forma estática y las combinaciones mediante la norma provisional, además de ello el valor de factor de seguridad promedio entre 2 y 3 lo cual es aceptable para estructuras. En cuando los tiempos a reducir, se tomó valores de dos formas de traslado, caminando y mediante el uso del vehículo prototipo, donde se reduce en un 82.3 % de tiempo empleado al trasladarse. Se recomienda en cuanto a la dirección colocar un rin delantero diseñado especialmente para vehículos de tres ruedas, para la correcta dirección y estabilidad.

Palabras clave: <PROTOTIPO> <VEHÍCULO MONOPLAZA> <SIMULACIÓN>
<ANÁLISIS ESTÁTICO> <DEFORMACIÓN> <CHASIS> <FACTOR DE SEGURIDAD>.

1175-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The objective of this project was to design and construct a 100cc single-seater prototype vehicle named mini T-Rex, using CAD/CAE software, to optimize commuting times for students traveling from the main entrance of ESPOCH to the Faculty of Natural Resources building. Initial measurements of the chassis components, specifically the engine, were taken, followed by the modeling of the chassis using CAD software. For the static analysis, loads throughout the chassis were considered, accounting for the weight of the occupant, engine, and other essential components relevant to the study. CAE software was employed to simulate various loads based on different occupant weights, and the behavior of the chassis was assessed in terms of deformations and safety factors. Due to the absence of a specific regulatory framework governing this prototype, adherence was ensured to the NTE INEN 1323:2009 standard. The results revealed that the static analysis of the chassis produced deformation values below 2 mm in all tested combinations, both under static conditions and following the provisional standard. Moreover, the average safety factor ranged between 2 and 3, which is considered acceptable for structural integrity. In terms of time reduction, data was collected for two modes of transportation: walking and utilizing the prototype vehicle. It was observed that the prototype vehicle decreased travel time by 82.3% compared to walking. As a recommendation, it is advisable to install a specially designed front wheel rim for three-wheeled vehicles to ensure proper steering and stability.

Keywords: <PROTOTYPE> <SINGLE-SEATER VEHICLE> < SIMULATION> < STATIC ANALYSIS > <DEFORMATION> <CHASSIS> < SAFETY FACTOR>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs.

C. I.: 0603611013

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo técnico se detalla la construcción de un vehículo prototipo desde la fase previa al diseño del chasis, hasta donde montan todos los componentes y sistemas necesarios para el correcto funcionamiento, todo esto orientado a la obtención de un prototipo que reduzca los tiempos empleados de traslado dentro del campus politécnico. Tiempo que se toma desde el punto A “puerta principal de la ESPOCH” hasta el punto B “facultad de recursos naturales”, con una distancia de 1.3 km siendo esta la ruta de movilidad estudiantil más larga del campus politécnico es por lo que se pensó en la implementación de un vehículo prototipo monoplaza el cual permita a los estudiantes llegar a tiempo a su destino. Para la elaboración de este trabajo técnico se realizaron cuatro capítulos, los cuales son descritos a continuación.

El Capítulo 1 se centra en el planteamiento del problema en el que expone a detalle cual es la problemática en el traslado de los estudiantes que recorren una ruta marcada como la más larga dentro del campus politécnico y como esto puede afectar al bienestar estudiantil, trata sobre como los tiempos de traslado pueden llegar a afectar en el rendimiento del estudiante puesto que como consecuencia de recorrer largas distancias el desgaste físico y mental del estudiante puede verse reflejado en su rendimiento académico. Por ello se propone la construcción de un prototipo el cual ayude al estudiante a trasladarse más rápido a sus aulas o puestos de estudio. En el Capítulo 2 detallamos minuciosamente los diferentes elementos que componen al prototipo y sistemas complementarios para su funcionamiento, además encontraremos con que softwares trabajaremos para el estudio estático y tipo de mallado, consecutivamente nos toparemos con los materiales, máquinas y elementos que ayudarán a la manufacturación del chasis con una descripción a detalle de este, y finalmente el coste de todo el proyecto.

En el Capítulo 3 nos toparemos con todo lo que conlleva diseño y estudio estático del chasis, como se realizó y que estudios se aplicaron a la par veremos el diseño del eje posterior y su correspondiente estudio de fuerzas aplicadas a este, nos toparemos con un diagrama que nos mostrará el orden cronológico de cómo se fue realizando la construcción el ensamble y puesta a punto para su correcto funcionamiento del prototipo, se involucra de igual forma los sistemas que componen el prototipo. En el capítulo 4 nos encontraremos con todos los resultados obtenidos tanto de la simulación en el software como los tiempos tomados en la ruta recorrida por el prototipo, a detalle se ira mencionando como se fue realizando los estudios y los resultados que estos arrojan de la misma forma se realiza el estudio en el eje posterior.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La movilidad humana es la actividad más importante en la sociedad, es necesario entender los patrones de movilidad y saber el punto predominante al instante de tomar una decisión en la elección del modo de transporte de los distintos grupos de la población (Balseca Clavijo, 2017: pp.4-6). Los logros y avances del país están en la capacidad de sus pobladores, su motivación llega a constituir una herramienta poderosa para obtener grandes resultados que satisfagan a la comunidad (Cháfuel, 2015: pp.3-6), la motivación de las masas es un poder importante en la sociedad cuando se habla de resultados para el beneficio del país, es por ello que el bienestar de los estudiantes al sentirse respaldados por la universidad y que les brinde un sistema de transporte óptimo y a su elección influye en su bienestar emocional y puede aumentar su rendimiento académico; siendo el caso de llegar a tiempo a las aulas de clase y laboratorios, reduciendo así el estrés que se puede generar por el temor de no llegar a tiempo o faltar a clases.

Los pioneros que diseñaron de forma rudimentaria los triciclos motorizados denominados Drift Triket fueron personas amantes de la adrenalina y motores de bajo cilindraje, con solo una bicicleta en mal estado y un motor de podadora lograron adaptar y ensamblar estos dos elementos para dar como resultado un vehículo pequeño con gran poder de movilidad al ser monoplaza, mientras más se popularizaba tal vehículo industrias como SFD Industries comenzaron a fabricar estos vehículos bajo pedido y con las características que el usuario las requiera por medio de su página web (SFD Industries, 2013), dando así el inicio de un nuevo hobby para los amantes de los motores, trayendo esta cultura al país y viendo esta oportunidad como una fuente de emprendimiento en la fabricación de estos vehículos (Guangatal, 2017: pp.1-10). Tanto así que estos vehículos no solo fueron direccionados a un simple pasatiempo más bien se redireccionaron al campo ingenieril y ahora se los utiliza tanto para ayudar a personas parapléjicas o como vehículos de movilidad.

Como menciona Cango y Espinoza, 2019: pp.1) la movilidad es un punto fundamental en la vida de los seres humanos sin importar la edad que estos tengan, por ello el diseño y la construcción es fundamental para el comienzo de un proyecto que beneficiara a las personas. Los chasis tubulares son en parte los más construidos por su facilidad de diseño y construcción como indica (Morejón et

al., 2014: pp.1), por lo que la opción más vista en la construcción de estos vehículos son de perfiles tubulares que ayudan a optimizar los pesos y tiene una buena resistencia a cargas en su estructura.

1.2. Planteamiento del Problema

Las ciudades con una mayor población de estudiantes se caracterizan por presentar un mayor uso del transporte público y otros modos de transporte urbano como vehículos monoplazas o usar bicicletas eléctricas. Es decir, en términos de sostenibilidad, los estudiantes universitarios tienen una gran proporción de “viajeros activos”. De esta forma, el análisis de la elección modal de transporte en este numeroso e importante grupo poblacional aporta información valiosa que permite mejorar la comprensión de los aspectos que influyen en la movilidad estudiantil (Balseca Clavijo, 2017: pp.4-6). Tomando en cuenta esto, la ruta que emplean los estudiantes de la facultad de recursos naturales se demora 18 min a pie por lo que es la ruta con mayor tiempo para llegar a su destino y esto causa un malestar en los estudiantes, optando por trasportes activos, sin más opciones que dispongan los estudiantes.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un extenso campus académico, siendo la ruta más larga desde la puerta principal de la Universidad ubicada frente a la avenida Pedro Vicente hasta la Facultad de Recursos Naturales (1,3 Km), dicha distancia provoca un inconveniente en la movilidad de los estudiantes dando como resultado que existan retrasos e inasistencias. Los estudiantes sienten a menudo un estrés causado por la movilidad de su lugar de confort a las instalaciones de la universidad para cumplir con su jornada estudiantil, por lo que en cierto modo puede esto llegar a afectar el rendimiento del estudiante, en parte las autoridades han visto esto como un problema para los estudiantes y por ello implementaron un sistema de transporte. Pero los tiempos de salida de cada bus y tiempo de recorrido son demorosos por lo que el problema puede beneficiar algunos, pero a otros no.

Varios estudios sobre las actitudes y preferencias de los estudiantes universitarios al momento de escoger el medio de transporte han observado que este grupo es multimodal, es decir, tiende a utilizar una variedad de modos de transporte y demuestran un comportamiento de viaje complejo y único ya que poseen horarios de clases irregulares y una considerable libertad. Así mismo, se ha observado que los estudiantes tienden a utilizar modos de transporte activo y urbano con mayor frecuencia en comparación a otros segmentos de la población. Los modos de transporte activo o sostenible son aquellos que implican actividad física, tales como caminar, manejar, uso de bicicleta hasta incluso usar el transporte público, ya sea al inicio o al final del viaje.

1.3. Justificación

El grupo de diseño y producción GDP, dentro de una de las líneas de investigación desarrolla tecnología a servicio de la comunidad, para mejorar la calidad de vida de los estudiantes de la ESPOCH por lo cual propone diseñar y construir un vehículo prototipo denominado mini T-Rex monoplaza de 100cc, para optimizar el tiempo de traslado de los estudiantes de la facultad de Recursos Naturales hacia sus aulas y laboratorios. Pretendiendo reducir tiempos muertos que se generan entre la espera de parada y parada en el recorrido de los buses de la ESPOCH, por lo que el prototipo mini T-Rex reduzca estos tiempos de traslado ya sean un recorrido en bus o el estudiante tenga que movilizarse a pie hacia el edificio mencionado, con el fin que los estudiantes lleguen seguros y a tiempo a su lugar de destino.

Para la elaboración de este proyecto se empleara áreas de conocimiento sobre diseño y simulación mediante software CAD, CAE conjunto con la utilización de elementos finitos para el estudio estático de la estructura o chasis, selección de perfiles y materiales, para los diferentes sistemas que ocupa el funcionamiento óptimo del prototipo como son dirección, tracción, confort, entre muchas otras cosas ya sea en aspectos mecánicos o estéticos, por lo cual el vehículo monoplaza puede ser tan conveniente por su diseño y su capacidad de movilidad, al ser pequeño su diseño es simplificado, teniendo así consumo de combustible menor en comparación con vehículos de gran cilindraje, por lo que sería una gran alternativa a la hora de escoger dicho medio de transporte.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de vehículo monoplaza de 100cc denominado mini T-Rex, para optimizar los tiempos de traslado de los estudiantes desde la puerta principal de la ESPOCH hasta el edificio de la Facultad de Recursos Naturales, mediante la aplicación de software CAD/CAE.

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener referencias bibliográficas respecto a motores de 2 tiempos, diseño de chasis tubulares, y los diferentes sistemas empleados en el prototipo.
- Diseñar el chasis tubular del prototipo denominado mini T-REX monoplaza de 100cc.
- Realizar el estudio estático del chasis en software CAD, CAE mediante el método de elementos finitos.

- Construir el chasis del prototipo y montaje de los diferentes sistemas complementarios para su funcionamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento y evaluar los tiempos de recorrido entre los puntos A (puerta principal de la ESPOCH) y B (edificio de Recursos Naturales) utilizando el prototipo.

1.4.3. Alcance

El alcance del proyecto técnico titulado “Diseño y construcción de un vehículo prototipo mini T-Rex monoplaça de 100cc para movilidad interna de los estudiantes dentro del campus en la ESPOCH” se limita a la prueba preliminar de operación del prototipo y la comparación del tiempo que se tarda en recorrer una distancia determinada en el interior de la ESPOCH (matriz) a pie y utilizando el prototipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

Según el trabajo de (Balseca Clavijo, 2017: pp.4-6), en el cual se realiza un análisis de movilidad de los estudiantes hacia las Universidades, las mismas que tienen un gran número de estudiantes en los cuales se llega a la conclusión de que el escoger un medio de transporte depende mucho de factores externos, factores como lo son la comodidad, la economía, lo social y lo psicológico. Datos que permiten tener un entendimiento de la movilidad interna y externa del estudiante usando medios de transporte propios o de servicio público.

En el trabajo realizado por (Chasi, 2022: pp.82-87), titulado: “Diseño y construcción de un sistema de dirección para un prototipo eléctrico monoplaza” el cual realizó el diseño y la construcción de un prototipo monoplaza, donde se hace uso de softwares de diseño CAD, esencialmente en el diseño y la simulación del chasis, haciendo uso de dichas herramientas CAD/CAE se realizó una correcta selección de material y además de ello una distribución de los pesos, fuerzas y elementos seleccionados para el confort del ocupante.

Según el trabajo realizado por (Enriquez 2017), titulado: “Diseño y análisis estructural del chasis, por método de elemento finito de un transporte biplaza eléctrico-híbrido, que transportará un discapacitado en silla de ruedas, funcionando mediante celdas de combustible poliméricas”, se tiene como punto de apoyo análisis que se da a la estructura mediante el uso de Workbench, para la obtención de estudios estáticos, además de ello resalta el material apropiado para dicho vehículo con el fin de aligerar peso, la disposición que se tiene del material en el mercado, y las ventajas que se tiene al usar uno u otro material.

De acuerdo al artículo (Rocha et al., 2019: pp.44-66), en el sector carrocerero ecuatoriano se utilizan varios tipos de aceros siendo el más común el ASTM A36, ASTM A514 Gr. y A517 empleados para realización de estructuras sometidas a diferentes tipos de cargas dependiendo el tipo de utilización al cual este dirigido el chasis, ahora bien se da a conocer los diferentes procesos de soldadura y posiciones de soldadura adecuadas en cada proceso con el fin de asegurar la calidad de dicha carrocería y chasis.

Según el trabajo realizado por (Jaguaco 2020), titulado: “Implementación de un sistema de tracción en un bastidor de un Kart-Mini modelo 50CH-11 homologado por la CIK-FIA para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE” en el cual resalta el tipo de transmisión de movimiento ideal para vehículos monoplace, el cual consta de un kit de arrastre donde el movimiento transmitido desde el motor hacia las ruedas posteriores se da por cadena entre piñones uno conductor el cual está en el motor y otro conducido ubicado en el eje de las ruedas posteriores.

2.2. Motor de combustión interna

El motor de combustión interna es una máquina que se encarga de transformar energía química en energía mecánica, mediante una serie de procesos repetitivos los cuales se realizan dentro de la cámara de combustión, dicha energía mecánica se denomina trabajo, el cual es generado mediante un desplazamiento lineal del embolo del mecanismo interno biela-manivela (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015: pp.27).

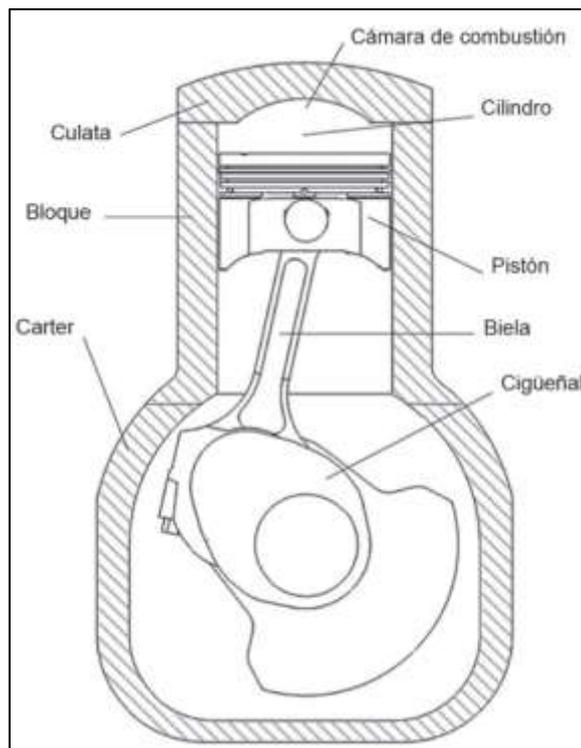


Ilustración 2-1: Partes internas del MCI

Fuente: (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez 2015).

2.2.1. Clasificación de los MCI

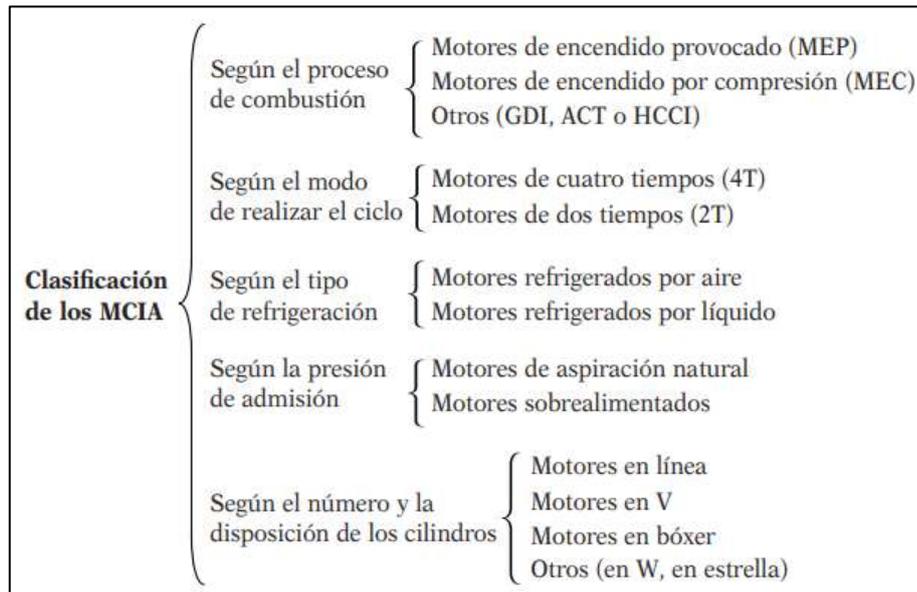


Ilustración 2-2: Clasificación de los MCI

Fuente: (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez 2015).

2.2.2. Según el modo de realizar el ciclo

2.2.2.1. Motores de cuatro tiempos

Los motores de cuatro tiempos requieren cuatro carreras del pistón para realizar el ciclo completo el cual comprende las siguientes:

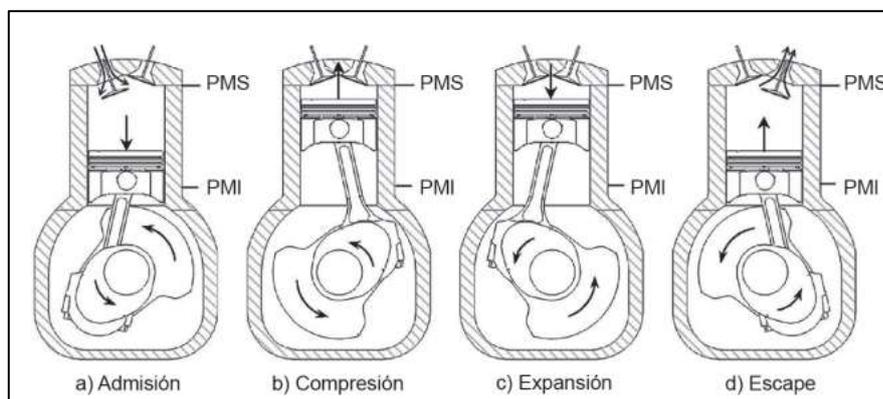


Ilustración 2-3: Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos.

Fuente: (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez 2015).

1º tiempo o admisión: en esta carrera el pistón se separa del PMS (Punto Muerto Superior) hacia el PMI (Punto Muerto Inferior), logrando llenar así la cámara de combustión de masa fresca (aire-

combustible). La válvula de admisión se encuentra abierta durante este tiempo o carrera del pistón, mientras que la válvula de escape se encuentra cerrada (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015: pp.32).

2º tiempo o compresión: en esta carrera el pistón se desplaza desde el PMI hacia el PMS dando lugar a la compresión de la masa fresca, al llegar o encontrarse el pistón cerca del PMS se da lugar a la ignición de la mezcla bien sea por un agente externo (bujía) o por auto inflamación de la mezcla, dando lugar al proceso de combustión. En este tiempo tanto la válvula de admisión como de escape se encuentran cerradas (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015: pp.32).

3º tiempo o expansión: el pistón se traslada del PMS hacia el PMI dando lugar a la segunda revolución del cigüeñal, en este tiempo finaliza el proceso de compresión y da lugar a la expansión, mientras las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas. Al alcanzar un punto cercano del pistón con el PMI estando en el tiempo de expansión, se abren las válvulas de escape, a esto se denomina escape espontáneo (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015: pp.32).

4º tiempo o escape: el pistón se desplaza del PMI hacia el PMS, desplazando los gases quemados hacia la atmósfera por las válvulas de escape abiertas durante el tiempo de expansión (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015: pp.32).

2.2.2.2. Motores de dos tiempos

En el motor de dos tiempos, los cinco procesos se realizan en dos carreras es decir un solo giro del cigüeñal. En este tipo de motores se tiene el proceso denominado barrido en el cual se realizan la admisión y escape (renovación de la carga) conjuntamente.

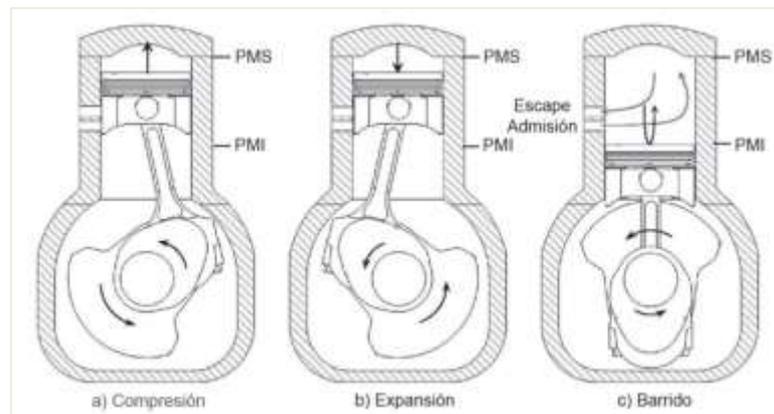


Ilustración 2-4: Esquema del funcionamiento del motor de 2 tiempo

Fuente: (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015).

Tiempo 1: ADMISIÓN – COMPRESIÓN, en el motor de 2 tiempos se tiene al pistón, el cual, su movimiento va de abajo a arriba, es decir que va desde el cárter del motor hacia la culata. En el desplazamiento abre la culata de admisión de la mezcla justo a la altura del cárter, y al mismo tiempo el escape de los gases quemados a la altura de la cámara de combustión, logrando así comprimir simultáneamente la mezcla (Loayza, 2015: pp. 39).

Tiempo 2: COMBUSTIÓN – ESCAPE, una vez que el pistón se encuentra en el PMS, comprimiendo la mezcla de gasolina, aire y aceite, esto hace que las moléculas de mezcla choquen rápidamente logrando aumentar sustancialmente la temperatura de la mezcla, la bujía genera la chispa provocando la combustión de la mezcla, lo que provoca una explosión dentro del cilindro y empujando el pistón hacia el PMI, con dicho movimiento el pistón logra que una nueva mezcla que había entrado en su anterior salida situándose en el cárter se traslade hacia la cámara de combustión (Loayza, 2015: pp.39).

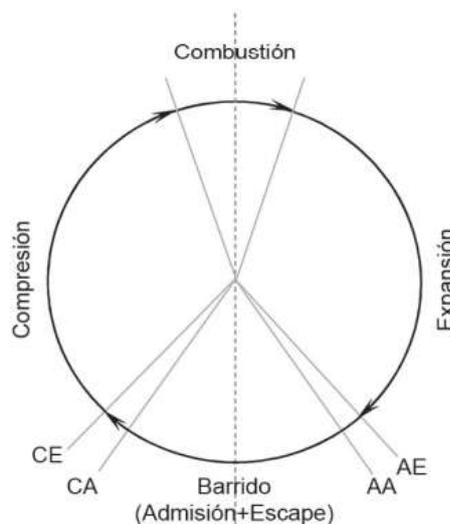


Ilustración 2-5: Diagrama de distribución.

Fuente: (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez, 2015).

En el diagrama de distribución de los motores de dos tiempos, se tiene la apertura de admisión (AA), la apertura del escape (AE), el cierre de la admisión (CA) y el cierre del escape (CE), el proceso de barrido comprende toda la renovación de la carga desde la primera apertura ya sea de la admisión o del escape hasta el último cierre (Rovira de Antonio y Muñoz Domínguez 2015).

2.3. Carburador

El carburador se encarga de administrar la mezcla aire combustible para motores de 2 y 4 tiempos con el fin de que se produzca la explosión en el cilindro, de esta mezcla depende el rendimiento del motor, el carburador está ubicado a un costado de la cabeza del motor.

El aire ingresa por una abertura cilíndrica que lleva un filtro de aire para la retención de partículas dañinas para el motor, una vez que succiona el aire el combustible es inyectado mediante una abertura controlada por una aguja que por medio del acelerador se abre o se cierra dando paso así al flujo de combustible. En el carburador se produce un fenómeno llamado efecto Venturi que consiste en que un fluido en este caso la gasolina, circule por un conducto reducido aumentando la velocidad lo que produce una caída de presión, esta mezcla se dirige hacia el cilindro por medio de una succión, una vez se completa el ciclo el pistón sube comprimiendo la mezcla aire combustible dando paso al salto de chispa produciendo la explosión, provocando que el pistón descienda y genere el giro al cigüeñal (Izquierdo y Sandoval, 1997: pp.88).

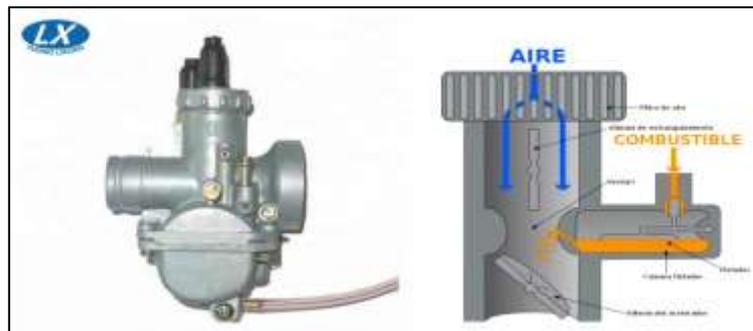


Ilustración 2-6: Carburador

Fuente: (Buendia, 2018)

2.3.1. Tipos de Carburadores

En el caso de carburadores usados en el área del motociclismo tenemos tres tipos los cuales se clasifican de acuerdo con la posición del efecto Venturi, mientras que tendríamos 2 de acuerdo con su estructura los cuales son:

Según la dirección en la cual se suministra la mezcla (efecto Venturi):

- Carburador de tiro natural
- Carburadores de tiro hacia arriba
- Carburadores invertidos

Según su estructura:

- Carburador VM o de tiro directo
- Carburador SU o a depresión

2.3.1.1. Carburadores de tiro natural

Se emplean en motores los cuales sobresalen en cuanto a su altura, para poder reducir dicha altura se emplean estos carburadores los cuales la admisión de aire y la salida a la admisión del motor se encuentran de manera horizontal (Izquierdo y Sandoval, 1997: pp.88).

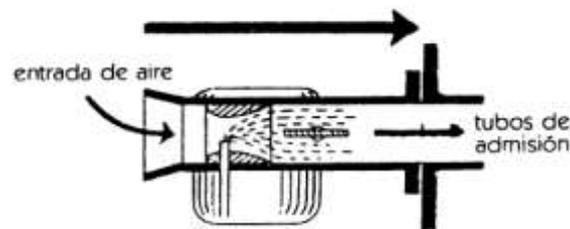


Ilustración 2-7: Indicando la succión horizontal

Fuente: (Izquierdo y Sandoval, 1997)

2.3.1.2. Carburador de tiro hacia arriba

Succiona al aire junto con la inyección de combustible hacia arriba generando una mezcla elevada, para el funcionamiento de este tipo se requiere que al momento de aspirar se lo realice de manera energética con lo cual genera gran corriente de aire (Izquierdo y Sandoval, 1997: pp.88).

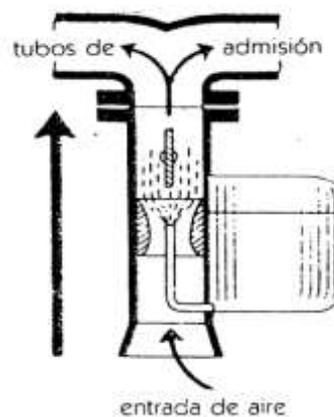


Ilustración 2-8: Tiro ascendente

Fuente: (Izquierdo y Sandoval, 1997).

2.3.1.3. *Carburador de tiro descendente*

Para su funcionamiento se ayuda en gran parte de la gravedad ya que el aire proviene de la parte superior del carburador, llegando así a la cámara de la mezcla y el combustible se inyecta desde la parte inferior de la cámara (Izquierdo y Sandoval, 1997: pp.89).

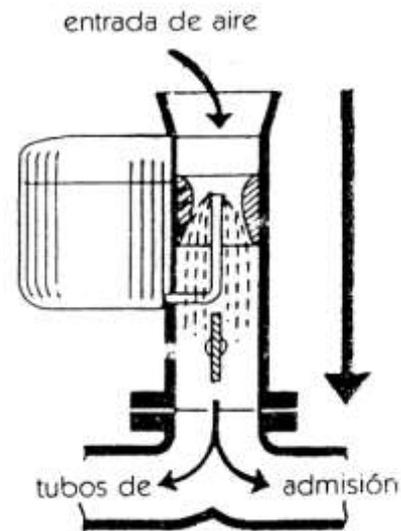


Ilustración 2-9: Tiro descendente

Fuente: (Izquierdo y Sandoval, 1997)

2.3.1.4. *Carburador VM o de tiro directo*

Se utiliza principalmente en motores de dos tiempos, en este tipo de carburador tenemos un control de la mezcla mediante “la acción de una válvula de guillotina, o de persiana, actuada directamente por la guaya del acelerador. El elemento que obtura el flujo de aire y consecuentemente la cantidad de combustible es un cilindro que es elevado por el cable de la guaya del acelerador y recuperado por un resorte” (Ángel, 2013: pp.4).

2.3.1.5. *Carburador SU o a depresión*

Se usa principalmente para motores de alto cilindraje, la “diferencia radica en una válvula mariposa, llamada válvula de aceleración, ubicada aguas abajo del difusor y el accionamiento de la válvula del Venturi que es pilotada por una válvula de vacío activada por el paso del aire a través de la válvula de aceleración, esto permite una mejor regulación de la mezcla al mantener constante la velocidad del flujo a través del Venturi” (Ángel, 2013: pp.5).

2.4. Chasis Tubular

El chasis es la parte fundamental del vehículo ya que es donde van sujetos y ensamblados todos los sistemas que este conforman, manteniendo los componentes alejados del suelo y de posibles objetos que dañen dichos sistemas aportando rigidez y dando forma al vehículo por un conjunto de tubos cilíndricos de acero soldados, optando por estas medidas ya que son las más usadas por su resistencia y flexibilidad ya que tienen que soportar diferentes torsiones teniendo en cuenta que el mini T-Rex carece de sistema de amortiguación (Molina y Morocho, 2022: pp.38).



Ilustración 2-10: Chasis tubular de un mini T-Rex.

Fuente: (THE GARAGE VLOG, 2023)

2.5. Sistema de dirección

Sea cual sea el diseño estructural, el chasis tiene que cumplir con una serie de características elementales que predominan sobre el proceder de un drift triket, siendo que es similar al sistema de dirección de una motocicleta el principio vendría a ser el mismo para el prototipo a realizar. En parte, delimitan la estructura geométrica de la dirección del drift triket y por otra parte la disposición de los pesos que van a sujetar.

En el instante de realizar un chasis, son básicas estas dos cualidades al momento de tomar una resolución. La dirección es necesaria para dirigir el prototipo a cualquier lugar determinado. El árbol de la dirección está sujeto por el cabezal del chasis, de donde los extremos superior e inferior se acopla un conjunto de rodamientos que sirven para el giro del manubrio (De la Cruz 2014: pp.8).



Ilustración 2-11: Mecanismo de dirección utilizada en una moto

Fuente: (Crouse y Angly, 1992: citados en De la Cruz, 2014)

2.5.1. Despiece del sistema de dirección

La columna de dirección es el que debe soportar la fuerza del frenado y aguantar el peso del conjunto delantero del prototipo. A la vez, debe estar libre para rotar, con la finalidad de cumplir tales requisitos, la columna de dirección tiene un par de conjuntos de rodamientos, unos en cada extremo. Los dos rodamientos tienen que estar diseñados para que soporten tanto cargas axiales como radiales. Para lograr cumplir tal función, en la columna de dirección se encuentran proporcionados de un par de pistas en cada extremo, la inferior y la superior, separadas por rodamientos que ruedan sobre estas con la finalidad de reducir el roce de fricción. El inferior soporta el peso y el superior amortigua la fuerza del frenado. Para poder realizar el giro por parte del conductor dicho elemento se encuentra conectado al pivót del bastidor (De la Cruz, 2014: pp.9).

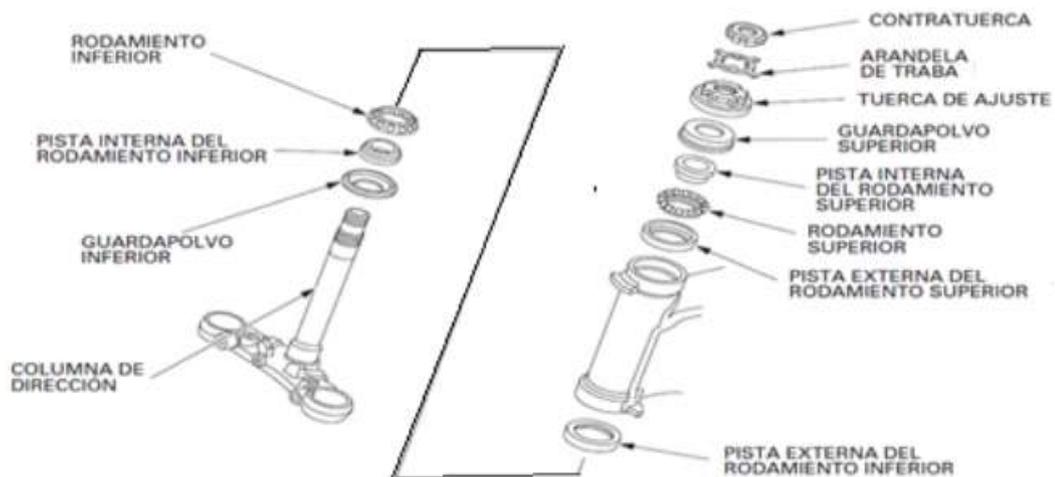


Ilustración 2-12: Elementos del sistema de dirección

Fuente: (Crouse y Angly, 1992: citados en De la Cruz, 2014)

2.5.2. Geometría de la motocicleta

Las características geométricas de la motocicleta influyen de gran manera en el comportamiento de esta, más aún en cuanto a la dirección de la motocicleta y dichas características principales son:

1. El avance
2. Distancia entre ejes
3. Ángulo de inclinación

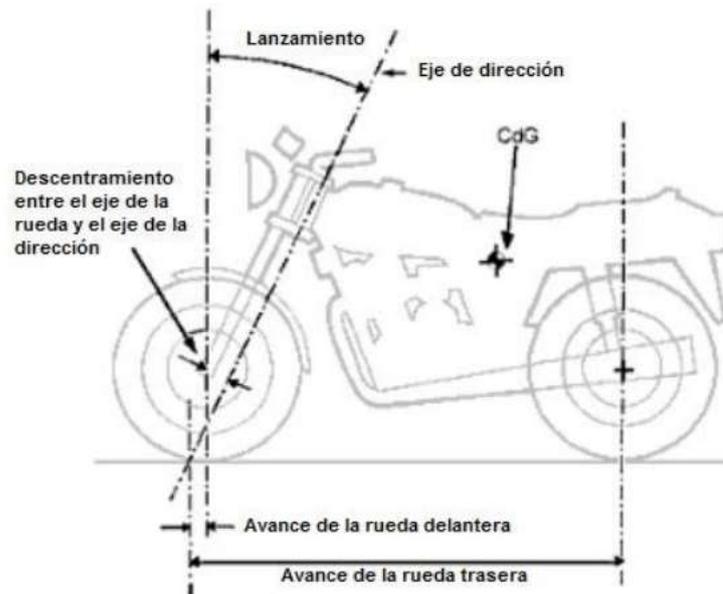


Ilustración 2-13: Principales parámetros de la geometría

Fuente: (De la Fuente, 2012)

2.5.2.1. Avance

Es la distancia que existe entre el punto de contacto de la rueda con el suelo y la prolongación del eje de la dirección. La función esencial del avance es brindar cierta estabilidad direccional puesto que al momento de ingresar a una curva es el que más inside. La rueda no gira alrededor del punto de apoyo en el piso gracias a la inclinación del eje, ya que este último no cruza por el centro de la rueda. Este evento genera un conjunto de fuerzas que ayudan a tener una estabilidad en la conducción, impidiendo que la rueda delantera deje su curso de línea recta (De la Fuente, 2012: pp.30).

Efecto

Tal valor tiende a darnos una idea del poder de auto alineamiento de una motocicleta, o lo fácil que es soltar las manos del manillar y que ésta siga con su curso en línea recta, si tiene un avance grande costará mucho desviarlo por lo tanto se opondrá a un desvío de dirección, caso contrario si el avance es muy corto, esta tendera a tener una dirección más inestable.

Valores

En motos comerciales es común observar que el avance de la dirección puede comprender entre unos 74 y poco más de 160 mm. Los valores más bajos los registran los Scooter de ruedas pequeñas, dando una idea de la agilidad de maniobrabilidad sobre todo para un uso más urbano donde se sacrifica la velocidad y estabilidad.

2.5.2.2. Eje de dirección

El eje de la dirección es la línea sobre la cual gira el vehículo, es indispensable en el momento de transmitir el movimiento ejercido por el trinche en una moto hacia la rueda.

2.5.2.3. Ángulo de lanzamiento

El lanzamiento es la inclinación hacia atrás que tiene el eje de la dirección. Va medido mediante “el ángulo que forma, con la vertical, el eje alrededor del que pivota la dirección cuando ésta gira”

(De la Fuente, 2012: pp.32).

Al variar el ángulo de lanzamiento influye directamente en el avance, es decir al aumentar el ángulo de lanzamiento provoca una disminución del avance y viceversa (De la Fuente, 2012: pp.32).

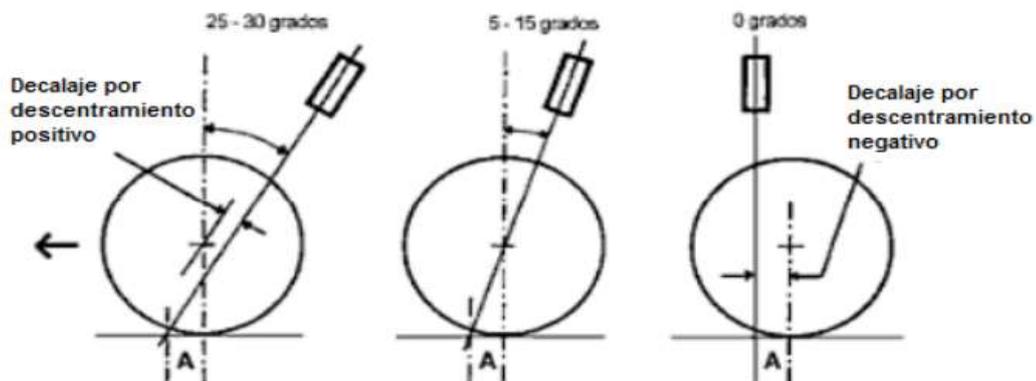


Ilustración 2-14: Variación del descentramiento de la horquilla

Fuente: (De la Fuente, 2012).

2.5.3. Distancia entre ejes (batalla o base)

Consiste en la separación que hay entre el centro del eje de la rueda delantera y el centro del eje de la rueda trasera. Una distancia de mayor longitud conlleva a un manejo más lento y que hay que forzarla para que gire mientras que una distancia más pequeña permite una reacción mucho más rápida y ayuda a realizar un cambio más oportuno (De la Fuente, 2012: pp.35).

2.6. Kit de arrastre

El kit de arrastre viene a ser un sistema esencial, ya que se encarga de transmitir la potencia desde la salida de la caja de cambios ubicada en el motor hacia el eje posterior de las ruedas, garantizando así el movimiento del vehículo. El tipo de transmisión que se ocupa en esta clase de vehículos es la mecánica la cual transmite dicho movimiento a través de elementos rotantes, esto es conveniente ya que esta clase en sí ocupa menos espacio dentro del diseño (Acosta y Muñoz, 2012: pp.35).

2.6.1. Eje de transmisión

Dicho eje viene a ser un sistema en sí, ya que es el encargado de realizar o recibir dos funciones, una de ellas viene a ser la transmisión de la potencia desde la caja de cambios hacia la catalina anclada en el eje, la otra es la encargada de detener el movimiento que de igual manera mediante un anclaje especial se fija el disco de freno en el mismo eje. El eje debe tener características según el uso que se le vaya a dar y la disposición del chasis, ahora bien, se tiene ejes de 25, 40 o 45 mm de grosor y se logra anclar al chasis mediante rodamientos de apoyos del eje (Loayza 2015, pp.47).



Ilustración 2-15: Eje de transmisión.

Fuente: (Loayza, 2015).

2.6.2. Piñón de salida

Es una rueda dentada pequeña situada a la salida de la transmisión de motor, que cumple la función en conjunto con otros elementos de transmitir el par motor hacia el eje y posteriormente a las ruedas, dependiendo de la relación de transmisión que se tenga, varía el número de dientes que posee el piñón de salida (Loayza, 2015, pp.49).

2.6.3. Catalina

Consiste en una rueda dentada de mayor radio que el piñón de salida, se encuentra alojada en el eje de transmisión mediante un portacatalina y es la encargada de recibir el movimiento proveniente de la caja de cambios (Loayza, 2015: pp.48).



Ilustración 2-16: Catalina y piñón.

Fuente: (Loayza, 2015: pp.49).

2.6.4. Cadena

Es la cual se encarga de transmitir el movimiento entre el piñón de salida y la catalina, se parece mucho a la cadena de una bicicleta, se distingue mayormente por su grosor y además por ser de una aleación y calidad mejor (Acosta y Muñoz, 2012: pp.36).

2.7. Neumáticos

En el mercado automotriz los neumáticos tienen diferentes características ya sean para tierra, nieve, hielo o asfalto dependiendo del tipo de uso para el cual estén direccionadas, como menciona (Priority Tire 2021), los neumáticos ATV y UTV son similares, pero no iguales esto quiere decir que los UTV son enfocados para vehículos de más de dos pasajeros por lo que tiene que soportar mayores cargas, en el caso de nuestro diseño se tomó el neumático tipo ATV que sus siglas

significan (All Terrain Vehicle) o vehículos todo terreno enfocados a un solo conductor y se utiliza para un rendimiento dentro y fuera de la carretera. Los tamaños de las llantas para los ATV y UTV constan de tres números grabados en el neumático ubicados en la parte lateral, lo que significa la altura del neumático y el diámetro de la llanta en pulgadas.



Ilustración 2-17: Neumáticos ATV y UTV

Fuente: (Amazon, 2023).

2.8. Sistema de frenos

El sistema de frenos forma parte del sistema de seguridad activa de un vehículo, el cual permite la desaceleración de este y paulatinamente su detención, lo que viene a ser sumamente importante para la seguridad de las personas o persona a bordo del vehículo, ya que permite al vehículo permanecer dentro de los límites establecidos ya sean en la pista o en carretera, ayuda a tomar la curvas correctamente para evitar accidentes por pérdida de pista con otros vehículos u objetos (Cruz y Mesías, 2013: pp.77).

Como parte de los elementos que forman parte de un sistema de frenos para prototipos monoplaza tenemos:

- Pedal de freno
- Bomba de freno
- Repartidor de frenada
- Cañerías
- Calipers o pinzas de freno
- Pastillas de freno
- Disco de freno
- Líquido de freno

2.9. Accesorios complementarios

2.9.1. *El asiento*

En los Drift Trike motorizados la posición del asiento está en la parte superior del motor ya que estos vehículos son diseñados para optimizar todo el espacio en su chasis, por ello, el asiento no busca el confort del piloto y seguridad al mismo tiempo. Comúnmente existen de diferentes tamaños, tipos o son asientos de motocicletas modificados.

La ubicación del asiento es muy importante ya que debe ir en un punto de equilibrio o centro de gravedad del vehículo que distribuya el peso simétricamente, es por ello que comúnmente se lo ubica encima del motor, para que el peso del motor con el del piloto lo mantengan al ras del suelo y no exista un vuelco repentino.



Ilustración 2-18: Asiento mini T-Rex

Fuente: (THE GARAGE VLOG 2023).

2.9.2. *Tanque de combustible*

Se encarga de almacenar el combustible para la alimentación del motor, está ubicado en la parte superior del motor, posee un desfogue de alivio para que los gases del combustible recirculen hacia el carburador y sean quemados o liberados al ambiente, principalmente está fabricado de un metal de acero inoxidable, también puede estar elaborado de un plástico de alta durabilidad y resistencia.



Ilustración 2-19: Tanque de combustible

Fuente: (TGV, 2022).

2.10. Software CAD/CAE

En cuanto al diseño y simulación se tiene softwares que facilitan en gran medida la obtención de una buena estructura, con un estudio de materiales, asignación de materiales basados en catálogos, con el fin de acercarse lo más posible a la realidad para la construcción de la estructura entre ellos se tiene:

2.10.1. CAD/ Diseño asistido por computadora

Se trata de un software tipo CAD, centrado en el diseño mecánico, el cual mediante un entorno gráfico permite al usuario de manera intuitiva y rápida la creación de modelos sólidos en 3D, 2D y realización de planos mediante normas de dibujo. Además de ello permite ensambles, asignación de materiales, simulaciones, entre muchas otras cosas más. Dicho software cubre todo el proceso en sí como son el crear, validar, comunicar y gestionar, logrando así verificar o asegurarse de que el diseño se encuentre correcto antes de su fabricación (SolidWorks Corporation 2023).

2.10.2. CAE/ ingeniería asistida por computadora

ANSYS es el software de simulación CAE multifísico para el análisis y simulación por elementos finitos, en el cual se puede ejecutar análisis a piezas y conjuntos usados en ingeniería que viene a ser muy útil en cuanto al pre-proceso, resolución y post-proceso se refiere (ANSYS, 2023).

2.11. Método de Elementos Finitos (MEF)

El método de elemento finito trata dar una aproximación en la solución o encontrar la respuesta aproximada a problemas estructurales o de desempeño potencial, esto se debe a la discretización del “dominio de diseño en pequeños elementos finitos los cuales se analizan individual y posteriormente se tiene una solución general que corresponde a todo el dominio” (Godínez, 2018: pp.9).

Según Paucar da a conocer cómo se conforma el modelo de elementos finitos, textualmente menciona:

“Un modelo de elementos finitos (FE) comprende un sistema de puntos, llamados “nodos”, que forma el diseño, conectados a estos nodos están los elementos finitos ellos mismos que forman la malla contienen las propiedades materiales y estructurales del modelo, definiendo cómo reaccionará a ciertas condiciones”(Paucar, 2018: pp.36).

2.11.1. Mallado

El mallado hace referencia al número de elementos en los cuales se divide el modelo, mientras más elementos tenga el modelo en cuanto a su tamaño se refiere más nodos tendrá, por lo que el proceso de estudio viene a ser más preciso pero el costo de recursos computacionales ocupados viene a ser mucho mayor, de la misma forma el tiempo en el que se tardará en hacer el estudio.

El tamaño del elemento tiene que cumplir estas dos condiciones en la parte de requerimientos, ya que tiene que facilitar el proceso de estudio y su parte de consumo de recursos. Para poder cumplir los requerimientos el mallado se lo puede realizar con un número mayor de elementos en las partes de interés, mientras que en áreas a las cuales no necesiten una concentración de elementos se los puede reducir (Abasolo et al. 2017).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla el diseño y construcción del prototipo, comenzando por la toma de medidas ajustando las proporciones del motor AX100 Suzuki de 100cc proporcionado por el grupo de diseño y producción GDP, continuando por el bosquejo en el programa CAD pasando al estudio estático en el software CAE, además de ello el diseño del respectivo eje posterior, una vez concluido estas primeras actividades se tiene la adquisición de los diferentes sistemas que se encuentran involucrados explícitamente en el funcionamiento del prototipo, materiales para la construcción del chasis, entre otros. Continuando con el respectivo ensamble de los elementos en el chasis. El proceso de construcción requiere de diferentes herramientas y métodos adecuados para cada proceso, tratando de ajustarse a los tiempos estimados.

3.1. Modalidad de investigación

Para el proceso de diseño y construcción del prototipo se ha utilizado los siguientes métodos de investigación con el fin de cumplir con los objetivos planteados anteriormente, dichos métodos son:

3.1.1. *Investigación bibliográfica*

En este tipo de investigación se trata de recolectar información de diferentes fuentes bibliográficas verificadas, libros, tesis de grado o maestría, además de ello de artículos científicos y páginas web relacionadas con el diseño, sistemas relacionados con el funcionamiento de motos y construcción de prototipos de vehículos monoplaça.

3.1.2. *Investigación experimental*

Se realiza diferentes diseños del chasis, ya que se parte desde un punto en específico, es decir del motor ya obtenido previamente tratando de ajustarse en cuanto a confort y accesibilidad para el ensamble de las diferentes partes y sistemas del prototipo, además de ello se manipula parámetros del diseño con el fin de obtener un comportamiento del chasis óptimo en el factor de seguridad y a los esfuerzos a los que está sometido.

3.2. Diagrama metodológico

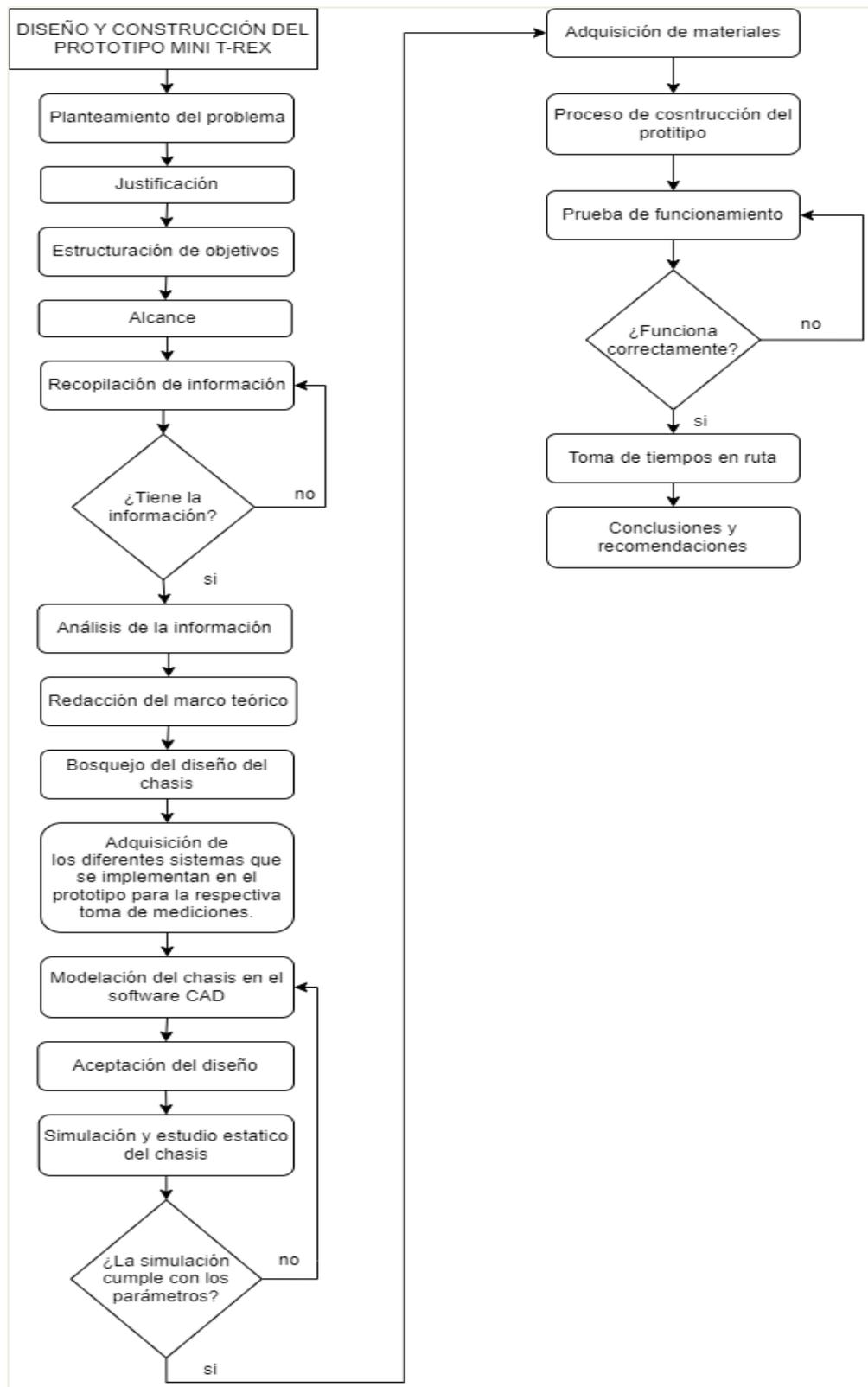


Ilustración 3-1: Diagrama metodológico

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.3. Materiales y herramientas

Para el desarrollo del proyecto se utilizan diferentes materiales y herramientas, las cuales facilitan y agilizan el proceso de construcción o diseño. En un proyecto es indispensable tener disponible la herramienta adecuada para el trabajo.

En el caso de diseño se emplean herramientas específicas como son los softwares CAD y CAE, mientras que para la construcción del prototipo se hace uso de herramientas manuales para cada proceso.

Tabla 3-1: Materiales y herramientas

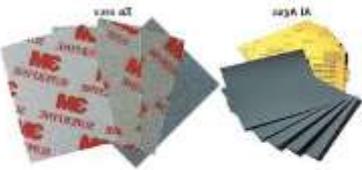
Nombre	Descripción
Software CAD (SolidWorks)	Para el diseño se hace uso de esta herramienta de modelado 3D, utilizada por su fácil uso y además de ello por la versatilidad a la hora de seleccionar un perfil estructural o al seleccionar el material con el cual se trabaja, además de ello se trata de un software completo.
Software CAE (ANSYS)	Mediante este software se realiza el estudio, caracterizado mayormente por la facilidad en cuanto a la selección del parámetro de malla, además con ello una característica principal el mejoramiento de ésta, es una de las herramientas preferidas para la aplicación del estudio mediante elementos finitos.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Tabla 3-2: Materiales y herramientas a utilizar en la fabricación.

Nombre	Descripción	Figura
Flexómetro	Es un instrumento de medición compuesta por una cinta delgada graduada y homologada auto enrollable.	
Vernier o pie de rey	Instrumento de precisión que sirve para medir interiores, exteriores y también profundidades, capaz de medir elementos desde 0,1 mm hasta los 0,02 mm aproximadamente.	

Regla	Instrumento de medición que sirve también para trazar líneas rectas, esta graduada en centímetros y milímetros.	
Escuadra	Herramienta que se usa para marca y hacer mediciones con referencia a un ángulo de 90 grados.	
Sierra de mano	Herramienta diseñada para cortar metal, dependiendo de la hoja de sierra puede cortar diferentes tipos de materiales.	
Dobladora de tubos	Es una herramienta que se utiliza para el moldeo y curvatura de tubos metálicos a diferentes ángulos.	
Máquina de soldar	Es una máquina que se ocupa para la fijación de materiales, la unión se logra gracias a la fundición de ambos con un electrodo revestido, esto vendría a ser el material de aporte para la unión de dos materiales.	
Electrodo 6011	Es un elemento que se usa a la par con la máquina de soldar ya que es el material de aporte que se fundirá al momento de la unión de los materiales, está revestido con un tipo celulósico.	
Máscara de soldador	Es un equipo de protección para el soldador pues la luz y gases emanados al momento de realizar la fundición del electrodo con el material produce una luz incandescente que dejará cegado al soldador si no llevará puesto este elemento de protección, posee un visor de color negro para que dicha luz sea neutralizada.	

Guantes	Es un elemento de protección, cubre las manos del soldador de chispas incandescentes evitando así quemaduras y protegiendo la integridad del soldador.	
Overol	Elemento de seguridad utilizado en la industria que tiene como objetivo principal proporcionar protección al cuerpo, ya que se trata de una prenda de una sola pieza.	
Lijas	Elemento abrasivo el cual se emplea sobre una superficie, se utiliza para preparar el chasis para el posterior pintado.	
Caja de herramientas Dados	Consiste en una serie de dados de diferentes diámetros, con una palanca de fuerza y una racha, utilizada especialmente para el apriete y desajuste de pernos.	

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4. Diseño

Para el diseño es fundamental el uso de herramientas computacionales, especialmente software CAD (SolidWorks) en el cual se realiza es bosquejo inicial de chasis y ensamble de las diferentes partes del prototipo, para el estudio y simulación del modelo se lo realiza en software CAE (Ansys), del cual se trata de obtener el factor de seguridad, deformaciones tanto del chasis y del eje posterior.

3.4.1. Selección del material

Para la selección del material hay que tener en cuenta, que tipo de estructura se va a construir, en este caso en específico se trata de un chasis de vehículo monoplaza, el cual consta con una estructura tubular, se trata de buscar diferentes tipos de material acorde a la disponibilidad en el mercado ecuatoriano.

Tomando en cuenta las diferentes características que debe cumplir el material, dichas características deben ser geométricas, composición, costo y disponibilidad para su pronta adquisición. Para las características geométricas vendría a ser la forma del tubo, disponibilidad en dos formas como mínimo que vendría a ser tubo redondo y tubo cuadrado, para su composición se trata principalmente de la aleación, como el acero estructural, que es una aleación metálica de hierro carbono, con diferentes composiciones de elementos, el carbono que se encuentra presente en un 2,11% de su composición total, entre los elementos presentes se encuentran el cromo, manganeso, cobalto, molibdeno, azufre, fósforo, cobre, vanadio y níquel, materiales en los que se encuentren presente más del 2.11% de carbono se lo denomina fundiciones de hierro. Para el costo del material se debe tener en cuenta el presupuesto que se tiene para el proyecto, además de ello la disponibilidad para la adquisición en el mercado ecuatoriano.

3.4.1.1. Acero estructural ASTM A36

El material seleccionado que cumple con los parámetros mencionados anteriormente sería el acero estructural ASTM A 36, con las propiedades físicas, mecánicas y elementos que componen dicho material. Para un mejor entendimiento tenemos en dos sistemas de mediciones como se muestra a continuación:

Tabla 3-3: Propiedades del acero estructural ASTM A36

Propiedades físicas	Unidades métricas	Unidades Inglesas	Comentarios
Densidad	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Propiedades mecánicas	Unidades métricas	Unidades Inglesas	Comentarios
Resistencia a la tracción, máxima	400 – 550 MPa	58000 – 79800 psi	
Resistencia a la tracción	250 MPa	36300 psi	
Alargamiento a la rotura	20 %	20 %	In 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm
Módulo de elasticidad	200 GPa	29000 ksi	
Resistencia a la fluencia compresiva	150 MPa	22000 psi	Resistencia a la compresión admisible
Módulo de volumen	160 GPa	23200 ksi	Típico para el acero
Coefficiente de Poisson	0.26	0.26	
Módulo de corte	79.3 GPa	11500 ksi	
Elementos del componente	Unidades métricas	Unidades Inglesas	Comentarios
Carbón, C	0.29%	0.29 %	
Cobre, Cu	>=0.20 %	>=0.20 %	Only if copper steel in specified

Hierro, Fe	98%	98%
Manganeso, Mn	0.80 – 1.2 %	0.80 – 1.20 %
Fósforo, P	0.040%	0.040 %
Silicio, Si	0.15 – 1.40 %	0.15 – 0.40 %
Azufre, S	0.050 %	0.050 %

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.4.2. *Diseño del chasis*

El diseño de chasis marca un hito indispensable para la construcción del prototipo, empezando con el modelado en software CAD (SolidWorks) en el cual se emplean medidas acordes al motor AX100 Suzuki de 100cc, es el componente el cual va a ser el centro del diseño del chasis, otra medida importante es la comodidad del conductor al tratarse de un vehículo monoplaça, es indispensable la correcta proporción del espacio.

3.4.2.1. *Modelado del chasis en software CAD (SolidWorks)*

Para el modelado se emplea el software CAD (SolidWorks) con el fin de gestionar las medidas mencionadas anteriormente, además de ello para el material o medidas del tubo se toma como referencia el catálogo DIPAC.

Como método fundamental en el diseño se tomaron en cuenta las medidas de los diferentes componentes del prototipo como: motor, neumáticos, aros, disco de freno etc. Con el fin de que en el momento del ensamble todo encajará perfectamente, una técnica que se utilizó es la de fotografiar el componente, en este caso el motor para sacar sus diferentes medidas de anclajes. Para el dimensionamiento del chasis se tomó como primera referencia el motor y la posición del pedal de los cambios y del encendido, partiendo de allí como siguiente punto de medición la posición del piñón de fuerza pues ésta es la que llevará el movimiento al eje posterior y simultáneamente a las ruedas, ya de allí tiene en cuenta la ubicación del piloto y el sistema de dirección.

En el modelado del chasis tenemos dos partes, la primera sería la base donde se encuentra el motor, el kit de transmisión, el asiento, entre otros componentes, comenzamos por un bosquejo en el programa CAD (SolidWorks) realizando un croquis en 3D, en la Ilustración 2-3, comenzamos con el modelado de la base del chasis. Como se puede observar es indispensable definir la longitud, con el fin de distribuir los espacios, espacios donde se va a anclar el motor, el asiento y el eje de transmisión.

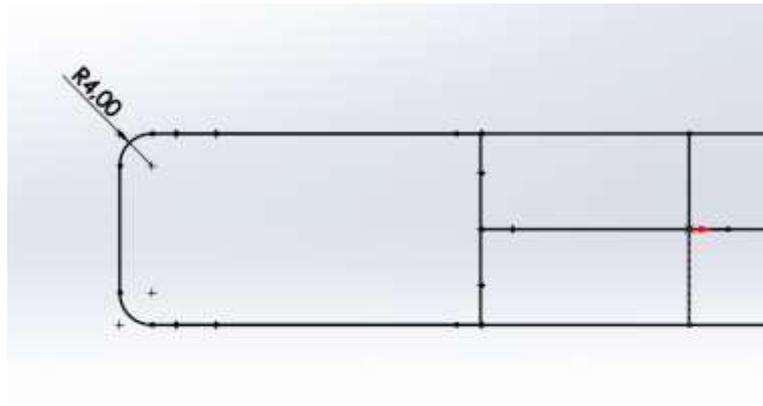


Ilustración 3-2: Vista superior la parte posterior del chasis.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Continuamos con la parte posterior del chasis en donde se ancla el eje de transmisión, se observa que la mayoría de esquinas son hechos dobles en la Ilustración 2-3 e Ilustración 2-3 correspondientes a las vistas frontal y superior respectivamente se puede observar el correcto dimensionamiento de todo el chasis posterior.

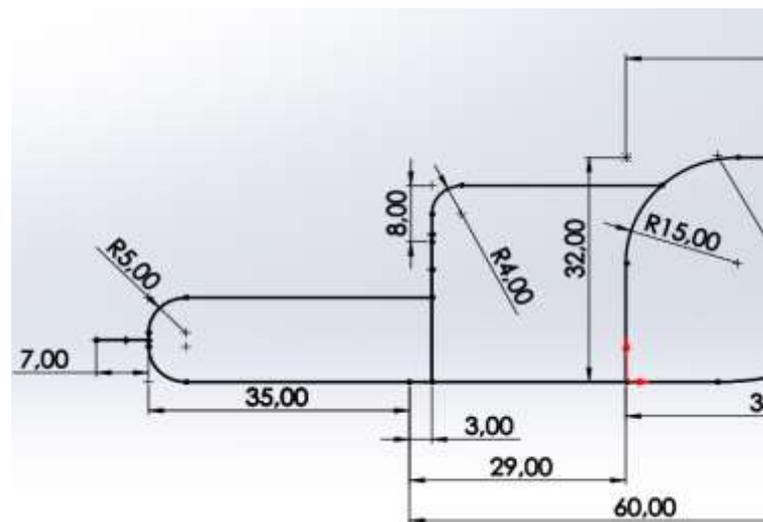


Ilustración 3-3: Vista frontal de la parte posterior del chasis.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

La dirección esta correctamente ligada con el chasis ya que se trata de la parte donde se unen dos elementos que son el chasis en sí y el trinche, en la Ilustración 4-3 se muestra los espacios de interés marcados mediante círculos de colores, siendo él de color rojo la unión del sistema de dirección mediante rodamientos de cono y corona, mientras que el círculo de color verde claro es la posición del motor, el círculo de color rosa es el espacio destinado hacia la persona y finalmente el círculo de color amarillo es el anclaje del eje de transmisión de movimiento.

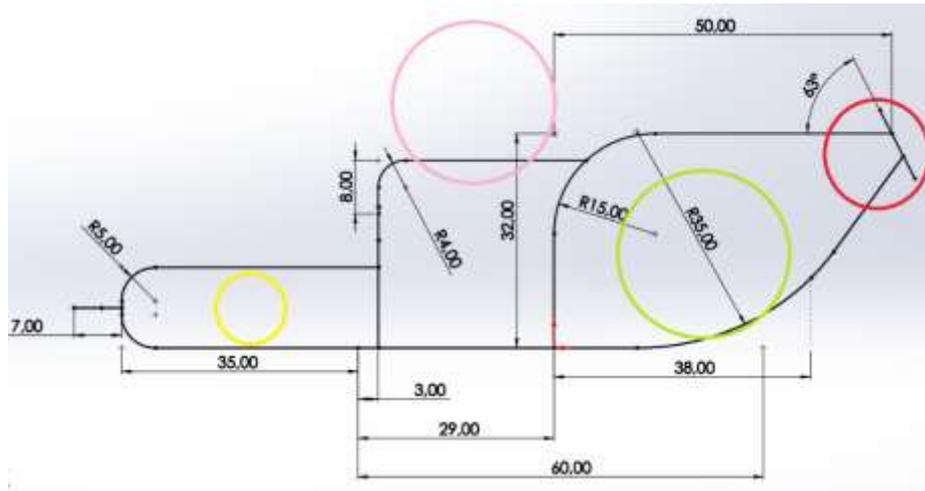


Ilustración 3-4: Vista frontal, partes de interés en el diseño.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Continuando con el modelado se tiene en la Ilustración 5-3, la cual trata de la vista lateral derecha en donde se resalta la altura total del modelo y su ancho total, se puede observar en que posición va la unión del trinche y el chasis.

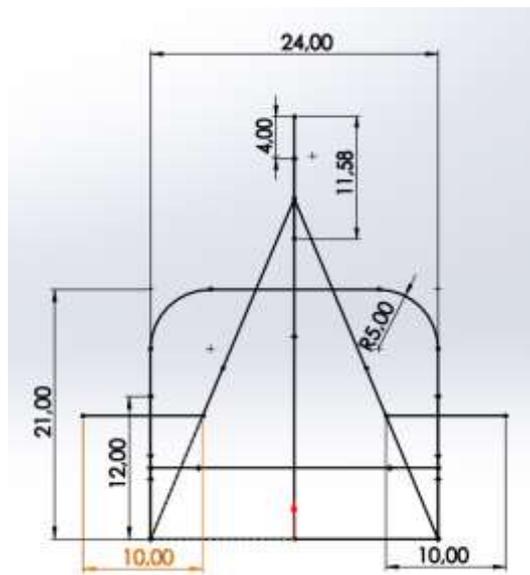


Ilustración 3-5: Vista lateral derecha.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Mientras que el otro elemento del cual se realiza el modelado es el trinche, es decir él que da la dirección a la rueda delantera, de igual manera se lo realizó mediante un croquis 3D, en este caso en particular solo se requiere una vista para mostrar sus dimensiones resaltando su ancho y su altura como se muestra en la ilustración 6-3.

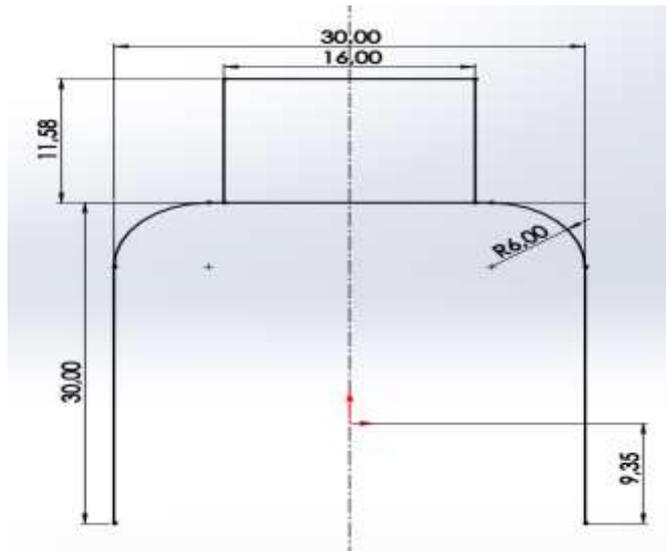


Ilustración 3-6: Vista frontal del modelado del trinche.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Mientras que para poder unir los dos elementos mencionados se utilizan mesas propiamente dichas, donde mediante perforaciones se colocan rodamientos, el diseño de las mesas se muestra en la Ilustración 7-3, donde se resalta la ubicación y el número de éstas, además de ello también se resalta el anclaje del manubrio.

Mientras que en la Ilustración 8-3, se puede observar las medidas de la mesa en conjunto con el espesor del material utilizado.

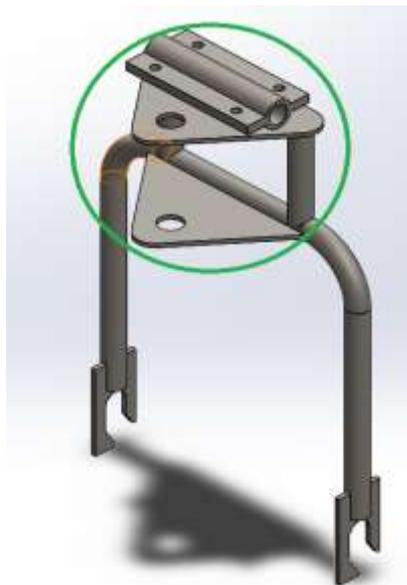


Ilustración 3-7: Mesas y anclajes.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

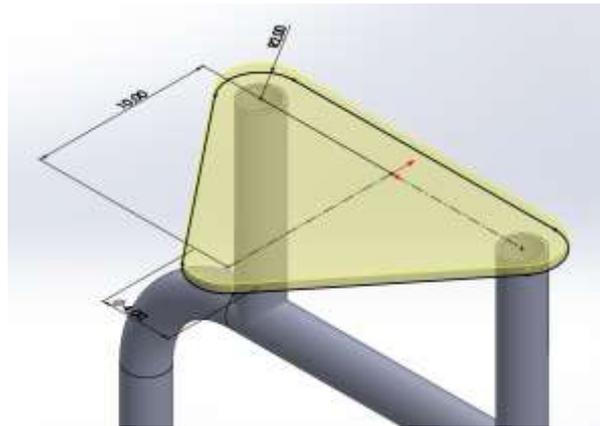


Ilustración 3-8: Modelado de la mesa.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Para la asignación del perfil se lo realiza en base a él catálogo DIPAC, utilizándose tres diferentes perfiles en cuanto a sus dimensiones se refiere, en este caso se utiliza tubo circular de las siguientes dimensiones:

Tabla 3-4: Perfil estructural (tubo circular).

Denominación en software	Diámetro exterior	Espesor
31.75mm x 2mm	31.75 mm	2 mm
50.80mm x 2mm	50.8 mm	2 mm
22 mm x 2mm	22 mm	2 mm

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

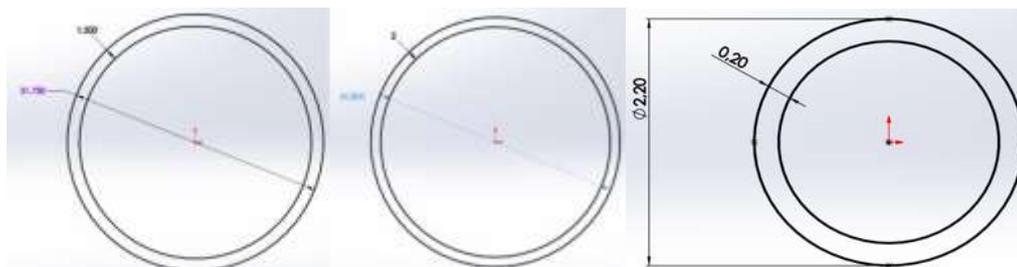


Ilustración 3-9: Asignación en software CAD

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Una vez agregados los perfiles adecuados en cada elemento del chasis se observa de la siguiente manera, además de ello se puede resaltar en la Ilustración 10-3, mediante los círculos de color azul los anclajes correspondientes tanto para el motor y el eje de transmisión.

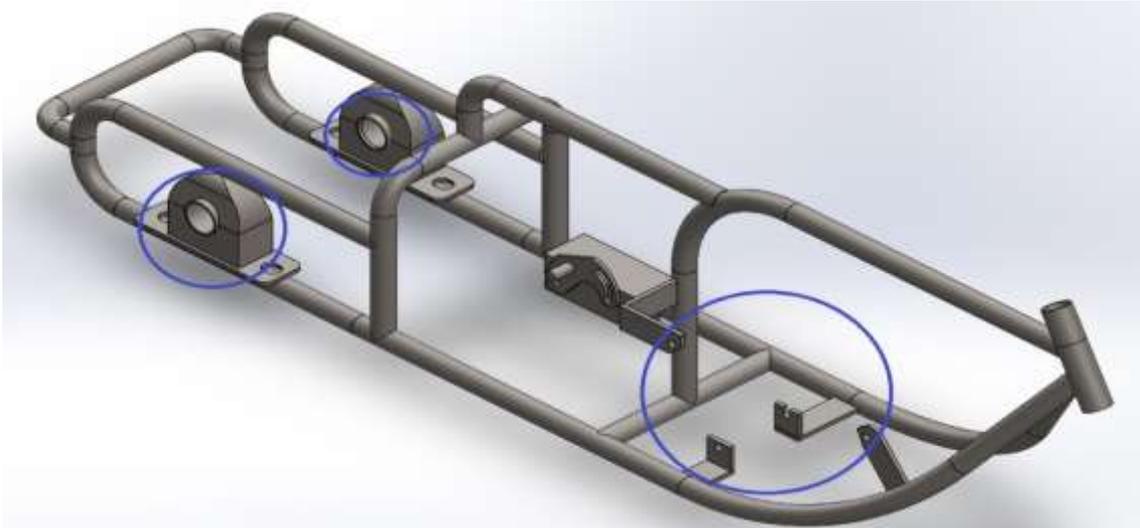


Ilustración 3-10: Chasis con perfiles y sujeciones para componentes.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Una vez que se tiene los dos elementos indispensables del chasis, se puede realizar el ensamble tanto del chasis y del trinche, donde se tiene el largo final de todo el diseño sin contar los neumáticos como se muestra en la Ilustración 11-3, cabe recalcar que de manera de diseño la unión es rígida, para generar el movimiento se emplean rodamientos en la unión, la cual ejercerá todo el giro propiamente dicho. Tenemos también en la parte del trinche el anclaje para el eje de la rueda delantera y en el chasis se colocó un tensor de cadena para reducir el riesgo de que la cadena se salga por una elongación pronunciada.

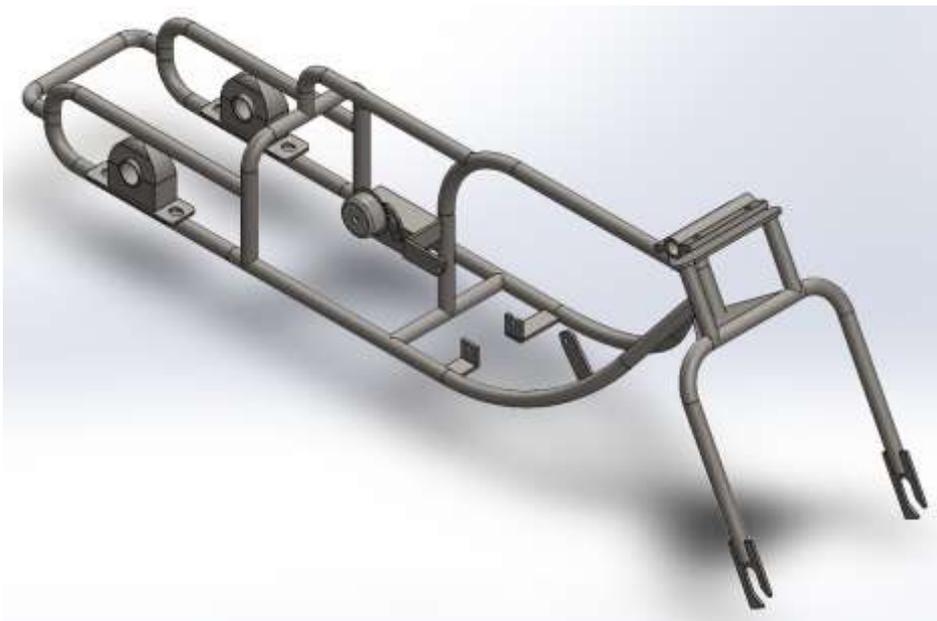


Ilustración 3-11: Ensamblaje del chasis y trinche.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.2.2. Parámetros de simulación y consideraciones a tomar en cuenta.

En vista que no existe norma que rige estructuras para esta clase de vehículos, una forma de darnos idea del comportamiento de nuestro chasis a diferentes situaciones de manera estática, se puede emplear la norma NTE INEN 1323:2009, donde se considera cargas en partes importantes del chasis, dichas cargas se conjugan en diferentes combinaciones para su estudio.

Tabla 3-5: Cargas consideradas en el estudio.

Cargas	Descripción
Carga de aceleración brusca (A_b)	Fuerza por la aceleración brusca del vehículo.
Carga de frenado (F)	Fuerza producida por el frenado del vehículo.
Carga de giro (G)	Fuerza por el giro del vehículo.
Carga por resistencia del Aire frontal (R_{af})	Carga lateral producida por el aire actuante en dicha área.
Carga muerta (M)	Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, carrocería con todos los accesorios.
Carga viva (V)	Carga que ocupa una persona.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Para todo el análisis se considera las características de nuestra estructura las cuales se presentan en la Tabla 6-3.

Tabla 3-6: Características generales del chasis.

Características	Valor	Unidad
Peso sobre el chasis	30.98	Kg
1 persona	Entre 50-80	Kg
Velocidad máxima	70	Km/h
Desaceleración	Considerando 4	m/s ²
Ancho	0.40	m
Altura	0.50	m

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Con estas consideraciones, las combinaciones acordes a la norma mencionada, haciendo hincapié, en vista de que no exista una norma se puede tomar como base la misma centrándose mayormente en el comportamiento de la deformación y factor de seguridad.

1. M
2. M + V
3. M + V + G

4. $M + V + F$
5. $M + V + F + R_{af}$
6. $M + V + R_{af}$
7. $M + V + A_b$
8. $M + V + A_b + R_{af}$

Se realiza el cálculo correspondiente para cada fuerza que se va a colocar en la simulación y sus respectivos valores, se muestran en la Tabla 7-3.

Tabla 3-7: Valores considerados para la simulación.

Fuerza	Proceso	Valor
M	$30,96 * 9,81$	303,72 N
V	$60 * 9,81$	588,6 N
F	$4 * (30,98/9,81)$	12,62 N
G	$(22,22 * 22,22/250) * (30,98/9,81)$	6,23 N
R_{af}	$(0,4 * 0,5) * 0,5 * 1,225 * 0,7 * 25 * 25$	53,6 N
A_b	$4 * (30,98/9,81)$	12,62 N

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.3. *Diseño del eje posterior*

Para el diseño del eje posterior es necesario conocer las diferentes fuerzas que actúan sobre el mismo, el cual garantiza su correcto funcionamiento, se realiza un cálculo previo de las fuerzas y reacciones que van a estar presentes en el eje, es indispensable conocer la fuerza que va a ejercer el motor y que tipo de eje se va a emplear en el prototipo, para poder realizar el estudio estático.

3.4.3.1. *Fuerzas que se ejercen sobre la rueda del vehículo*

Para el cálculo de las fuerzas que se encuentran en las ruedas posteriores del prototipo es necesario tener en cuenta el peso de éstas, para el posterior cálculo:

$$W_{rueda} = 47.23 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 463.3263 \text{ N}$$

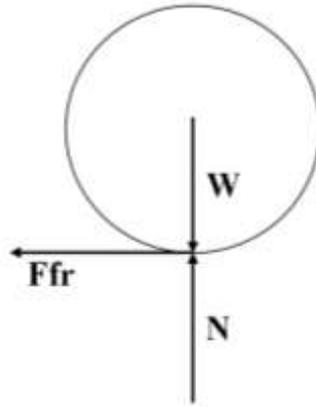


Ilustración 3-12: Diagrama del neumático.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

$$\Sigma F_y = 0$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.64)

$$N - W = 0$$

$$N = W$$

$$N = \mathbf{463.3263\ N}$$

Continuando con la fuerza de fricción (*Ffr*) es necesario conocer μ el cual es el coeficiente de fricción del asfalto seco teniendo como un valor en las condiciones mencionadas de 0,8.

$$Ffr = \mu * N$$

(Hibbeler, 2010: pp.389)

$$Ffr = 0,8 * 463.3263\ N$$

$$Ffr = \mathbf{370.661\ N}$$

3.4.3.2. Cálculos de la cadena de la transmisión principal

Para poder calcular tanto las cargas tangenciales como radiales sobre la catalina (el piñón que se encuentra en el eje de transmisión de movimiento) es necesario encontrar el ángulo que se va a formar entre la cadena y dicho piñón, por lo cual se lo calcula de la siguiente manera.

- Cálculos de la cadena de la transmisión

$$N = \frac{2c}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 * \frac{p}{c}$$

(Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.103)

N = Número de eslabones.

C = distancia entre centros.

P = paso de la cadena

- Distancia entre el centro del piñón del motor y la catalina.

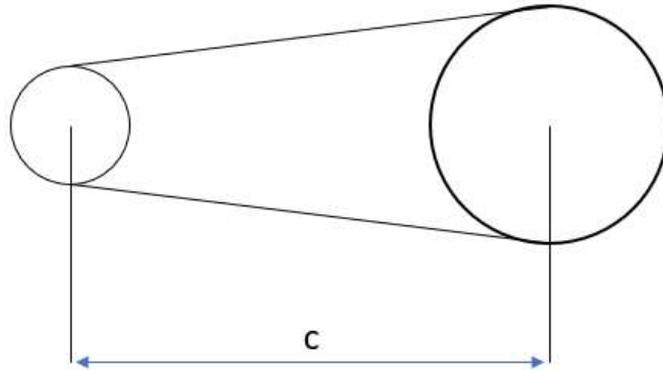


Ilustración 3-13: Centro del piñón del motor y la catalina.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Por lo que mediante diseño en software CAD se obtiene una distancia entre centros $c = 605,3 \text{ mm}$, además de ellos tenemos los valores de $Z1 = 14$ y $Z2 = 37$ y el paso seleccionado por catálogo de cadenas se tiene de $12,7 \text{ mm}$.

$$N = \frac{2c}{p} + \frac{Z1 + Z2}{2} + \left(\frac{Z2 - Z1}{2\pi}\right)^2 * \frac{p}{c}$$

$$N = \frac{2(605,3 \text{ mm})}{(12,7 \text{ mm})} + \frac{14 + 37}{2} + \left(\frac{37 - 14}{2\pi}\right)^2 * \frac{12,7 \text{ mm}}{605,3 \text{ mm}}$$

$$N = 95,322 + 25,5 + (13,399)(0,02098)$$

$$N = 121,10311 \approx \mathbf{121 \text{ Eslabones.}}$$

Calculamos la distancia entre centros real.

$$c = \frac{p}{8} [2N - Z2 - Z1 + \sqrt{(2N - Z2 - Z1)^2 - 0,81(Z2 - Z1)^2}] \text{ (Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.104)}$$

$$c = \frac{12,7 \text{ mm}}{8} [2(121) - 37 - 14 + \sqrt{(2(121) - 37 - 14)^2 - 0,81(37 - 14)^2}]$$

$$c = \frac{12,7 \text{ mm}}{8} [191 + \sqrt{36481 - 428,49}]$$

$$c = \frac{12,7 \text{ mm}}{8} [380,87]$$

$$c = \mathbf{604,63 \text{ mm}}$$

Seguimos con el cálculo del ángulo de esfuerzos transmitidos para el eje posterior.

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \frac{D_{\text{engranaje}} - D_{\text{piñon}}}{2c} \quad (\text{Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.107})$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \frac{158 \text{ mm} - 60 \text{ mm}}{2(604,63)}$$

$$\alpha = 4,648518191^\circ \approx \mathbf{4,65^\circ}$$

3.4.3.3. Fuerzas transmitidas al eje

- Torque de la cadena.

$$T = \frac{Pd}{\omega} \quad (\text{Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.106})$$

Donde Pd es la potencia de diseño, para lo cual se necesita tener en cuenta el factor de diseño, por ende, se necesita la potencia del motor basado en su ficha técnica se tiene lo siguiente:

$$P = 10 \text{ Hp} (7457 \text{ W})$$

Para el factor de diseño se considera el tipo de motor con el cual se está trabajando, al tratarse de un motor de combustión interna con transmisión mecánica de dos tiempos, se considera dicho factor de 1.7, a razón de que en su condición de servicio se producen elevadas vibraciones.

$$Pd = P * fs \quad (\text{Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.106})$$

$$Pd = 7457 \text{ W} * 1.7$$

$$Pd = \mathbf{12676,9 \text{ W}}$$

Para el torque en la cadena tenemos:

$$T = \frac{12676,9 \text{ W}}{\frac{2\pi(7500 \text{ rpm})}{60}}$$

$$T = 16,14073038 \text{ Nm} \approx 16,141 \text{ Nm}$$

Con la fórmula de la tensión de la cadena ($T = F * \frac{D_{\text{engranaje}}}{2}$) despejamos la fuerza (F).

$$T = F * \frac{D_{\text{engranaje}}}{2} \quad (\text{Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.106})$$

$$F = \frac{T}{\frac{D_{\text{engranaje}}}{2}}$$

$$F = \frac{T}{\frac{(p_{\text{engrane}} \cdot Z_2) / \pi}{2}}$$

$$F = \frac{16,141 \text{ Nm}}{\frac{(0,0127 \text{ m} \cdot 37) / \pi}{2}}$$

$$F = 215,8265484 \text{ N} \approx \mathbf{215,827 \text{ N}}$$

- Fuerza tangencial y radial.

$$F_t = F \cdot \cos(\alpha)$$

(Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.108)

$$F_t = 215,827 \text{ N} \cdot \cos(4,65)$$

$$F_t = 215,1166081 \text{ N} \approx \mathbf{215,12 \text{ N}}$$

$$F_r = F \cdot \sin(\alpha)$$

(Anadón Ochavo y Pabón Mansilla, 2012: pp.108)

$$F_r = 215,827 \text{ N} \cdot \sin(4,65)$$

$$F_r = 17,49682453 \text{ N} \approx \mathbf{17,497 \text{ N}}$$

3.4.3.4. Análisis de fueras y reacciones que se encuentran presentes en el eje

- Diagrama de cuerpo libre

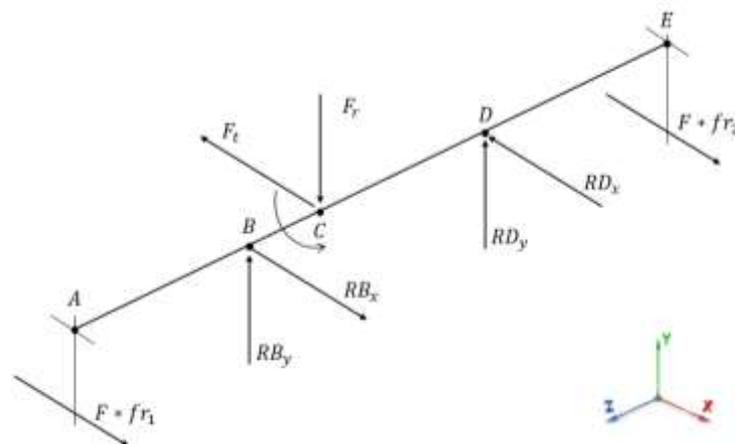


Ilustración 3-14: Diagrama de cuerpo libre.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

- Análisis en el plano XZ:

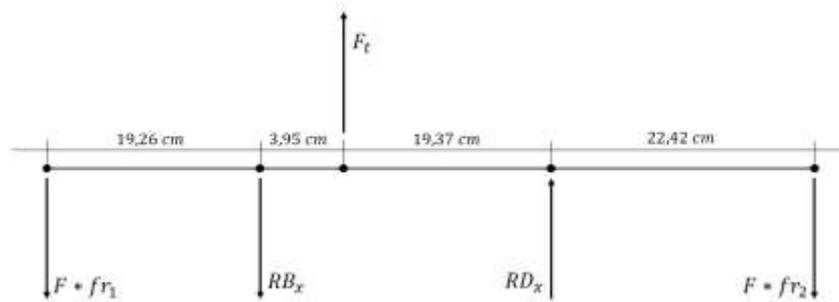


Ilustración 3-15: Fuerzas y reacciones en el plano XZ.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

$$\Sigma MD = 0 \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.64})$$

$$-F * fr_2(0,2242 \text{ m}) - F_t(0,1937 \text{ m}) + RB_x(0,2332 \text{ m}) + F * fr_1(0,4258 \text{ m}) = 0$$

$$RB_x = \frac{(370,661 \text{ N})(0,2242 \text{ m}) + (215,12 \text{ N})(0,1937 \text{ m}) - (370,661 \text{ N})(0,4258 \text{ m})}{0,2332 \text{ m}}$$

$$RB_x = \frac{(83.1021962 \text{ Nm}) + (41,668744 \text{ Nm}) - (157,8274538 \text{ Nm})}{0,2332 \text{ m}}$$

$$RB_x = -141,7517736 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.64})$$

$$-2F * fr + RB_x + RD_x + F_t = 0$$

$$-2(370,661 \text{ N}) + (-141,7517736 \text{ N}) + RD_x + (215,12 \text{ N}) = 0$$

$$-667,9537736 \text{ N} + RD_x = 0$$

$$RD_x = 667,9537736 \text{ N}$$

- Momento Flector en el plano XZ

$$MA = 0$$

$$MB = -(370,661 \text{ N})(0,1926 \text{ m}) = -71,3893086 \text{ Nm}$$

$$MC = -(370,661 \text{ N})(0,1926 \text{ m}) - (141,7517736 \text{ N})(0,2321 \text{ m}) = -104,2898953 \text{ Nm}$$

$$MD = -(370,661 \text{ N})(0,2242 \text{ m}) = -83,1021962 \text{ Nm}$$

$$ME = 0$$

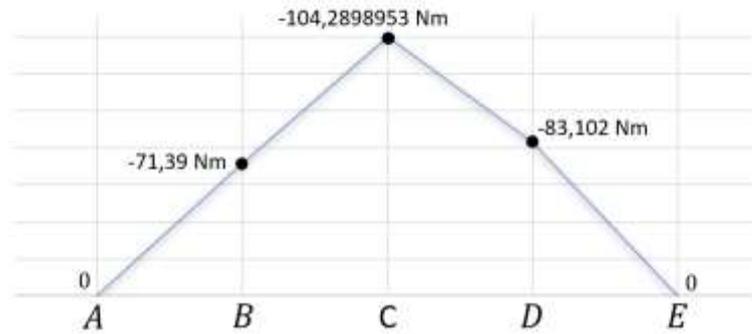


Ilustración 3-16: Diagrama de momento flector en el plano XZ.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

- Análisis en el plano YZ

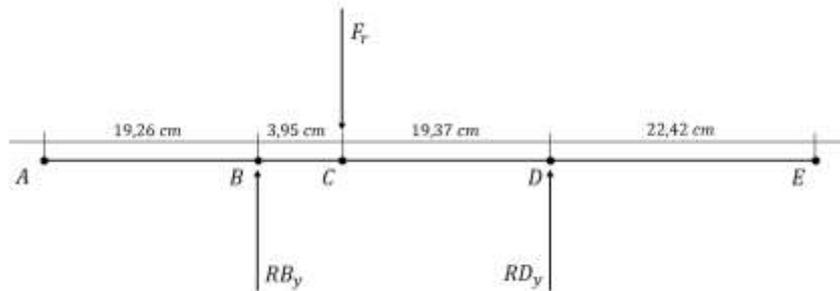


Ilustración 3-17: Fuerzas y reacciones en el plano YZ.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

$$\Sigma M_D = 0$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.64)

$$RB_y(0,2232 \text{ m}) - F_r(0,1937 \text{ m}) = 0$$

$$RB_y = \frac{F_r(0,1937 \text{ m})}{(0,2232 \text{ m})}$$

$$RB_y = \frac{(17,497 \text{ N})(0,1937 \text{ m})}{(0,2232 \text{ m})}$$

$$RB_y = 15,18444848 \text{ N} \approx 15,184 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.64)

$$-F_r + RB_y + RD_y = 0$$

$$RD_y = 17,497 \text{ N} - 15,184 \text{ N}$$

$$RD_y = 2,313 \text{ N}$$

- Momento flector en el plano YZ

$$MA = 0$$

$$MB = 0$$

$$MC = (2,313 \text{ N})(0,1937 \text{ m}) = \mathbf{0,44800281 \text{ Nm}}$$

$$MD = 0$$

$$ME = 0$$

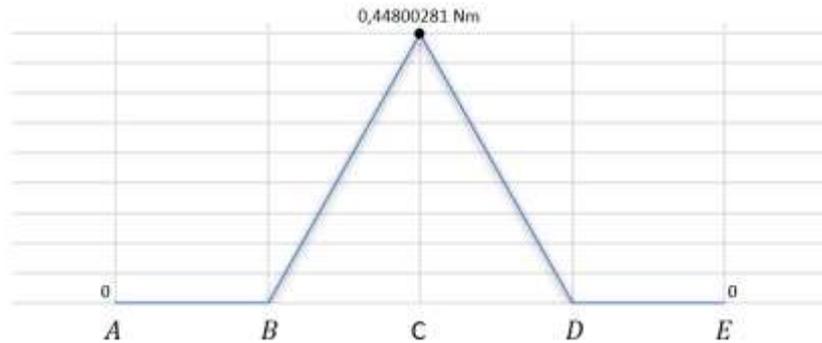


Ilustración 3-18: Diagrama de momento flector en el plano YZ.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

- Momento flector resultante

$$MA = 0$$

$$MB = 71,3893086 \text{ Nm}$$

$$MC = \sqrt{(104,2898953 \text{ Nm})^2 + (0,44800281 \text{ Nm})^2} = \mathbf{104,2895062 \text{ Nm}}$$

$$MD = 83,1021962 \text{ Nm}$$

$$ME = 0$$

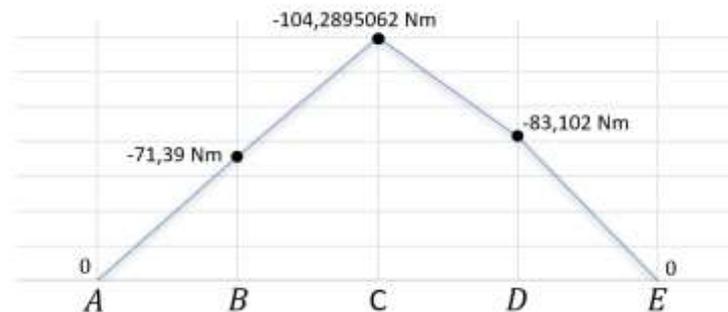


Ilustración 3-19: Diagrama de momento flector resultante.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.3.5. Cálculo del factor de seguridad a fatiga del eje

- Torque interno en el tramo efectivo del eje

$$T = F_t \left(\frac{d}{2} \right) \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.363})$$

$$T = 215,12 \text{ N} \left(\frac{0,185 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T = \mathbf{19,8986 \text{ Nm}}$$

- Componentes amplitud y media de los momentos

$$M_a = \left| \frac{M_{Cmax} - M_{Cmin}}{2} \right| \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.358})$$

$$M_a = \left| \frac{104,2895062 \text{ Nm} - (-104,2895062 \text{ Nm})}{2} \right| = 104,2895062 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{Cmax} + M_{Cmin}}{2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.358})$$

$$M_m = \frac{104,2895062 \text{ Nm} - 104,2895062 \text{ Nm}}{2} = 0$$

$$T_a = \left| \frac{T_{Cmax} - T_{Cmin}}{2} \right| \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.358})$$

$$T_a = \left| \frac{19,8986 \text{ Nm} - 19,8986 \text{ Nm}}{2} \right| = 0$$

$$T_m = \frac{T_{Cmax} + T_{Cmin}}{2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.358})$$

$$T_m = \frac{19,8986 \text{ Nm} + 19,8986 \text{ Nm}}{19,8986 \text{ Nm}} = 19,8986 \text{ Nm}$$

- Esfuerzos amplitud y medio equivalente de Von Misses.

$$\sigma_a = \left[\left(K_f \frac{32M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

$$\sigma_m = \left[\left(K_f \frac{32M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

Para el cálculo de esfuerzos amplitud y medio equivalente es necesario el factor K_f y K_{fs} , teniendo como factor el siguiente:

- Factor de concentración de esfuerzo “ K_f ”

$$K_{f_{flexión}} = 1 + q(Kt - 1) \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.287})$$

Donde:

K_f = Factor de concentración de esfuerzo a la flexión.

q = Sensibilidad a la muesca

K_t = Factor teórico de concentración de esfuerzo.

$q = 0,75$: ya que se utiliza el radio de muesca de 1mm obteniendo un valor de q de 0,75.

$K_t = 1,6$: correspondiente a un valor de chaveta.

$$K_{f_{flexión}} = 1 + q(K_t - 1) \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.287})$$

$$K_{f_{flexión}} = 1 + 0,75(1,6 - 1)$$

$$K_{f_{flexión}} = 1,45$$

- Factor de concentración de esfuerzo a la torsión.

$$K_{f_{torsión}} = 1 + q_s(K_t - 1) \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.287})$$

$$K_{f_{torsión}} = 1 + 0,95(1,6 - 1)$$

$$K_{f_{torsión}} = 1,57$$

- Sustituimos en la ecuación de esfuerzos amplitud y medio equivalente de Von Misses

$$\sigma_a' = \left[\left(K_f \frac{32M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

$$\sigma_a' = \left[\left((1,45) \frac{32(104,2895062 \text{ Nm})}{\pi(0,035 \text{ m})^3} \right)^2 + 3 \left((1,57) \frac{16(0)}{\pi(0,035 \text{ m})^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_a' = 48326924,91 \text{ Pa} \approx \mathbf{48,32692491 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_m' = \left[\left(K_f \frac{32M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

$$\sigma_m' = \left[\left((1,45) \frac{32(0 \text{ Nm})}{\pi(0,035 \text{ m})^3} \right)^2 + 3 \left((1,57) \frac{16(19,8986 \text{ Nm})}{\pi(0,035 \text{ m})^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_m' = 6427599,062 \text{ Pa} \approx \mathbf{6,427599062 \text{ MPa}}$$

- Cálculo del límite de fatiga corregido (aproximado).

Factor de superficie

$$k_a = aSut^b \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337})$$

Para el eje se escogió un acero ASTM A36 el cual tiene un $Sut=400\text{MPa}$, los coeficientes a y b se encuentran en el Anexo A.

$$k_a = aSut^b \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337})$$

$$k_a = (4,51)(400)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,921787138$$

Factor de tamaño.

Para el factor de tamaño se tiene la ecuación a utilizar al tratarse de un eje rotatorio, ver en el Anexo B.

$$k_b = 1,24d^{-0,107} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337})$$

$$k_b = 1,24(35\text{mm})^{-0,107}$$

$$k_b = 0,847630166$$

Factor de carga.

Por estar sometido tanto a esfuerzos de flexión y torsión se le asigna un valor de 1.

$$k_c = 1 \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337})$$

Factor de carga.

El factor de temperatura es de 1 ya que el eje estará trabajando a temperatura ambiente.

$$k_d = 1 \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337})$$

Factor de confiabilidad.

Al utilizar una confiabilidad del 50% según la siguiente tabla dicho factor es igual a 1, ver Anexo C.

$$k_e = 1$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337)

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e'$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.337)

$$S_e = (0,921787138)(0,847630166)(1)(1)(1)(1)(0,5 * 400)$$

$$S_e = 156,266917 \text{ MPa}$$

Aplicando el criterio de ED-Goodman para el cálculo de factor de seguridad a fatiga tenemos:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.338)

$$\frac{48,32692491 \text{ MPa}}{156,266917} + \frac{6,427599062 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = \frac{1}{n}$$

$$n = 3.0928$$

3.4.4. Cálculo del factor de seguridad del chavetero

Par esta sección es importante conocer el diagrama de momento flector resultante, con el fin de conocer en el momento flector resultante en el punto donde se encuentra la chaveta para la catalina.

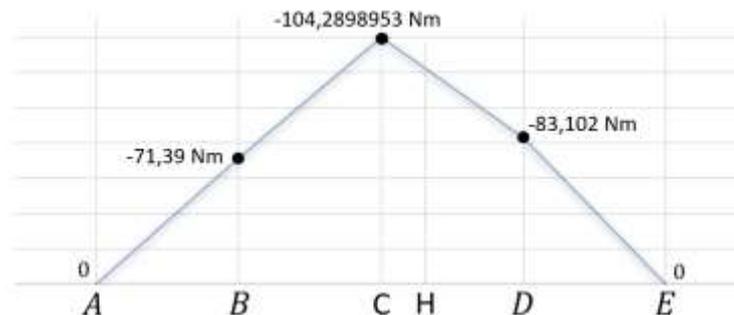


Ilustración 3-20: Diagrama de momento flector resultante.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Para el tener una idea de donde se encuentra el chavetero se tiene una distancia desde el punto A hacia el punto E, la distancia es de 28,59 cm hasta el punto H, ahora bien, para poder interpolar y obtener el momento flector en dicho punto nos ayudamos con software Excel para obtener la ecuación de la recta formada entre los puntos C y D, teniendo así la ecuación de:

$$y = -1,0983x + 129,69$$

$$y = -1,0983(28,59) + 129,69$$

$$y = 98,289603$$

$$M_H = 98,289603 \text{ Nm}$$

Factores geométricos de concentración de esfuerzos para la flexión y torsión respectivamente en el cuñero fresado.

$$K_t = 2,4 \quad K_{ts} = 3$$

Tabla 3-8: Factor de concentración de esfuerzo reducido para la fatiga en el cuñero.

Tipo de carga	Factores geométricos de concentración del esfuerzo	Polinomio para \sqrt{a}	Sensibilidad a la muesca	Factor de concentración del esfuerzo reducido para la fatiga
Flexión	$K_t = 2,14$	\sqrt{a} $= 0.246$ $- 3.08(10^{-3})Sut$ $+ 1.51(10^{-5})Sut^2$ $- 2.67(10^{-8})Sut^3$ $= 0.107006445$	$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$ $= 0.844616$	$K_f = 1 + q(K_t - 1)$ $K_f = 1.96286224$
Torsión	$K_{ts} = 3$	\sqrt{a} $= 0.190$ $- 2.51(10^{-3})Sut$ $+ 1.35(10^{-5})Sut^2$ $- 2.67(10^{-8})Sut^3$ $= 0.084606213$	$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$ $= 0.57109345$	$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$ $K_{fs} = 2.1421869$

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

- **Cálculo de esfuerzos y medio equivalentes de Von Misses**

$$\sigma_a = \left[\left(K_f \frac{32M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

$$\sigma_a = \left[\left(1,96286224 \frac{32(98,289603 \text{ Nm})}{\pi(0,035)^3} \right)^2 + 3 \left((2,1421869) \frac{16(0Nm)}{\pi(0,035)^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_a = 61,63766567 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \left[\left(K_f \frac{32M_m}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(K_{fs} \frac{16T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.356})$$

$$\sigma_m = \left[\left(1,96286224 \frac{32(0)}{\pi(0,035m)^3} \right)^2 + 3 \left((2,1421869) \frac{16(19,8986 \text{ Nm})}{\pi(0,035m)^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_m = 8,770139 \text{ MPa}$$

- **Criterio de ED-Goodman para verificar el factor de seguridad para la chaveta**

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004: pp.338)

$$\frac{61,63766567 \text{ MPa}}{156,266917 \text{ MPa}} + \frac{8,770139 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} = \frac{1}{n}$$

$$n = 2,4017$$

3.4.4.1. Cálculo del factor de seguridad para la chaveta

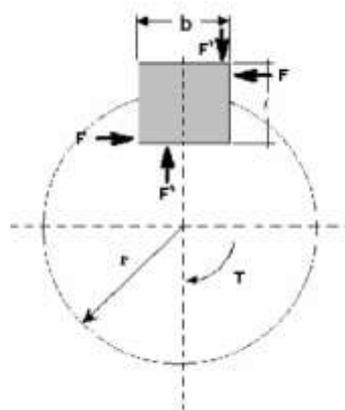


Ilustración 3-21: Distribución de esfuerzos

Fuente: (Duarte A. 2014)

- **Aplicación de la ecuación de Von Mises para el factor de seguridad**

$$(\tau_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} = \frac{S_y}{n}$$

(Budynas y Keith Nisbett, 2004:

pp.216)

$$\left(3\left(\frac{T}{r}\right)^2 / A\right)^{1/2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{3} \left(\frac{\frac{19,8986}{0,0175}}{0,006 * 0,006} \right) = \frac{250 \text{ MPa}}{n}$$

$$n = 4,56$$

3.4.5. Cálculo de radio de giro y selección del ángulo de lanzamiento

En el mercado automotor específicamente de motocicletas es común ver que el diseño no cumple con cuestiones dinámicas, puesto que se enfocan más en lo constructivo y estético como puede ser el caso de las motocicletas estilo custom. De la Tabla 9-3, de fabricantes mundiales y

reconocidos de motocicletas, el ángulo de lanzamiento elegido es de 26 grados que corresponde a una motoneta marca Suzuki modelo Burgban.

Se eligió este modelo y su correspondiente ángulo de lanzamiento por su gran maniobrabilidad en zona urbana y su facilidad en la conducción.

Tabla 3-9: Comparación entre ángulos de lanzamiento de diferentes motocicletas

Motocicleta	Enfoque	Suspensión delantera	Lanzamiento
Honda CBR 600 RR	Deportiva	Convencional	23° 55'
Yamaha GTS	Sport/Turismo	Parker/GTS	24°
BMW K1300S	Sport/Turismo	Doulever	29° 36'
Suzuki Burgman	Scooter/ciudadana	Convencional	26° 0'
Honda Goldwin	Turismo	Convencional	29° 15'
Kawasaki er-6n	Naked/ciudadana	Convencional	25° 0'
Honda Shadow	Custom	Convencional	34° 0'

Fuente: (De la Fuente, 2012).

El radio de giro es la facultad que tiene un vehículo de girar sus ruedas, teniendo en cuenta que entre más corto el radio de giro del vehículo se dice que puede llegar a ofrecer una mejor y conveniente maniobrabilidad, aunque, entre más gira las llantas tendera a dar la vuelta más cerrada y en menos espacio. El radio de giro depende directamente de la geometría de Akerman y de parámetros como la distancia entre ejes y centro de gravedad.

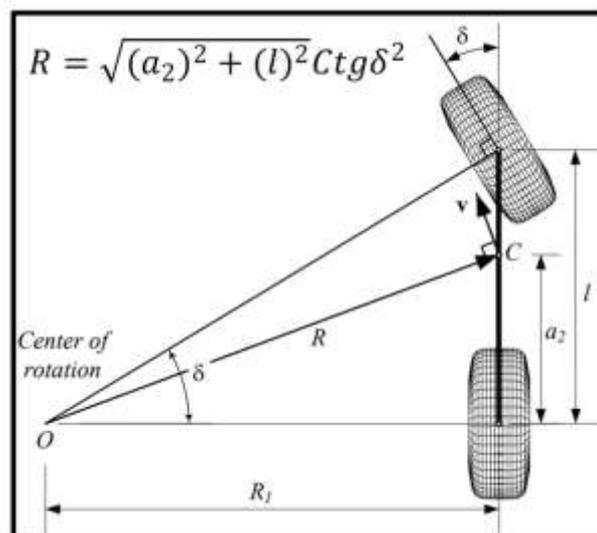


Ilustración 3-22: Angulo medio de un vehículo.

Fuente: (Reza N, 2008.)

Para calcular el centro de rotación se toma la siguiente ecuación:

$$R = \sqrt{(a_2)^2 + (l)^2 * \cot(\delta)^2} \quad (\text{Chamba Ochoa y Jaramillo Rivera, 2016: pp.25})$$

Donde:

a_2 = Distancia del eje posterior al centro de gravedad

l = Distancia entre ejes.

δ = ángulo medio de dirección

Tabla 3-10: Coeficientes y valores.

a_2	48,24 cm
l	122 cm
δ	21,16°
R	3,33 m

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

$$\sqrt{(48.24)^2 + (122)^2 * \cot(21.16)^2}$$

$$R = 333.6049141 = 3.33 \text{ m}$$

3.4.6. Modelado del eje posterior

El eje posterior se lo diseña con el fin de aplicar fuerzas y reacciones que influyen en su funcionamiento, se lo modela con las medidas acorte al chasis como se muestra en la Ilustración 22-3.

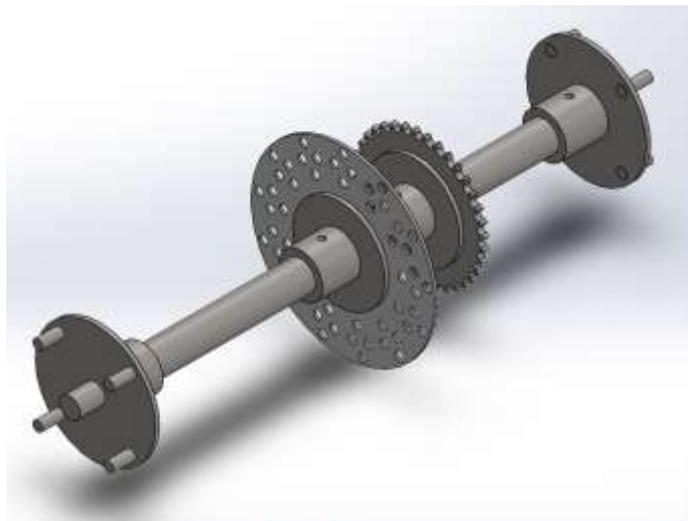
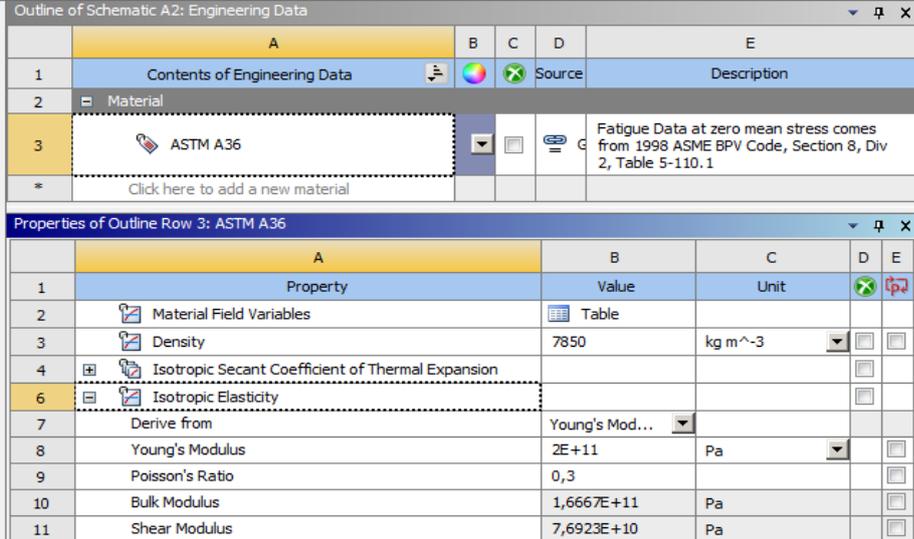


Ilustración 3-23: Modelado eje posterior.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.7. Asignación material ASTM A36

El acero estructural ASTM A36, el cual se lo asigna en el propio software CAE (Ansys Student), con sus respectivas propiedades básicas, especialmente en el uso de un eje sólido para la transmisión de movimiento del motor a sus ruedas.



The image shows two windows from the Ansys Engineering Data interface. The top window, titled 'Outline of Schematic A2: Engineering Data', displays a tree view where 'ASTM A36' is selected under the 'Material' category. The bottom window, titled 'Properties of Outline Row 3: ASTM A36', shows a table of material properties.

A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data	Source	Description	
2	Material			
3	ASTM A36	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1		
*	Click here to add a new material			

A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Mod...		
8	Young's Modulus	2E+11	Pa	
9	Poisson's Ratio	0,3		
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	

Ilustración 3-24: Propiedades del acero ASTM A36.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.8. Mallado

La calidad de malla dentro del análisis mediante cualquier software CAE es importante, ya que mientras más fina o pequeña sea la malla un mejor resultado se obtiene, en este caso al tratarse de ocupar un software CAE para estudiante, se debe tener en cuenta los números de elementos y nodos permitidos para el estudio.

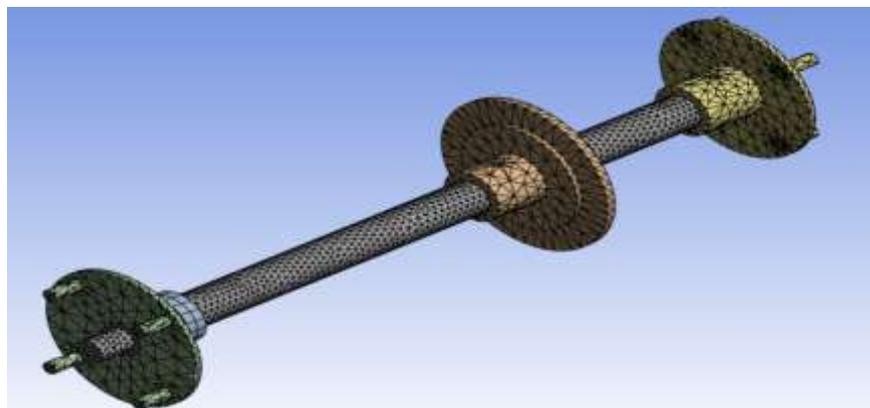


Ilustración 3-25: Mallado del eje posterior.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.8.1. Calidad de malla

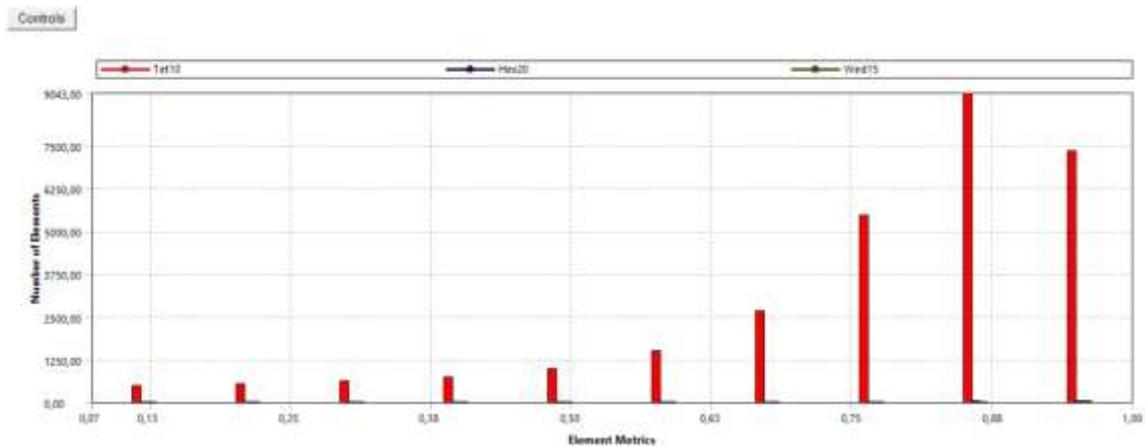


Ilustración 3-26: Element Quality de la malla.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Para poder medir la calidad de malla se lo puede hacer mediante la relación de aspecto o mediante la calidad del elemento, en este caso se realiza mediante la calidad del elemento teniendo un número de nodos de 49144 y un número de elementos de 49144, nos da una malla relativamente buena con un promedio de calidad de 0,77851, mientras el promedio más se acerque al 1 mejor será la calidad de malla que se realice, encontrándose la mayor parte de los nodos y elementos entre un 0,75 y 1.

Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	7,3058e-002
<input type="checkbox"/> Max	0,99996
<input type="checkbox"/> Average	0,77851
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	0,18997

Ilustración 3-27: Element Quality de la malla.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.4.9. Fuerzas y soportes en el eje posterior.

Con el cálculo realizado en la metodología se logra obtener las reacciones y fuerzas que se van a utilizar en el estudio de este elemento, se los coloca como se muestra en la Ilustración 27-3.

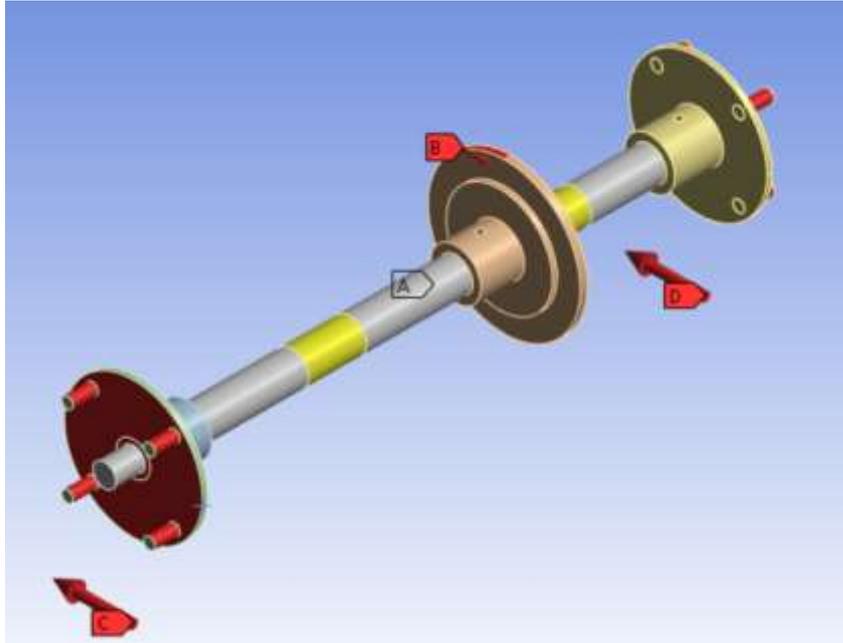


Ilustración 3-28: Fuerzas y esfuerzos ubicados en el eje posterior.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.5. Análisis CAE (Ansys) del chasis

En este caso en particular se tiene ya el chasis modelado, además de ello el material a utilizar es el mismo que el eje, siendo acero estructural ASTM A36, el único caso que cambia sería que el eje se trata de un elemento sólido mientras que aquí son perfiles tubulares, el estudio se lo realiza mediante el método de elementos finitos.

3.5.1. Mallado

Para el mallado se debe tener la misma consideración anterior, mientras más pequeña sea la malla más es el número de elementos y nodos, mejor viene a ser la malla, tratando de cumplir con los parámetros del software que en este caso nos permite un mallado limitado, que va a estar en una restricción de elementos o nodos cualquiera que llegue al número límite que es de 128000, por lo que se trata de acoplarse a dicho desventaja, se puede apreciar en la Ilustración 28-3, como se encuentra mallado el chasis.

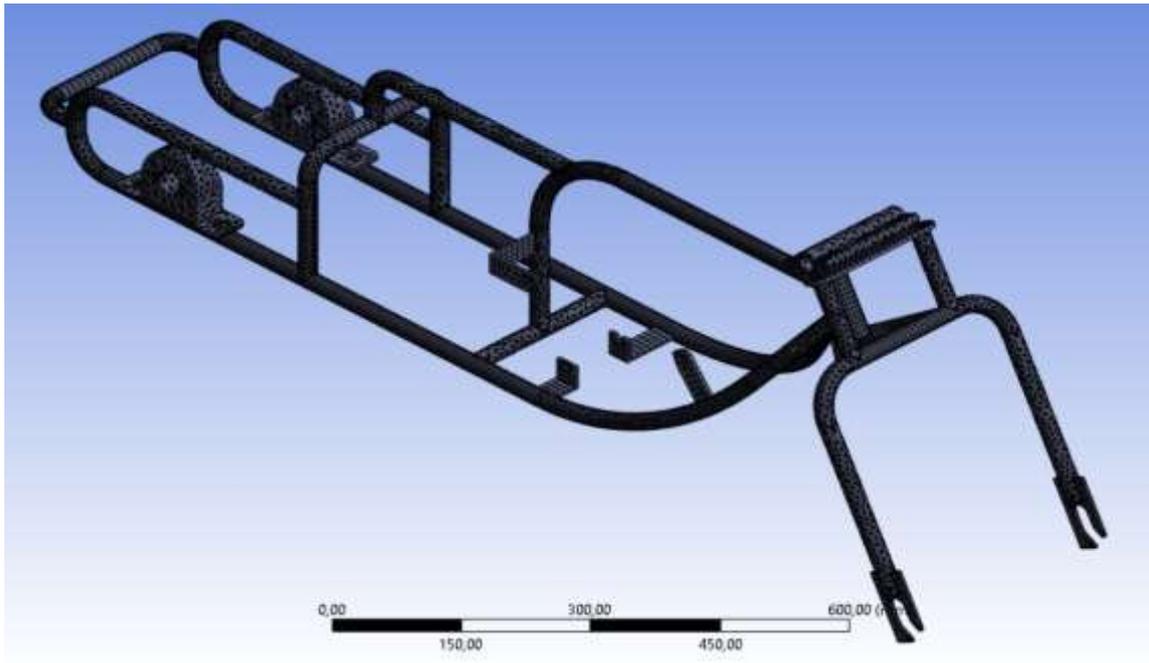


Ilustración 3-29: Mallado del chasis.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.5.2. Calidad de malla

La calidad de malla del chasis está dentro de lo aceptable con un promedio de calidad de elemento de 0,45902, como se menciona mientras más cerca se encuentre de la unidad mejor será, como se puede observar en la Ilustración 29-3, se observa que la gran mayoría de elementos se encuentran entre 0,30 y 0,63 la malla en partes de interés para el diseño y soporte de fuerzas y reacciones se encuentra centrado en los soportes, en donde se aplican directamente los pesos.

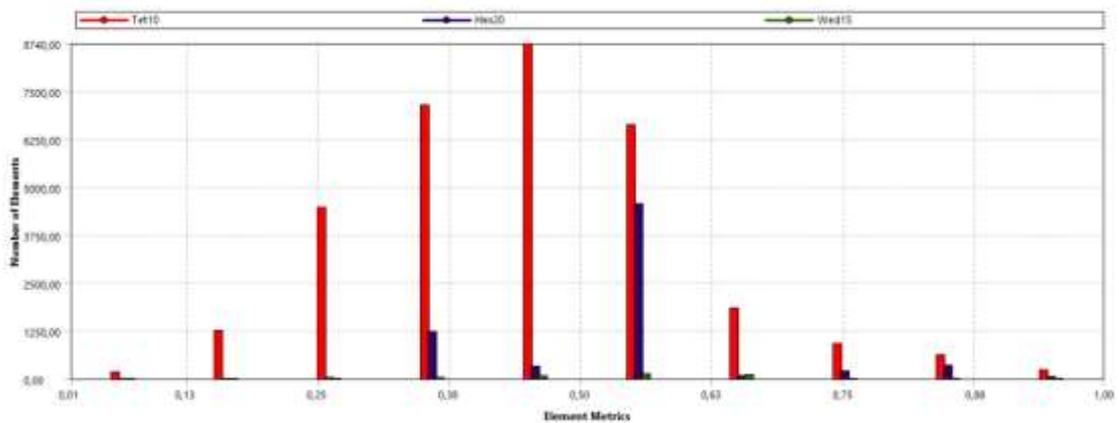


Ilustración 3-30: Element Quality de la malla del chasis.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.5.3. Fuerzas y soportes presentes en el chasis.

Las fuerzas consideradas para el estudio son los pesos esenciales, que son el peso de una persona, el cual va a cambiar de acuerdo con pesos que están dentro de los 50 y 80 kilogramos, el peso del motor el cual no varía y peso de complementos que forman parte de todo el vehículo.

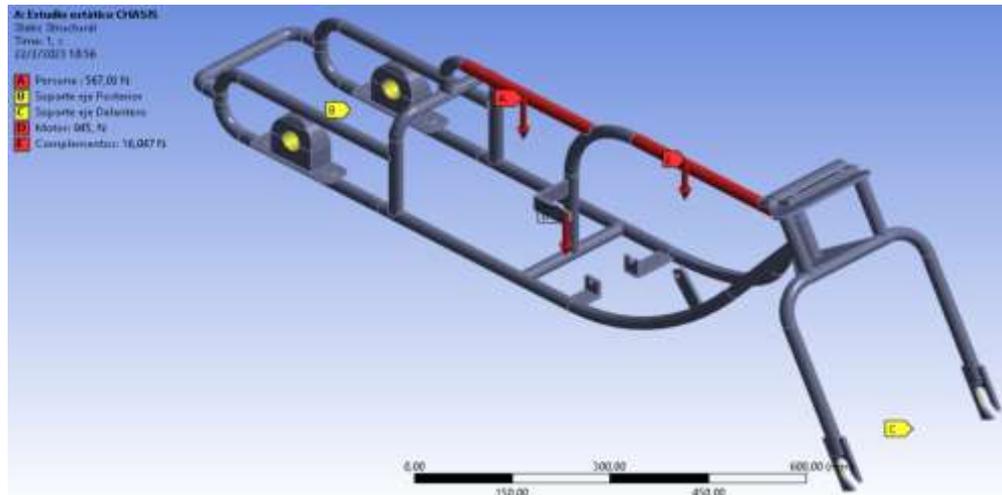


Ilustración 3-31: Fuerzas y soportes que influyen sobre el chasis.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.6. Desarrollo del proyecto

3.6.1. Diagrama del proceso de construcción del prototipo

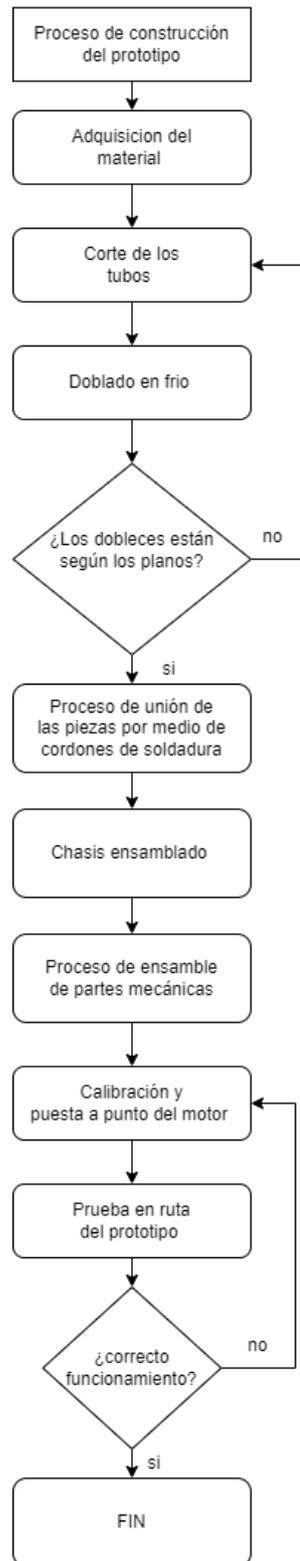


Ilustración 3-32: Diagrama de proceso de la construcción del prototipo

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.7. Construcción del prototipo

La construcción de un prototipo implica una serie de actividades a realizar, las cuales componen un proceso a seguir con el fin de llegar al producto final, el cual debe de cumplir parámetros de diseño y su correcto funcionamiento, mediante la implementación de diferentes sistemas como son el kit de arrastre, sistema de frenos, sistema de dirección. Se inicia desde el diseño del chasis con parámetros requeridos para la correcta proporción del espacio, para los diferentes componentes del vehículo, continuando con la construcción del chasis, implementación del sistema de dirección, reacondicionamiento del motor y por último la instalación de los diferentes sistemas que componen el vehículo.

3.7.1. Construcción del chasis

Para el chasis se inicia con el modelado previo en un software CAD, siguiendo la línea cronológica el diseño se lo traslada a software CAE para su estudio, una vez realizado dicho proceso se tiene ya actividades a realizarse con el fin de obtener el chasis de prototipo.

3.7.1.1. Compra de material

En cuanto al material se considera un perfil de acero estructural de dos medidas diferentes, se considera un tubo circular de un diámetro de 31.75 mm y 2 mm de espesor el cual se encuentra en mayor parte del chasis, mientras que ocupamos un tubo circular de 50.8 mm de diámetro con un espesor de 2 mm para la unión del sistema de dirección, se lo puede apreciar en el catálogo DIPAC en el Anexo D.

Para la adquisición del material mencionado anteriormente se debe tener en cuenta ciertos parámetros como son el tipo de acero el cual se definió en la modelación del software CAD, como es acero estructural ASTM A36 seleccionado por la fácil adquisición dentro del mercado ecuatoriano, disponibilidad en todos los perfiles y medidas, además de ello aprovechando mayormente su costo beneficio.

3.7.1.2. Proceso de doblaje de tubos

Para el doblaje de tubos existen diferentes métodos los cuales difieren las circunstancias en las cuales se va a realizar el proceso, cabe recalcar que dicho proceso consiste en aplicar una determinada fuerza en zonas o áreas específicas que se encuentran dentro del miembro estructural,

todo esto con el fin de conseguir una deformación plástica permanente, en nuestro caso se realiza en un perfil circular, pero se puede realizar en diferentes tipos de perfiles.

A los diferentes métodos, nos referimos a procesos que se realizan mediante sofisticados procesos de curvado 3D computacional hasta procesos utilizando técnicas manuales, para la forma en que se realiza el doblado se necesita que tanto el material como la forma que va a tomar cumplan con condiciones para que el perfil adquiera la forma deseada, para condiciones, nos referimos al material que se va a utilizar tanto en diámetro y espesor en nuestro caso, para la forma que se va a dar al perfil se tiene que “el radio de curvatura más pequeño deberá ser de al menos tres veces el diámetro exterior del tubo”.

En cuanto al método de curvado mediante la utilización de técnicas manuales se tienen diferentes métodos por así decirlo los cuales se muestran en la Ilustración 32-3, donde el método elegido para este proyecto es el doblado con compresión.

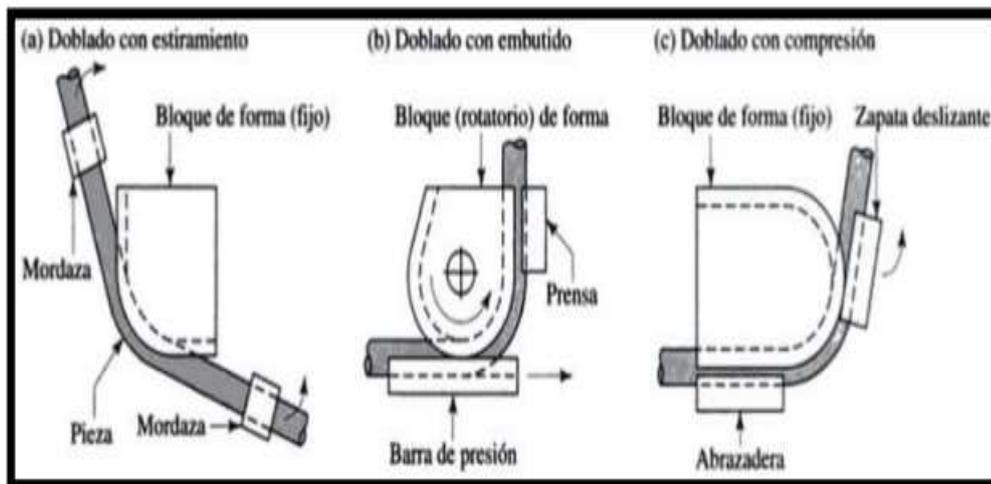


Ilustración 3-33: Métodos de doblado en frío por técnicas manuales.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Mediante el doblaje por compresión se procede a dar la forma deseada para la construcción del chasis, como en mayor parte del chasis se trata de tubos con forma redondeada procede a realizar todos los dobleces necesarios para su posterior unión.



Ilustración 3-34: Doblaje manual de tubos.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

3.7.1.3. *Medición*

En cuanto a las medidas que toma el miembro estructural, son las que se tiene en el modelado, lo hay que tener en cuenta primero el proceso de doblaje, para que tome la medida correcta acorde al modelado se tiene que medirlo una vez que se haya realizado dicha acción de doblaje para posteriormente proceder a su corte.



Ilustración 3-35: Medidas acorte al diseño CAD.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.7.1.4. *Corte del material*

Para el corte de material se utiliza el arranque de viruta, como es bien conocido existen muchos otros métodos que realizan dicho proceso como lo son: corte por plasma, corte por agua a presión, corte por láser. Se toma en cuenta ciertas circunstancias que influyen en este proceso, como bien

se tiene perfiles de acero ASTM A36, influye el mecanizado y terminado que se le va a dar, los cortes mencionados, si bien se tiene un buen terminado al culminar el proceso con respecto al corte por arranque de viruta, con la comparación de costos de entre todos los métodos de corte mencionados, por mucho el corte por arranque de viruta es mucho más económico, ya que los cortes mencionados son pensados para grandes industrias que mecanizan el proceso, puesto que disminuyen el tiempo de tratamiento al terminar el corte.



Ilustración 3-36: Corte del material.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Si bien el proceso de corte por arranque de viruta es más práctico y menos costoso, se tiene muchas otras ventajas para tomar el proceso para el proyecto, una ventaja es que mediante la herramienta de corte se puede realizar la acción de está muchas veces, es decir que sirve para el corte de grandes cantidades. El tratamiento final que se le da se lo realiza mediante técnicas de desbarbado para remover los residuos de dejados por el corte, para ello se utilizan herramientas como son el esmeril, limas, etc. Esto se lo realiza con el fin de tener un acabado limpio, lo que facilita en gran medida la unión con otros elementos.

3.7.1.5. Selección del método de soldadura

Mediante el proceso de soldadura se puede realizar la unión de materiales a través de calor o presión. Es un proceso confiable, eficiente y económico a la hora de unir piezas del mismo material, una soldadura es confiable ya que es capaz de asegurar su resistencia a las distintas fuerzas y reacciones por cargas presentes en la estructura durante su funcionamiento. Para ello es importante seleccionar el método de soldadura acorde a las características necesarias para el proyecto, si bien se tiene tipos de soldadura mucho más avanzados se puede decir que son los más adecuados para el proyecto actual ya que no cumple con requerimientos como el costo, el proyecto al estar atado a márgenes de costos se realiza la selección del proceso de soldadura.

Para la selección del método de soldadura que se va a seleccionar hay que tomar en cuenta parámetros específicos referentes al material que se va a utilizar y se describe así:

Tabla 3-11: Características a tomar en cuenta para soldadura.

Características	Material
Espesor metal	2 mm, 1.5 mm
Tipo de Material	ASTM A36
Diámetro exterior	31.75 mm, 50.8 mm
Fuente de corriente	Continua
Acceso a complementos	Fácil
Posición de soldeo	1F, 2F, 4F, 1G, 2G
Calidad de soldadura	Alta
Habilidad del operador	Conocimiento en SMAW, GMAW, GTAW

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Mencionadas las características del material, se procede a ver las aplicaciones y características de los distintos métodos de soldadura existentes con el fin de corroborar la aplicación del método en cuanto a la elaboración de un chasis estructural se refiere.

Tabla 3-12: Métodos de soldadura a aplicarse.

Proceso	Aplicaciones
SMAW	Trabajo estructural, construcción de navíos, reparación de tubería y mantenimiento, trabajo en taller y campo.
GMAW	Soldadura en alta producción, que requiere alta ruta de depósito. Trabajo en taller únicamente. Soldadura de materiales ferrosos y no ferrosos.
GTAW	Soldadura de materiales especiales (incluido no ferrosos), soldadura de alta precisión soldadura de material delgado. Automotriz, aeroespacial, generación de energía.
SAW	Construcción de navíos, tanques, calderas, soldadura de perfiles de alto espesor, soldadura de tubería (rotado), reconstrucción de superficies.
FCAW	Soldadura estructural, maquinaria pesada, navíos y plataformas, recubrimiento duro de superficies, soldadura en campo.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Como bien se menciona tenemos tres métodos de soldadura que cumplen con requerimientos para el proyecto, entre los cuales tenemos sus distintas aplicaciones dentro de todos los ámbitos en donde se considera los idóneos en cada parte de la industria, para ello se procede a seleccionar de los mismos tres el que se adapte mejor a lo que se quiere realizar con el material que en este caso es acero estructural ASTM A36, un perfil circular de un espesor de 2 mm y 1.5 mm.

Tabla 3-13: Métodos aplicables en diferentes espesores.

Proceso de soldadura	Acero al carbono	Acero inoxidable	Aleación de aluminio	Aleación de Magnesio
SMAW	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T	N/A
GMAW	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T
GTAW	S, I	S, I	S, I, M	S, I

Leyenda

S: Lámina (hasta 3mm espesor) I: Intermedio (de 3 a 6mm espesor) M: Medio (de 6 a 19mm espesor)

T: Gruesa (Más de 19mm de espesor) N/A: No aplica. NR: No recomendado

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Como podemos observar tenemos los tres métodos de soldadura, los tres cumplen para poder realizar el proceso ya que al tener espesores de 1.5 mm a 2mm en acero al carbono vienen a estar dentro de los rangos de soldadura. Ahora bien, dependiendo de características externas se puede seleccionar de entre las tres ya mencionadas.

Tabla 3-14: Método seleccionado.

	Habilidad	Costo	Materiales	Espesor	Velocidad
SMAW	Moderada	Alto	Acero, Inox, Níquel y Bronce	3mm superior	y Baja
GMAW	Baja	Bajo	Acero, Inox, Níquel, Bronce, Aluminio y Titanio.	0.6mm superior	y Muy Alta
GTAW	Alta	Alto	Acero, Inox.	0.2mm superior.	y Muy Alta

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Como se ve en la Tabla 11-3, si se juzga mediante la velocidad del proceso se puede decantar por dos métodos el GMAW y GTAW, mientras que si se juzga mediante la habilidad que hay que tener para aplicar el proceso y el costo que incluye se decantaría por GMAW, para este proyecto es necesario al tratarse de un prototipo la velocidad que se puede realizar muy rápido y el costo al tener un presupuesto limitado tiene que ser bajo se decanta del método de soldadura GMAW.

3.7.1.6. *Proceso de soldadura*

Al momento de realizar el proceso de soldadura hay que tener en cuenta ciertas circunstancias que se deben dar para lograr un trabajo limpio, por lo que se puede decir que se lo realiza de la siguiente manera:

Primero se realiza la preparación del material o elemento estructural que se vaya a soldar, por lo que es indispensable limpiar al menos las uniones en donde se vaya a colocar el cordón de soldadura, con limpiar nos referimos a la remoción de pinturas y óxido.

Luego al momento de querer unir los elementos se procede a colocar un punto de soldadura, con el fin de impedir el movimiento innecesario del material involucrado, esto hace más fácil la colocación del cordón final, ya que al contar o no con la habilidad esto ayuda en gran manera al momento del posicionamiento del operario con perspectiva al material. Ya para el cordón final de soldadura se tiene que realizarlo en el sentido adecuado, como tenemos un perfil circular se lo realiza de manera que el soldado se haga en los 360°, en algunos casos que el soldador no se pueda mover se tiene que realizar por dos tramos en donde dichos 360° se dividen en dos, cada cordón abarcará 180° grados cada uno. Una vez soldado todos los elementos se tendría la estructura armada y unida mediante soldadura y además de ello se tiene que soldar soportes para los distintos componentes para el motor, caliper, asiento, entre muchos otros como se muestra en la Ilustración 36-3.



Ilustración 3-37: Cordón de soldadura.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023



Ilustración 3-38: Soldadura de soportes.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Una vez soldados todos los elementos ya mencionados se tiene el chasis completado, como se muestra en la Ilustración 38-3.



Ilustración 3-39: Chasis

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.7.1.7. Inspección de soldadura

La soldadura debe ser homogénea al momento de realizar el trazo, independientemente de la técnica que se haya seleccionado el cordón de soldadura debe recibir cierta atención, ya que cumple la acción de unión de elementos del chasis, por ende al dar por terminada la soldadura se debe limpiarla y visualmente tiene que ser cordones bien trazados, esta es una forma de inspeccionar como se encuentra, aunque no es la más precisa es una forma de hacerlo, con ello logramos detectar ciertas áreas en las cuales no se unen correctamente los elementos, y posteriormente corregirlo.

3.8. Motor AX100

El motor es el elemento fundamental para que el vehículo tenga movimiento y para ello en el Drift Trike se acopló un motor AX100 de la marca Suzuki, elemento que es parte del grupo de diseño y producción GDP que tiene dicho motor para estudio de sus diferentes partes, se le da este uso ya que dicho grupo realizó el estudio y mejora de partes como cabezote y pistón, se le da un uso práctico en este proyecto con las siguientes características técnicas:

Tabla 3-15: Especificaciones del motor AX100 Suzuki

Descripción	Especificaciones
Modelo:	2 tiempos, enfriando por viento
Cantidad de cilindros:	1
Diámetro del cilindro:	50mm
Golpe:	50mm
Desplazamiento:	98cc
Relación de compresión:	6,6:1
Carburador:	Tapón cilíndrico, estilo flotante
Velocidad máxima:	110 km/h

Fuente: (Haojue SUZUKI, 1986).



Ilustración 3-40: Motor AX100 Suzuki de 100cc

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.8.1. *Reacondicionamiento e instalación del motor en el chasis.*

En el motor se encontró una rasgadura en su cilindro por lo que se necesita un reacondicionamiento, se realizó un rectificado del cilindro con un espesor de +0.5 por tanto es necesario obligatoriamente el cambio de pistón acorde a su rectificado, además de ello se realiza el cambio de aceite, ajuste de sus marchas y la realización de un tubo de escape acorde a la

geometría del vehículo, posteriormente se prueba el motor en cada una de sus marchas, por el motivo de verificar su funcionamiento en cada marcha, se encontró un desperfecto al subir las marchas ya que no se mantenía en la marcha seleccionada, por lo que se cambia el flaper, dicho componente es el encargado de dejar pasar la mezcla aire-combustible y no dejar que se regrese, al final se le cambio el carburador y el flaper.



Ilustración 3-41: Pistón y cilindro.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.8.2. Instalación de los sistemas involucrados en el funcionamiento del prototipo

Para el vehículo prototipo son necesarios tres sistemas indispensables para su correcto funcionamiento como lo son: sistema de dirección, sistema de freno, kit de arrastre y aceleración, para ello, se empieza primero por la colocación del motor en las bases correspondientes.

3.8.2.1. Instalación del kit de arrastre y aceleración

Para el kit de arrastre se diseñó el eje que trasmite el movimiento proveniente del motor, el movimiento se transmite mediante el piñón y la catalina, mientras que para el sistema de aceleración el elemento principal es el carburador el cual realiza la mezcla aire combustible por un efecto Venturi, para que esto se complete el mecanismo consta de una empuñadura de aceleración la cual oscila a voluntad del piloto, tal mecanismo tiene un retorno por la fuerza de un resorte ubicado en el propio carburador.



Ilustración 3-42: Eje posterior.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

En cuanto al eje se trata de un perfil estructural circular sólido, con un diámetro de 35 mm en el cual se realizó un mecanizado para poder fijar los elementos correspondientes a la transmisión y frenado, para el frenado se colocó el disco de freno y para la transmisión del movimiento del motor a las ruedas la catalina, como se puede observar en la Ilustración 41-3.

Para la aceleración se trata de asimilar el sistema de una motocicleta, en donde la aceleración se encuentra en la mano derecha, mientras que en la mano izquierda se coloca el embrague.



Ilustración 3-43: Manillas de embrague y aceleración.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

El elemento para la transmisión de movimiento es la cadena, la cual debe estar debidamente tensada para ello se colocó un tensor en la parte baja de la cadena como se muestra en la Ilustración 43-3.



Ilustración 3-44: Cadena y tensor.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.8.2.2. *Instalación de sistema de freno*

Para el sistema de freno se coloca el disco de freno en el mismo eje posterior, el cual es el encargado de detener el movimiento de este, además de ello en una base del chasis se coloca estratégicamente el caliper para la detención del disco de freno, se lo controla de manera hidráulica el freno, colocando en la manilla derecha el freno, igual al sistema de las motos.



Ilustración 3-45: Manilla derecha para el freno.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.8.2.3. *Instalación del sistema de dirección*

Se trata de un conjunto de dos rodamientos y un pin, el cual sirve como guía y sujeción, el funcionamiento de estos rodamientos es que la dirección sea más suave al momento de girar, el aro exterior del rodamiento esta acoplada en la base de la dirección mientras que el cono está en

el interior de la estructura tubular de la dirección, esto con la finalidad de que exista una fricción mínima entre la base y el tubo de la dirección.



Ilustración 3-46: Sistema de dirección.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

3.9. Recursos

3.9.1. Recursos económicos

Se detalla el número de elementos y recursos que se emplean en el proyecto con el fin de dar a conocer un costo aproximado al costo total, se los divide a continuación en:

– **Costos directos**

Tabla 3-16: Costos directos empleados para adquisición de material.

Descripción del elemento	Número de unidad	Costo
Chumaceras	3	\$ 36
Tubos	1	\$ 18
Pernos y bujía (motor) (3P&1B)	3&1	\$3,50
Piedra para pulidora y disco de cortar	1&2	\$3,75
Bujes de dirección	2	\$15
Eje sólido de 1 3/8 pulgadas	1	\$ 17,65
Catalina, cadena y disco de freno	1 cada 1	\$ 32
Eje sólido de 1 pulgada	1	\$ 4,69
Rodamientos	2	\$ 12
Placas de 15 cm de diámetro	4	\$ 8
Pernos de rueda delantera	4	\$ 7
Pernos de rueda posterior	8	\$ 12

Pernos, manzanas y prisioneros	12	\$ 4
Mordaza	1	\$ 18
Freno	1	\$ 12
Embrague	1	5
Manguera hidráulica de freno	1	\$ 20
Acelerador	1	\$ 9
Cable del acelerador	1	\$ 6
Tanque de combustible	1	\$ 32.16
Escape	1	\$ 80
Cable de embrague	1	\$ 3
Pintura	1	\$ 31
Carburador	1	\$ 20
Flaper	1	\$ 6
	Total	\$ 415.75

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Tabla 3-17: Costos directos empleados para procesos.

Procesos	Número de procesos	Costo
Reacondicionamiento del motor	1	\$ 40
Rectificar el motor	1	\$ 10
Desbastado del perno	1	\$ 18,65
Desbastado de eje posterior y delantero	1	\$ 170
Barolada de tubos	1	\$ 15
Re enllantado	1	\$ 17
	Total	\$ 270.65

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

– **Costos indirectos**

Tabla 3-18: Costos indirectos usados en activos.

Descripción	Costo
Costo de trabajo ingenieril	\$ 200
Transporte	\$ 40
Asuntos varios	\$ 50
	Total
	\$ 290

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

– **Costo total**

Tabla 3-19: Costo total aproximado.

Descripción	Costo
Costos Directos	\$ 270.65 + \$ 243.59
Costos Indirectos	\$ 290
Total	\$ 804.24

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPREACIÓN DE RESULTADOS

Simulación en software CAE

4.1. Eje posterior

4.1.1. Análisis estático del eje posterior

4.1.1.1. Análisis de deformación máxima del eje posterior ensamblado.

Tabla 4-1: Deformación del eje ensamblado

Deformación (mm)		
Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Promedio (mm)
6,5879e-005	0,10106	2,4735e-002

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

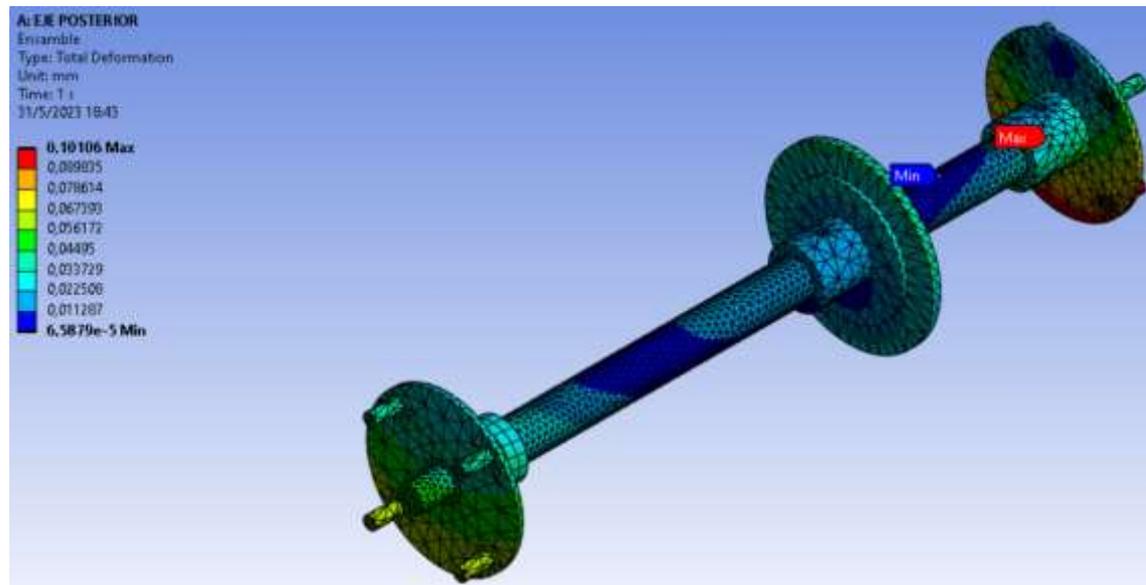


Ilustración 4-1: Deformación máxima ubicada mediante código de colores en Ansys.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Como se puede observar se tiene una deformación máxima de 0,10 mm, el cual está ubicado en la manzana de la rueda, gracias al ensamble se puede observar a detalle cómo se comportan todos los elementos que implican un eje de transmisión de movimiento.

4.1.1.2. Análisis de deformación del eje

Tabla 4-2: Deformación del eje.

Deformación (mm)		
Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Promedio (mm)
6,5879e-005	6,1468e-002	1,9667e-002

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

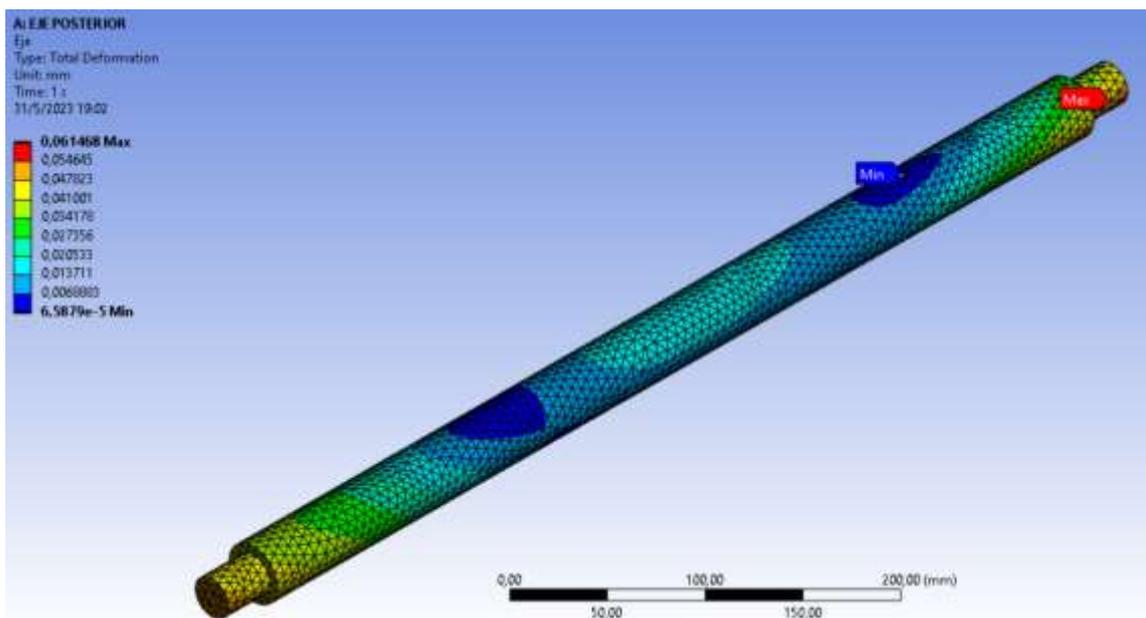


Ilustración 4-2: Deformación máxima ubicada mediante código de colores en Ansys.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

4.1.1.3. Análisis del factor de seguridad del eje posterior ensamblado.

Para el factor de seguridad en este caso se tomó el valor mínimo, ya que como bien el punto fallo se da como se puede observar de un color diferente en este caso amarillo, dicho punto hace referencia a la ubicación de la catalina, justo en la parte del chavetero, tanto de la catalina como de las manzanas de cada rueda tienden a tener un menor valor de factor de seguridad a fatiga.

Tabla 4-3: Factor de seguridad a fatiga.

Factor de seguridad a fatiga		
Mínimo	Máximo	Promedio
2,7574	15	14,878

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

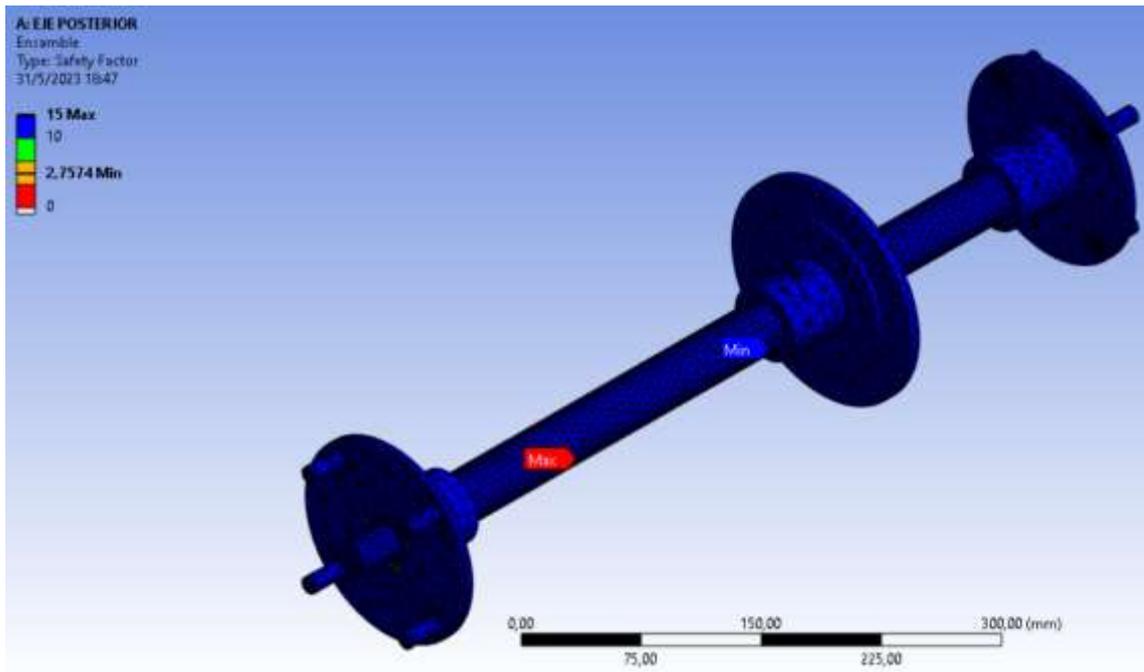


Ilustración 4-3: Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

4.1.1.4. Análisis del factor de seguridad del eje a fatiga

Tabla 4-4: Factor de seguridad a fatiga del eje.

Factor de seguridad a fatiga		
Mínimo	Máximo	Promedio
2,9014	15	14,914

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

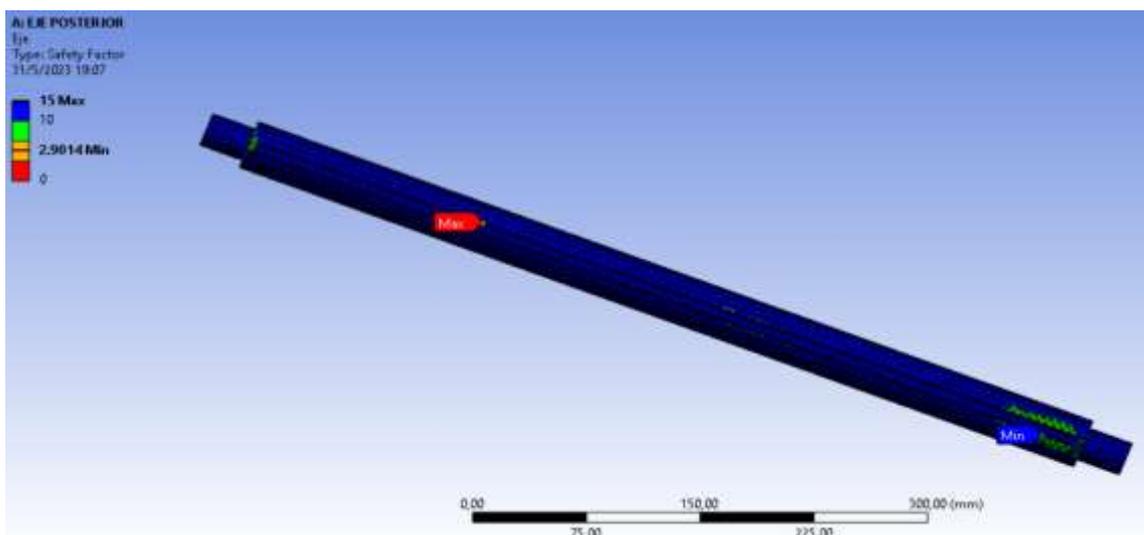


Ilustración 4-4: Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

4.1.1.5. Análisis del factor de seguridad de la chaveta

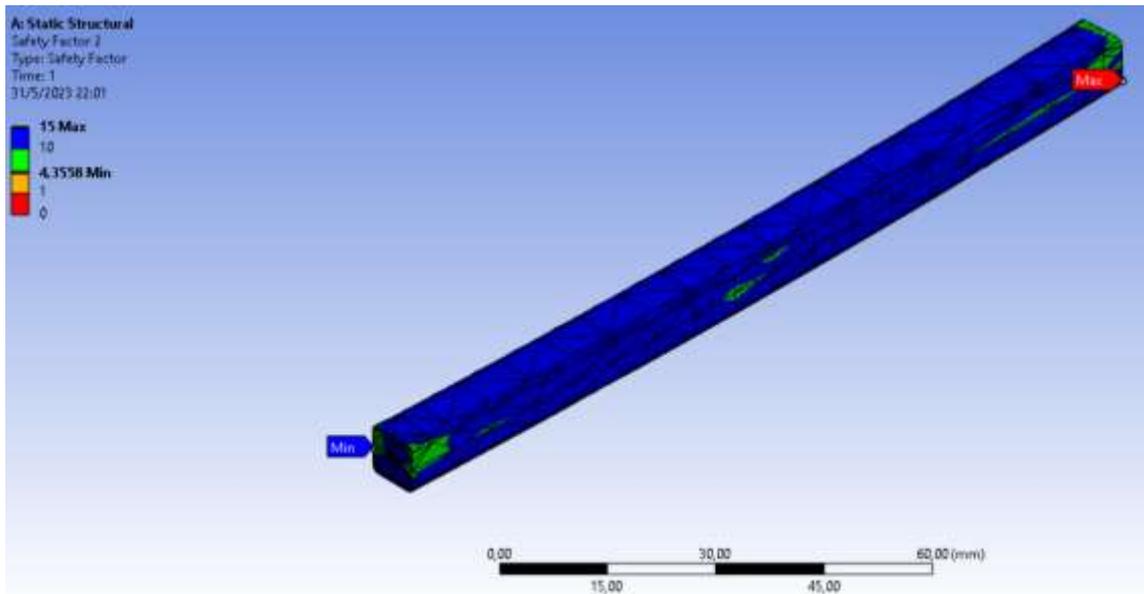


Ilustración 4-5: Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys para la chaveta.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Tabla 4-5: Factor de seguridad a fatiga del eje.

Factor de seguridad		
Mínimo	Máximo	Promedio
4,0249	15	13,252

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

4.1.2. Análisis estático del chasis.

En el análisis estático se tiene la simulación sin movimiento, soportes en donde se colocan las ruedas y los pesos correspondientes a la carga que va a soportar el prototipo.

4.1.2.1. Deformación máxima

Mediante un código de colores se representan las zonas donde se tiene deformación mínima y máxima conjunto con las etiquetas colocadas, van desde el color azul la deformación mínima hasta el color rojo la deformación máxima, donde se tiene el sitio que más deformación sufre.

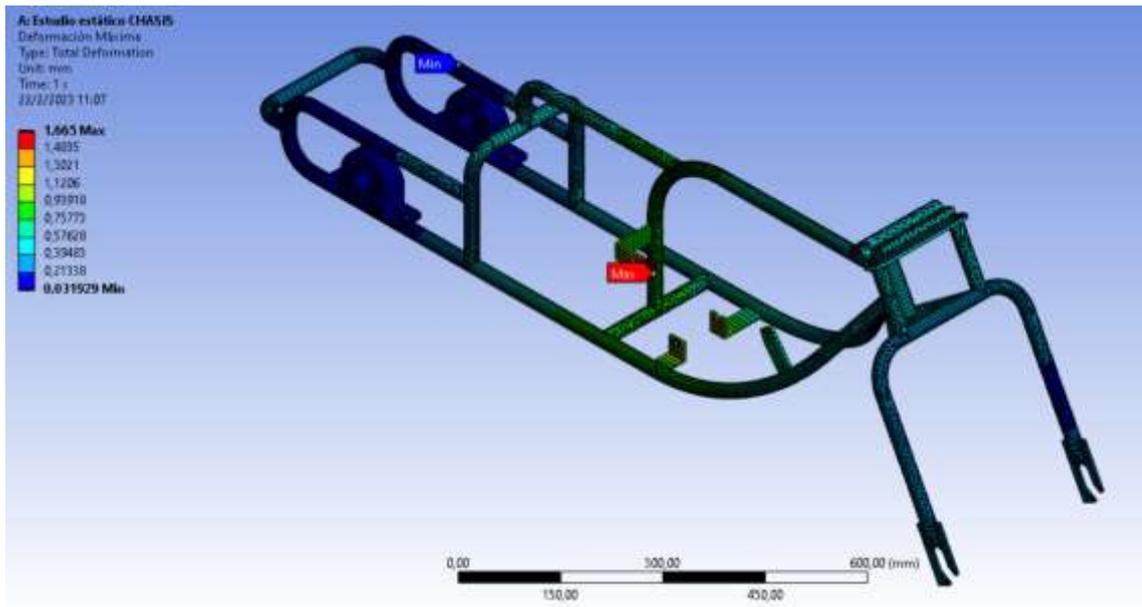


Ilustración 4-6: Deformación máxima.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Tabla 4-6: Resultados deformación chasis

	Peso (kg)	Deformación		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Persona	50 kg	0,031929 mm	1,665 mm	0,4375 mm
	55 kg	3,2798e-002 mm	1,6954 mm	0,45207 mm
	60 kg	3,3688e-002 mm	1,7256 mm	0,46651 mm
	65 kg	3,4606e-002 mm	1,7557 mm	0,48097 mm
	70 kg	3,555e-002 mm	1,7858 mm	0,49545 mm
	75 kg	3,6518e-002 mm	1,816 mm	0,50994 mm
	80 kg	3,7507e-002 mm	1,8461 mm	0,52445 mm
Media	53,57 kg	0,0303245 mm	1,5362 mm	0,42086125 mm

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Tenemos una deformación máxima de 1,8461 mm que es el valor máximo obtenido del estudio estático, tratando como el peso de 80 kg es el que produce una mayor deformación, siendo la estructura de dimensiones mayores a milímetros es casi imperceptible la deformación producida por todas las fuerzas que influyen en la estructura. Dicha deformación se produce en los soportes del motor el cual es en todas las simulaciones producidas para distintos pesos el punto mencionado es siempre el que tiene la mayor deformación, pero como se menciona al tratarse de una estructura de dimensiones mayores a milímetros es casi imperceptible la deformación en distintas circunstancias.

4.1.2.2. Análisis de esfuerzo máximo del chasis.

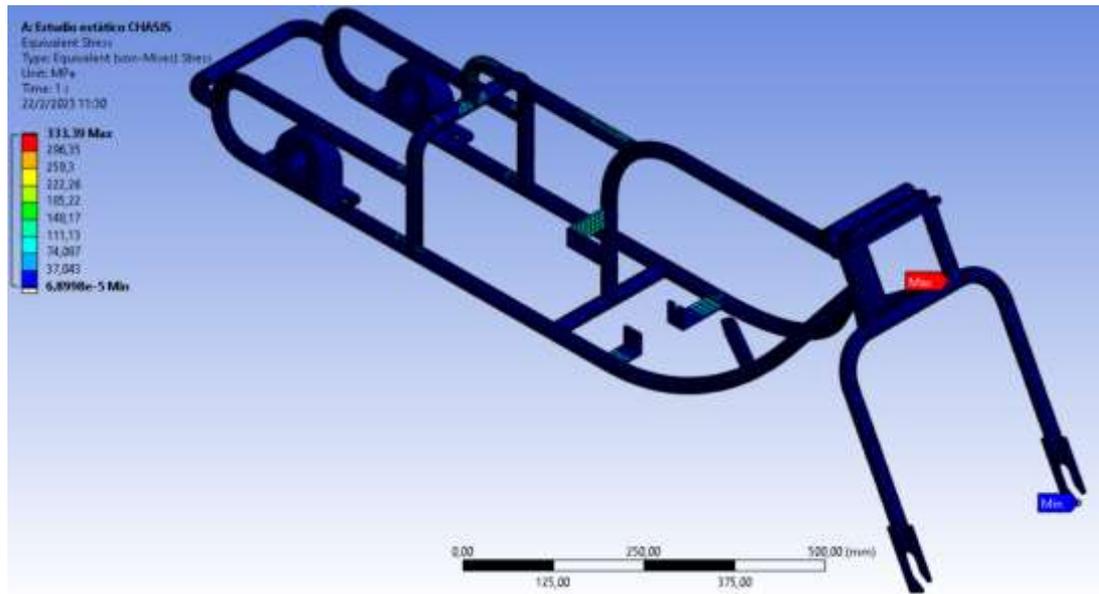


Ilustración 4-7: Tensión equivalente representado por código de colores.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023

Tabla 4-7: Resultados de tensión equivalente.

	Peso (kg)	Tensión Equivalente		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Persona	50 kg	6,8998e-005 MPa	333,39 MPa	11,362 MPa
	55 kg	7,0754e-005 MPa	341,27 MPa	11,712 MPa
	60 kg	7,2493e-005 MPa	349,07 MPa	12,061 MPa
	65 kg	7,4233e-005 MPa	356,88 MPa	12,412 MPa
	70 kg	7,5973e-005 MPa	364,68 MPa	12,767 MPa
	75 kg	7,7713e-005 MPa	372,48 MPa	13,124 MPa
	80 kg	7,9453e-005 MPa	380,28 MPa	13,483 MPa
Media	53,57 kg	6,4952E-05 MPa	312,25625 MPa	10,865125 MPa

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

La máxima tensión equivalente es de 380,28 MPa con un peso de una persona de 80 kg, mientras que el peso del motor y accesorios son los mismos en todas las simulaciones, el resultado se encuentra inferior comparándolo con la tensión equivalente del material que es de 400 MPa, es decir que la estructura soportará más peso antes de llegar a la falla del material tensión del material.

4.1.2.3. Análisis del factor de seguridad del chasis.

Mediante el código de colores representado en la Ilustración 8-4, se puede observar en la etiqueta colocada que el factor de seguridad mínimo se encuentra donde se unen partes del chasis, cabe recalcar que en dicha zona se coloca un refuerzo para corregir dicho problema, con el único motivo de que no se representa adecuadamente en la simulación.

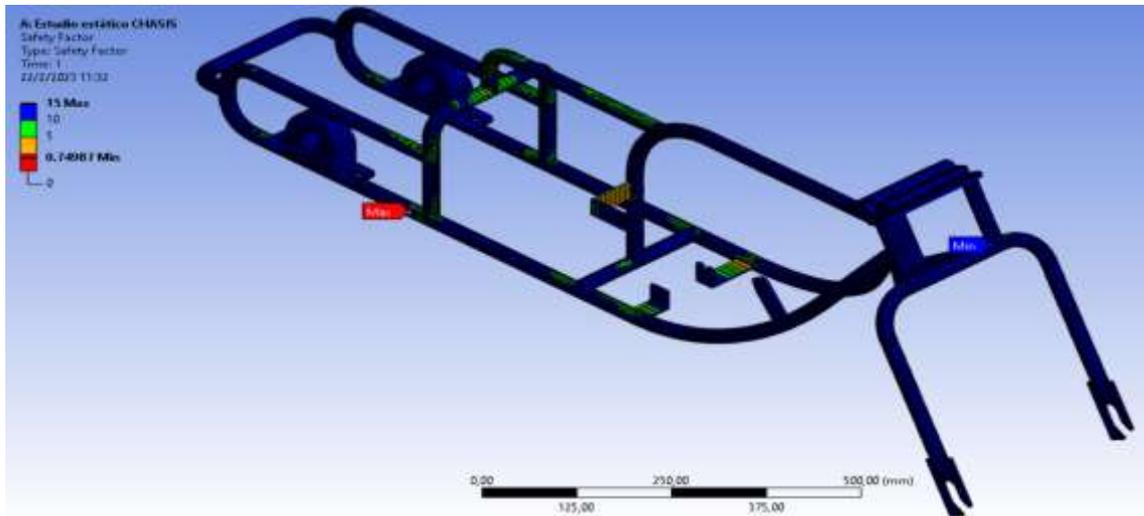


Ilustración 4-8: Factor de seguridad mediante el código de colores en Ansys.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Tabla 4-8: Resultados del factor de seguridad.

	Peso (kg)	Factor de Seguridad		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Persona	50 kg	0,74987	15	13,995
	55 kg	0,73256	15	13,924
	60 kg	0,71618	15	13,851
	65 kg	0,70052	15	13,778
	70 kg	0,68554	15	13,703
	75 kg	0,67118	15	13,627
	80 kg	0,65741	15	13,551
Media	53,57 kg	0,6141575	13,125	12,053625

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Para el factor de seguridad se tomó el promedio, ya que al tratarse de toda la estructura se observa cada rincón del chasis, como se menciona anteriormente en donde se tiene un factor de seguridad mínimo es donde se coloca un refuerzo, haciendo que el factor de seguridad mínimo se de en los soportes.

4.1.2.4. Análisis a fatiga

Se considera a fatiga, por motivo de la acción de la persona al subirse y bajarse repetidamente a lo largo de la vida útil del vehículo, considerando el punto de falla donde se refuerza la estructura como se muestra en la Ilustración 9-4, siendo que la estructura en ese punto resistirá 16911 veces que una persona de 80 kg se suba y baje constantemente.

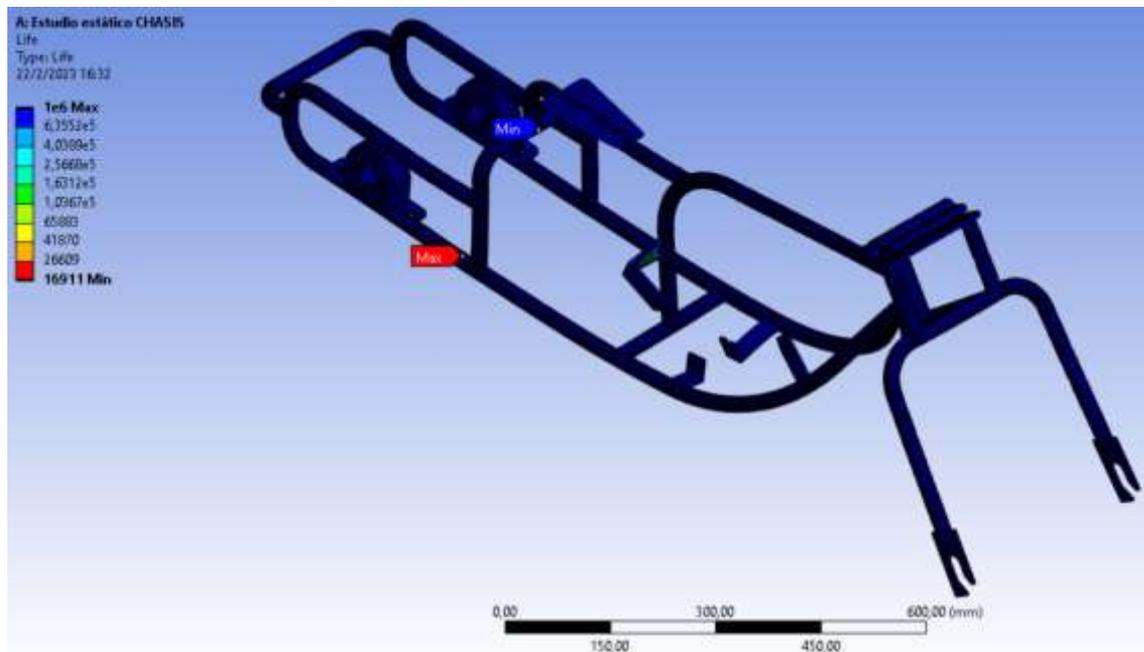


Ilustración 4-9: Vida de la estructura a fatiga.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

4.1.2.5. Factor de seguridad a fatiga

En la Ilustración 10-4, se tiene una división de puntos donde el factor de seguridad es mínimo considerando el color rojo crítico o el mínimo, resulta que en algunos casos se considera una singularidad por motivo de tratarse de un solo punto, por lo mismo se realiza un barrido de la zona comprobando que a su alrededor el factor de seguridad es alrededor de 2 en adelante considerando que es un factor de seguridad aceptable en cuanto a estructuras se considera.

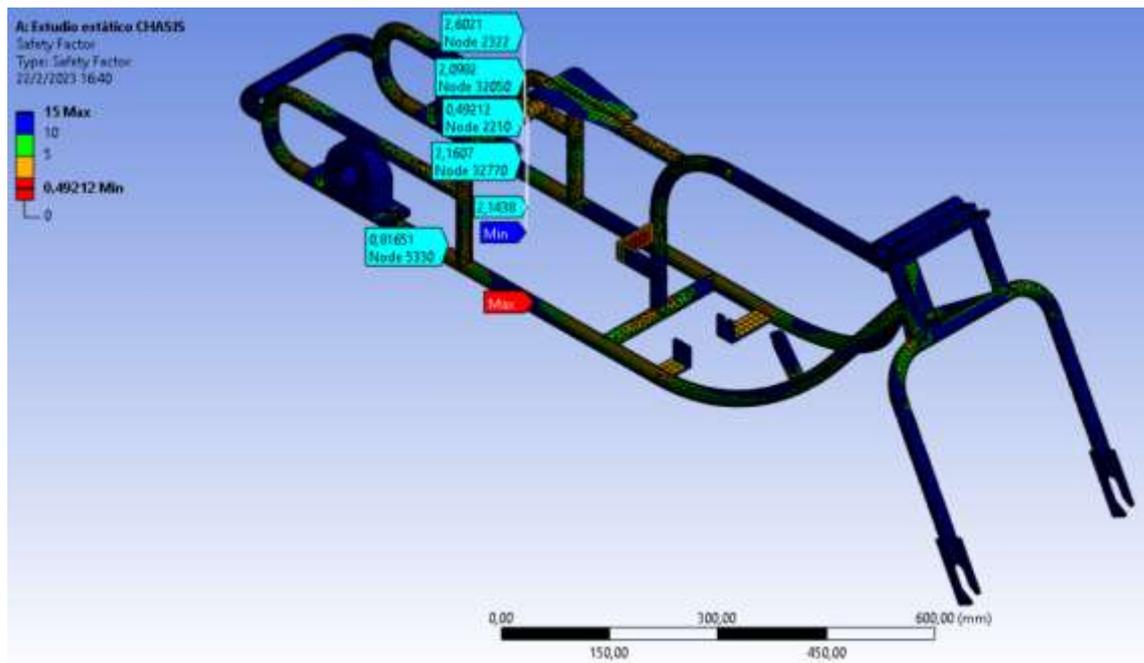


Ilustración 4-10: Factor de seguridad a fatiga.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

4.1.2.6. Combinaciones según la norma NTE INEN 1323:2009

En vista que no existe una norma que rige los vehículos prototipo tipo drift en nuestro país se considera las combinaciones de dicha norma para observar el comportamiento del chasis a diferentes situaciones, se considera la carga viva el peso la persona de 80 kg el mayor peso que consideramos para el estudio estático.

Tabla 4-9: Resultados de las combinaciones según la norma NTE INEN 1323:2009.

Combinaciones	Deformación en (mm)			Factor de seguridad		
	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
M	0,00385	0,088528	0,050294	5,1059	15	14,999
M + V	0,01825	0,45644	0,22684	1,7534	15	14,846
M + V + G	0,01752	0,45665	0,22684	1,7584	15	14,846
M + V + F	0,01859	0,45762	0,22773	1,7497	15	14,845
M + V + F + R_{af}	0,01959	0,4661	0,23453	1,7801	15	14,834
M + V + R_{af}	0,01968	0,46711	0,23502	1,7368	15	14,832
M + V + A_b	0,01807	0,45432	0,2252	1,7584	15	14,849
M + V + A_b + R_{af}	0,01918	0,46372	0,2326	1,7887	15	14,837

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Mediante las combinaciones ya mostradas en la Tabla 9-4, se tiene una deformación inferior al 1 mm, que es imperceptible al momento de conducir el vehículo, mientras que el factor de seguridad el mínimo de todas las combinaciones es de 1.7368, que como base se toma el 1 siendo mayor dicho número se considera que es aceptable dicha estructura.

4.2. Toma de tiempos mediante dos medios de transporte.

Para la toma de tiempos la ruta a seguir dentro del campus académico de la ESPOCH es desde la puerta principal de la Universidad ubicada frente a la avenida Pedro Vicente hasta la Facultad de Recursos Naturales con una distancia de 1,3 Km como se muestra en la Ilustración 11-4, además de ello de los medios y métodos que se van a utilizar para trasladarse desde el punto A al punto B, un método que se considero fue el traslado caminando ya que al tratarse de una institución educativa donde la mayoría son estudiantes, y el método de transporte viene a ser el vehículo prototipo.

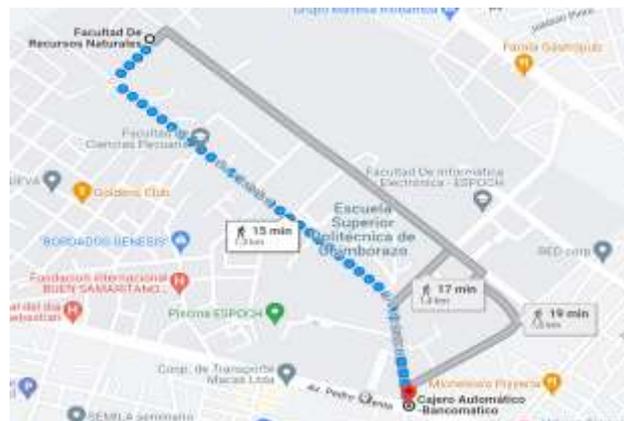


Ilustración 4-11: Distancia de recorrido.

Fuente: Google Maps

Como se puede observar se tiene un tiempo estimado mediante la aplicación del Google Maps de 15 minutos a pie, pero se decidió tomar tiempos personalmente entre dos personas durante 5 días, y dichos tiempos de recorrido caminando fueron los siguientes:

Tabla 4-10: Tiempos tomados caminando.

Días	Stalin		Oscar	
	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta
1	18.25 min	17.18 min	17.35 min	16.27 min
2	16.31 min	17.01 min	15.19 min	17.23 min
3	14.24 min	16.25 min	18.34 min	16.10 min
4	17.25 min	19.00 min	16.41 min	17.32 min
5	15.42 min	16.45 min	14.57 min	16.45 min
Media	16.294 min	17.178 min	16.372 min	16.674 min

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

Como se puede observar en la Tabla 10-4, se tiene un tiempo máximo por parte de Stalin de 19.00 min considerando un recorrido de ida y vuelta de 36.25 min, lo que se trata con el vehículo prototipo reducir el tiempo de traslado por lo que se tomó los tiempos correspondientes mostrados en la Tabla 11-4.

Para esto se tomó 5 personas con diferentes habilidades de manejo desde un estudiante que ocupa regularmente vehículos para su transporte hasta estudiantes que no saben conducir con el fin de tomar tiempos reales acorde a las circunstancias reales.

Tabla 4-11: Tiempos tomados por el vehículo prototipo.

Nombre	Primer tiempo		Segundo tiempo	
	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta
Sebastián	3.12 min	3.28 min	4.01 min	3.18 min
Freddy	3.08 min	3.18 min	3.19 min	3.59 min
Oscar	5.40 min	5.56 min	6.12 min	5.45 min
Stalin	4.56 min	5.05 min	5.47 min	5.25 min
Promedio	4.04 min	4.2675 min	4.6975 min	4.3675 min

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

4.3. Autonomía del prototipo

La autonomía del motor es de 32 km/lts con una capacidad del tanque de 12 litros según la ficha técnica del fabricante. Mientras que el prototipo tiene una autonomía de 26 km/lts con una capacidad del tanque de 1 litro consumiendo 0.05 litros por recorrido.

El costo de abastecimiento de combustible para el prototipo es de 1,20 (un dólar con veinte centavos), en el recorrido de ida y vuelta gasta 0.05 litros con un coste de 0.06 centavos que para un estudiante es mas que conveniente.



Ilustración 4-12: Costo de abastecimiento del prototipo.

Realizado por: Herrera O.; Pilla S. 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al encontrarnos con diversos tipos de diseños estructurales que se emplean en proyectos de titulación técnica observamos como en estos el fundamento teórico va de la mano con lo práctico y a su vez podemos reacondicionar información proporcionada por los mismo fluyendo así nuevas ideas para el desarrollo del proyecto de titulación presentado.

Para un diseño es importante partir de una base, para que de allí el diseño estructural tome forma, por ello un elemento fundamental para el diseño de nuestro prototipo es el motor pieza fundamental en este proyecto técnico ya que mediante software CAD se proporciona de acuerdo con el corazón por así decirlo del vehículo que es el motor Suzuki AX 100cc, por la accesibilidad tanto de la instalación y extracción de este, además de ello conjunto con todos sus sistemas debidamente situados de manera que tengan un eficiente uso y de manera estética sea atractivamente visual.

De acuerdo con el estudio estático realizado tanto del chasis y del eje posterior, teniendo en cuenta parámetros como son la disponibilidad del material dentro del mercado con diferentes tipos de perfiles, para la accesibilidad a la hora de su adquisición, además de ello al incluirse parámetros de fuerzas y reacciones que se encuentran presentes en la estructura, se logró realizar un modelado y estudio del chasis que cumple con los parámetros mencionados, además se hace uso del métodos de elementos finitos para poder obtener el estudio haciendo énfasis en los elementos de malla y la calidad de la misma, logrando obtener factores de seguridad admisibles dentro del área de estructuras y chasis, además de ello en cuanto a las deformaciones obtenidas están dentro de un rango casi imperceptible ya que se deforma menos de 2 mm en cada caso de simulación.

En el proceso de manufactura del prototipo y ensamble de sus diferentes sistemas para su correcto funcionamiento seleccionamos los componentes más acordes en cuestión oferta y demanda en el mercado, puesto que es un limitante principal la obtención de componentes que podrían ser mucho mejores, pero no están a disposición por lo que se procedió a colocar componentes sustitutos pero que cumplen con su objetivo.

Mediante el uso del prototipo para el recorrido del punto A al B dentro de la institución reduce considerablemente el tiempo de traslado del estudiante, tanto así que representa un 82.3 % del tiempo invertido de traslado, considerando ese 82.3 % en tiempo real un 29.85 min reducidos mediante el medio de traslado caminando, en conclusión tenemos que el vehículo cumple con lo propuesto que fue la reducción de tiempos de traslado del estudiante a la zona o facultad más alejada desde la entrada principal de la ESPOCH.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda en cuanto al estudio del chasis realizarlo también de manera dinámico, con el fin de observar su comportamiento en diferentes circunstancias, para así mejorar su diseño y poder tener una visión a futuro del prototipo.

En cuanto al sistema de dirección se recomienda acoplar un neumático simétrico, ya que en este caso en específico por circunstancias de limitantes de mercado fue difícil encontrar el más adecuado por lo que se utilizó un neumático de rueda posterior haciendo que la dirección se sienta inestable, para corregirlo se puede conseguir un neumático que este diseñado específicamente para el prototipo o a su vez se puede buscar una manera de mecanizarlo.

Para poder corregir también la estabilidad que se percibe al momento de conducirlo se recomienda que el eje posterior tenga un diferencial dando así más confort y estabilidad en curvas demasiado cerradas.

BIBLIOGRAFÍA

ABASOLO, Mikel; et al. *Curso: Diseño de máquinas*. Introducción al método de elementos finitos [en línea]. 2017. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en: <https://ocw.ehu.eus/course/view.php?id=441>.

ACOSTA, Hugo; & MUÑOZ, Leonardo. Construcción de un vehículo monoplace equipado con un motor mono cilíndrico [en línea]. Trabajo de Grado. Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador. 2012. pp. 35-37 [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1645/1/FECYT%201529.pdf>.

AMAZON. *Maxauto ATV neumáticos AT 27x12-12 27x12x12 neumáticos traseros*. [en línea]. 2023. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://www.yaesta.com/b08m3njsl3-maxauto-atv-neumticos-at-27x12-12-27x12x12-neumticos-traseros-atv-utv-6pr-barro-arena-rocosa-trail-neumticos-todo-terreno-juego-de-2/p>.

ANADÓN OCHAVO, R.; PABÓN MANSILLA, D. Diseño de un kart de pista [en línea]. Trabajo de Grado. Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona, Barcelona, España. 2012. pp. 103-115. [Consulta: Juny 2023-01-6]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/15463>.

ÁNGEL, Juan. *Carburadores VM y CV* [blog]. [Consulta: 16 enero 2023]. Disponible en: <https://edoc.pub/carburadores-vm-y-cv-pdf-free.html>.

ANSYS, Inc. *Ansys Academic | Simulation Software for Educators, Researchers and Students*. [en línea]. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://www.ansys.com/academic>.

BALSECA CLAVIJO, C. “Determinantes de elección modal del transporte en estudiantes universitarios: un análisis de la literatura actual”. Boletín de Coyuntura [en línea], 2017, (Ecuador) 13, pp. 4-6. [Consulta: 01 enero 2023]. ISSN 2528-7931. Disponible en: <https://doi.org/10.31243/bcoyu.13.2017.628>.

BERMEO MOREJÓN, Luis Humberto; CALLE BARRERA, Jenny Elizabeth; & CARRIÓN JAURA, Rubén Darío. Diseño y construcción de un chasis tubular de un vehículo monoplace para la competición en la formula SAE [en línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca - Ecuador. 2014. pp. 1-26.

[Consulta: 2023-01-16]. Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7132/1/UPS-CT003951.pdf>.

BUDYNAS, Richard; KEITH NISBETT, J. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. 8a. ed., 8a. reimp. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. ISBN-10: 970-10-6404-6, pp. 64-387.

BUENDIA, Rodrigo. *Carburadores ¿Cómo funcionan y por qué están en extinción?* [en línea]. México: motorpasion, 2018. [Consulta: 16 enero 2023]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/carburadores-como-funcionan-que-estan-extincion>.

CANGO, Byron; & ESPINOZA, Alex. *Diseño y construcción de un trike bike híbrido configurado para personas de la tercera edad como alternativa de movilidad* (Trabajo de titulación). (Tesis de Grado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2019. pp. 8-20. [Consulta: 2023/01/15]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18064/1/UPS-CT008578.pdf>.

CHÁFUEL VEGA, Cinthya Jacqueline. *La Movilidad Interna y su efecto en la Satisfacción Laboral* (Trabajo de titulación) (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador. 2015. pp. 1-5. [Consulta: 2023-01-14]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7592/1/T-UCE-0007-407i.pdf>.

CHAMBA OCHOA, Jhefferson Daniel & JARAMILLO RIVERA, Diego Fernando. *Sistema de dirección y freno para vehículo de competencia Shell Eco Marathon* (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 25.

CHASI IZA, Galo Ariel. 2022. *Diseño y construcción de un sistema de dirección para un prototipo eléctrico monoplaza* [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Grado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 82-87. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17133/1/65T00465.pdf>.

CRUZ CASTRO, Gabriel Arturo; & MESÍAS IZURIETA, Diego Fernando. *Diseño, construcción e implementación de sistemas de suspensión, dirección y frenos del vehículo de competencia fórmula SAE 2012 «Tomo I»* [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de grado) Escuela Politécnica del Ejercito, Latacunga, Ecuador. 2013. pp. 77-80. [Consulta: 2023-01-17].

Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6121/1/T-ESPEL-MAI-0408A.pdf>.

DE LA CRUZ LAICA, Jorge Reynaldo. Diseño e implementación de los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, en una motocicleta eléctrica plegable [En línea]. (Trabajo de titulación). (Tesis de Grado) Universidad de Las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. 2014. pp. 7-9. [Consulta: 2023-01-16]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8830/1/T-ESPEL-MAI-0474.pdf>.

DE LA FUENTE CASTROVERDE, Óscar. Diseño y cálculo de la columna de dirección para una motocicleta con suspensión delantera alternativa (Trabajo de titulación). (Tesis de grado) Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, España. 2012. pp. 30-38.

DUARTE, Armando. *Elementos de máquinas. Chavetas, pasadores* [blog]. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/chavetas-558b1b17cc753.html?page=2>

ENRIQUEZ MIRANDA, Miguel Ángel. Diseño y análisis estructural del chasis, por método de elemento finito de un transporte biplaza eléctrico-híbrido, que transportará un discapacitado en silla de ruedas, funcionando mediante celdas de combustible poliméricas [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. 2017. pp. 103-134. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21074/1/Diseno%20y%20analisis%20estructural%20del%20chasis%20por%20metodo%20de%20elemento%20finito.pdf>.

GODÍNEZ REVELES, Dany. Diseño Óptimo para un Chasis Tubular [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. 2018. pp. 9-12. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2019/enero/0784674/0784674.pdf>.

GUANGATAL GÓMEZ, Juan Sebastián. Creación de una empresa productora de Drift Trikes con materiales reciclados en la ciudad de Ambato [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de grado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2017. pp. 1-10. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26256/1/384%20o.e..pdf>

HAOJUE SUZUKI. *Suzuki AX100 «Manual del propietario».* DACHANGJIANG GROUP CO., LTD. [en línea]. 1986. pp. 23. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://www.demecanicos.com/demecanicos/manual-propietario-suzuki-ax-100.pdf>.

HIBBELER, C. *Estática. Ingeniería Mecánica.* 12va. ed. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2010. ISBN: 978-607-442-561-1, pp. 389-445.

IZQUIERDO VALENCIA, Luis Alberto; & SANDOVAL RODRIGUEZ, Fernando. Programa para la enseñanza de motores de combustión interna para el proyecto de Aguablanca [en línea] (Trabajo de titulación). (Monografía) Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia. 1997. pp. 76-89. [Consulta: 2023-01-16]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3240/T0001268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

JAGUACO CHICAIZA, José Roberto. Implementación de un sistema de tracción de un bastidor de un kart-mini modelo 50ch-11 homologado por la CIK-FIA para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la unidad de gestión de tecnologías ESPE [en línea] (Monografía). (Tecnólogo) Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. 2020. pp. 56-67. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24891/1/M-ESPEL-mat-0109.pdf>.

LOAYZA SÁNCHEZ, Bolívar Fabricio. Reconstrucción de un karting [en línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de grado) Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2015. pp. 38-40. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en: <https://docplayer.es/59129815-Colegio-de-ciencias-e-ingenieria-reconstruccion-de-un-karting-bolivar-fabricio-loayza-sanchez.html>.

MOLINA ORTIZ, Freddy Leónidas; & MOROCHO MORÁN, William Santiago. Construcción de un chasis tubular para un vehículo biplaza [en línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de grado) Universidad Del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2022. pp. 1-4. [Consulta: 2023-01-16]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12511/1/18038.pdf>.

PAUCAR GUALOTUÑA, Alexander Giovanni. Diseño y fabricación de un nuevo perfil metálico que se utilizará como bastidor auxiliar para los camiones HINO de hasta seis toneladas de peso utilizando el Método de Elementos Finitos MEF [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad particular Internacional SEK. 2018. pp. 39-37. [Consulta: 2023-01-17]. Disponible en:

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2794/1/TESIS%20FINAL%2007-02-2018.pdf>.

PRIORITY TIRE. *ATV & UTV Tires Guide: All You Need to Know* [blog]. 2021. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://www.prioritytire.com/blog/atv-and-utv-tires>

RENZA N, Jazar. *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. New York, Estados Unidos: Springer Science + Business Media, LLC, 2008. ISBN: 978-0-387-74243-4, pp. 382.

ROCHA HOYOS, J.; ICAZA LLUGLLA, A.; MARTÍNEZ, J.; & SALAZAR CASTILLO, C. “Análisis de la junta de soldadura GMAW aplicado en la construcción de carrocerías para buses”. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2019, 5(1), pp. 44-69. [Consulta: 17 enero 2023]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index><http://orcid.org/0000-0003-0660-7199><http://orcid.org/0000-0001-5777-9500><http://orcid.org/0000-0001-8807-7595><http://orcid.org/0000-0002-4013-1748>.

ROVIRA DE ANTONIO, A.; & MUÑOZ DOMÍNGUEZ, M. *Motores de combustión interna*. [en línea]. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. 2015. [Consulta: 15 enero 2023]. ISBN 9788436270860. Disponible en: <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>.

SFD INDUSTRIES, Inc. *SFD Industries Trike Manufacturer. Drift Trikes* [en línea]. 2013. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: <https://www.riderowdy.com/about/#>.

SOLIDWORKS CORPORATION. *Simulación | SOLIDWORKS. DASSAULT SYSTEMES* [En Línea]. 2023. [Consulta: 17 enero 2023]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es/domain/simulation>.

THE GARAGE VLOG. *Frames Page – TGVShop* [blog]. 2023. [Consulta: 16 enero 2023]. Disponible en: <https://tgvshop.net/pages/frames-page>.

ANEXOS

ANEXO A: COEFICIENTES A Y B PARA EL FACTOR DE SUPERFICIE

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

ANEXO B: ECUACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE TAMAÑO

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

ANEXO C: TABLA DE CONFIABILIDAD PARA EL FACTOR DE CONFIABILIDAD

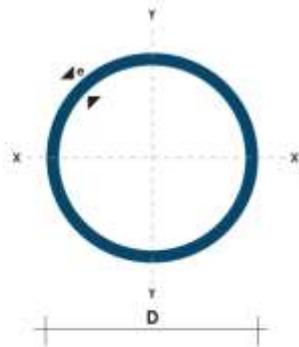
Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

ANEXO D: CATÁLOGO DIPAC MATERIAL

TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largos:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 7/8" a 3"
Espesores:	Desde 1.50mm a 3.00mm



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.06	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

ANEXO E: TOMA DE MEDIDAS EN EJES Y TUBOS



ANEXO F: ROLADORA Y DOBLADORA DE TUBO Y PUNTOS DE SUELDA



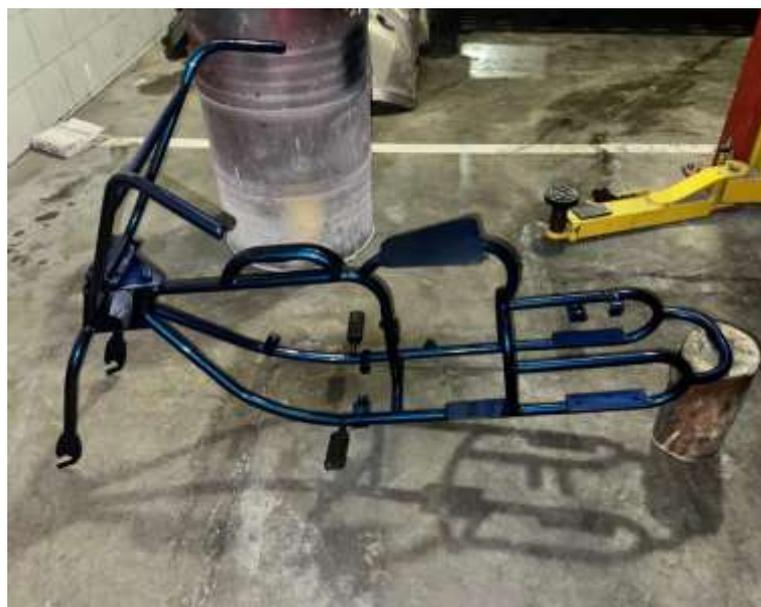
ANEXO G: EJE POSTERIOR ENSAMBLADO



ANEXO H: ENSAMBLE DEL PROTOTIPO



ANEXO I: PROCESO DE PINTADO Y LIJADO



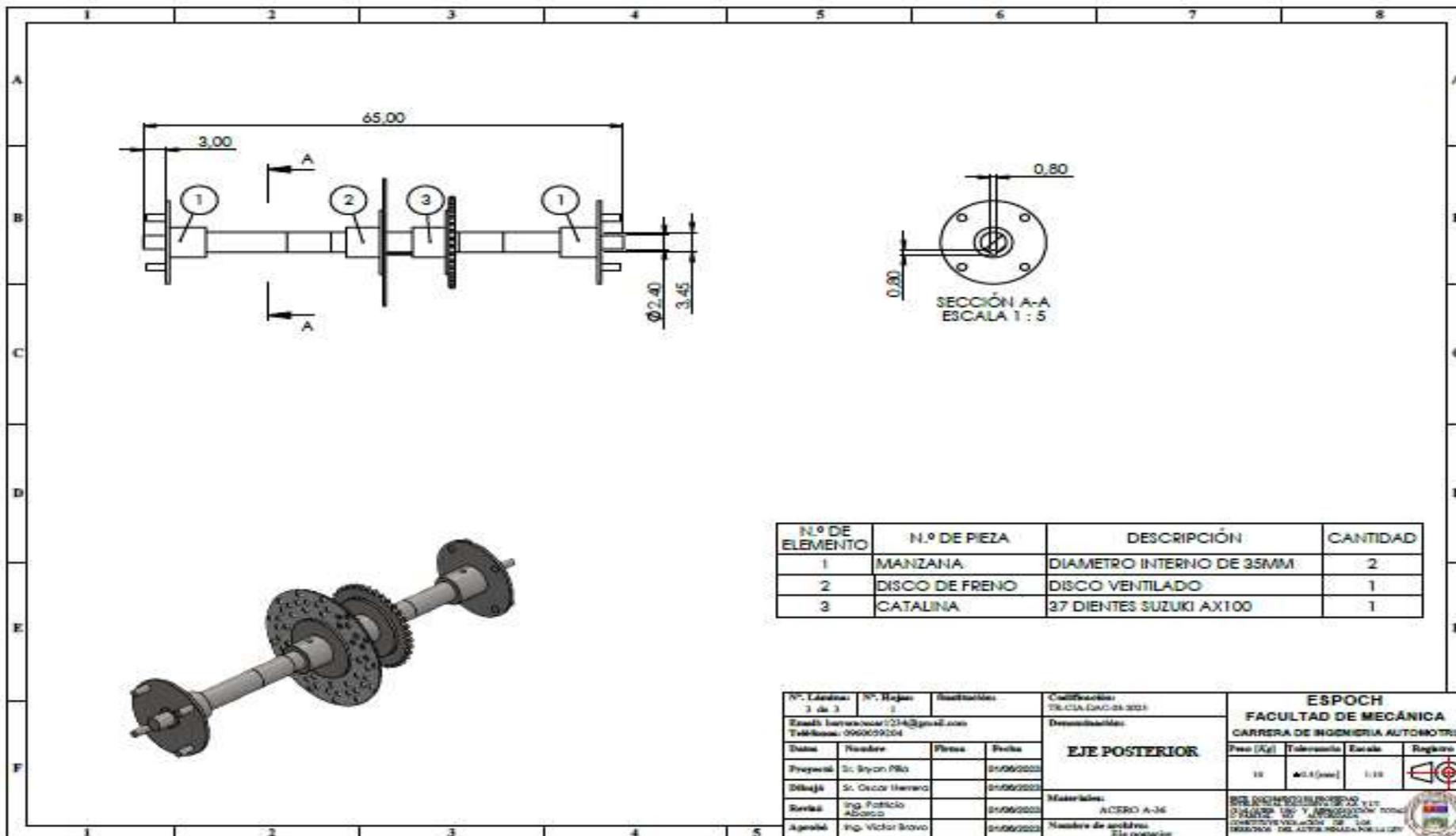
ANEXO J: PROTOTIPO FINALIZADO



ANEXO K: TOMA DE TIEMPOS (SEBASTIAN)

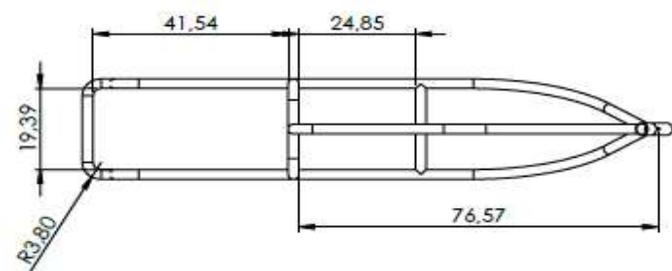
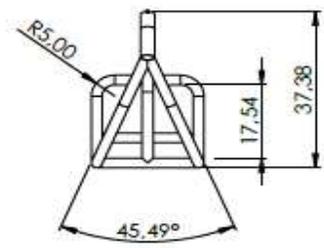
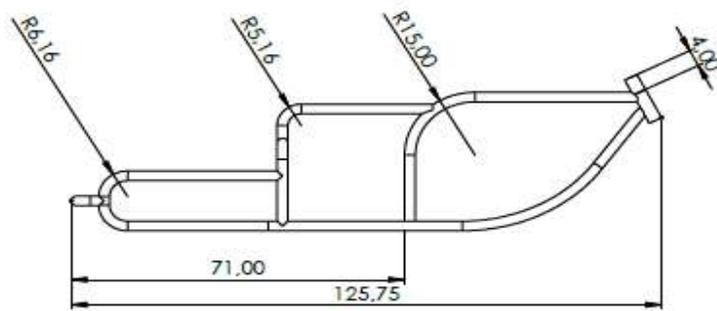


ANEXO L: PLANOS

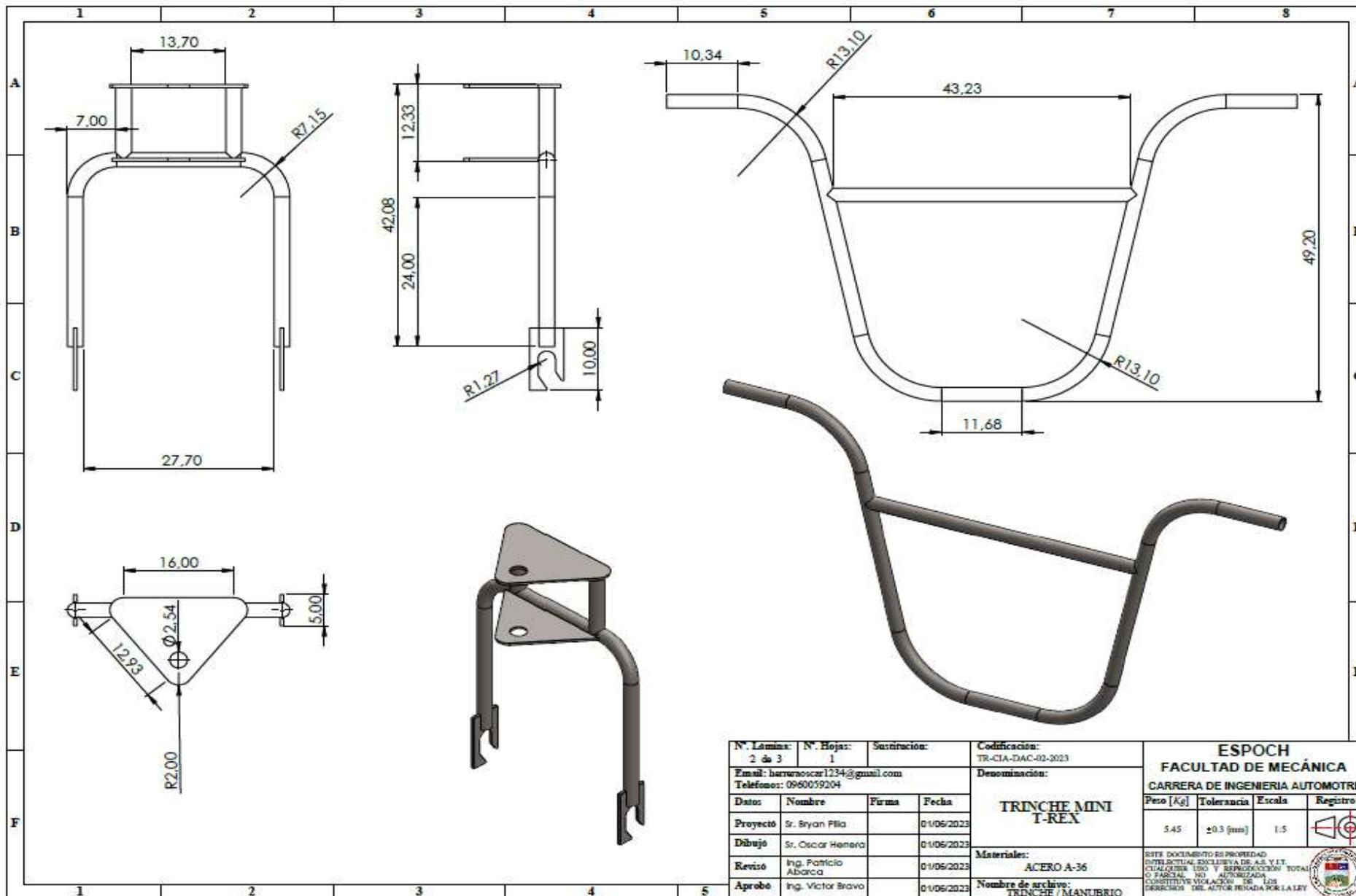


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	MANZANA	DIAMETRO INTERNO DE 35MM	2
2	DISCO DE FRENO	DISCO VENTILADO	1
3	CATALINA	37 DIENTES SUZUKI AX100	1

N.º Lámina: 3 de 3	N.º Hojas: 3	Ilustraciones:	Cálculos: TEL: 0412 9900 23 2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ			
Email: esPOCH@esPOCH.com Teléfono: 0990059204		Desarrollado:		EJE POSTERIOR			
Fecha:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Peso (Kg):	Tolerancia:	Escala:	Registro:
Preparó:	Dr. Bryan Pilo		01/06/2023	10	±0.1 (mm)	1:10	
Dibujó:	Dr. Oscar Herrera		01/06/2023	Materiales: ACERO A-36 Nombre de archivo: Eje posterior			
Revisó:	Ing. Peticlio Abalo		01/06/2023				
Aprobó:	Ing. Victor Bravo		01/06/2023				
				ESCUELA POLITÉCNICA DE PUERTO RICO DIVISIÓN DE Y.M.C.A. Y DEPORTES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LOS MATERIALES DEL CENTRO TECNOLÓGICO			



N. Lámina: 1 de 3		N. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: TR-CIA-DAC-01-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ				
Email: barcerooscar1234@gmail.com				Denominación: CHASIS MINI I-REX								Peso [Kg]
Telefono: 0960059204		Dato:		Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ACERO A-36		11.42	±0.3 [mm]	1:10	
Proyecto:		Dibujo:		Reviso:		Aprobo:		Nombre de archivo: Chasis		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. V.I.T. CUALQUIERA USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>		
Sr. Bryan Pila		Sr. Oscar Herrera		Ing. Patricio Abarca		Ing. Victor Bravo						
01/06/2023		01/06/2023		01/06/2023		01/06/2023						



N. Lámina: 2 de 3		N. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: TR-CIA-DAC-02-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ							
Email: harruaooscar1234@gmail.com Teléfono: 0960059204				Denominación: TRINCHE MINI T-REX		Peso [Kg]						Tolerancia		Escala	
Proyecto		Sr. Bryan Pila		Fecha		01/06/2023		5.45		±0.3 [mm]		1:5			
Dibujo		Sr. Oscar Herrera		Fecha		01/06/2023		Materiales: ACERO A-36		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. V.I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>					
Revisó		Ing. Patricio Abarca		Fecha		01/06/2023		Nombre de archivo: TRINCHE / MANUBRIO							
Aprobó		Ing. Victor Bravo		Fecha		01/06/2023									