



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CHASIS,
CARROCERÍA, DIRECCIÓN, FRENOS Y SUSPENSIÓN PARA UN
VEHÍCULO MONOPLAZA ELÉCTRICO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación.

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

STALIN VLADIMIR BERMEO OJEDA

LUIS RICARDO FOGACHO CHILUIZA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CHASIS,
CARROCERÍA, DIRECCIÓN, FRENOS Y SUSPENSIÓN PARA UN
VEHÍCULO MONOPLAZA ELÉCTRICO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación.

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: STALIN VLADIMIR BERMEO OJEDA

LUIS RICARDO FOGACHO CHILUIZA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Luis Ricardo Fogacho Chiluzza & Stalin Vladimir Bermeo Ojeda

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, LUIS RICARDO FOGACHO CHILUIZA y STALIN VLADIMIR BERMEO OJEDA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

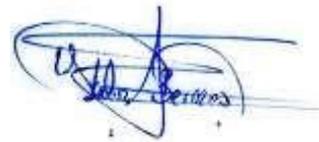
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de marzo de 2022



Luis Ricardo Fogacho Chiluiza

172550412-8

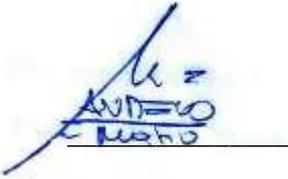
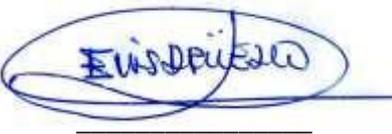


Stalin Vladimir Bermeo Ojeda

180486211-6

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 de Investigación, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CHASIS, CARROCERÍA, DIRECCIÓN, FRENOS Y SUSPENSIÓN PARA UN VEHÍCULO MONOPLAZA ELÉCTRICO**, realizado por los señores: **LUIS RICARDO FOGACHO CHILUIZA** y **STALIN VLADIMIR BERMEO OJEDA**, ha sido revisado minuciosamente 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
Dr. Mario Efrain Audelo Guevara PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-15
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-03-15
Ing. Elvis Enrique Arguello MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-15

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios que por medio de su palabra ha ido formando en mí una persona diferente de poder darme la valentía y coraje para afrontar las dificultades de la vida. A mi padre y madre por su amor, trabajo y esfuerzo han podido darme la oportunidad de ejercer una carrera profesional y que hoy en día he sido un orgullo para ellos. A mi hermano Miguel Ángel que a pesar de su ausencia mis padres y yo, no lo olvidaremos.

Luis Ricardo Fogacho Chiliza.

“En la vida existen momentos difíciles sin embargo Dios siempre estará con nosotros a pesar de las tormentas”. Quiero dedicar el presente trabajo de titulación ante todo a Dios por haberme brindado de su gracia y dado la oportunidad de estudiar la carrera que me apasiona. A mi madre que ha sido apoyo y pilar fundamental desde el inicio de mis estudios hasta el día de hoy que con su aliento y sus sabios consejos ha sabido guiarme de una forma y correcta, tanto en lo académico como en valores que me ayudarán a crecer como persona. A mis hermanos para hacerles saber que nada es imposible cuando luchas por cumplir tus sueños y a todos los que de una u otra forma han aportado con su granito de arena para este sueño que de la mano de Dios y con trabajo disciplinado esté próximo a cumplirse.

Stalin Vladimir Bermeo Ojeda

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la dicha de tener un padre disciplinado que me ha mostrado constancia en su trabajo, la dicha de tener una madre que ha sabido brindar su gran apoyo incondicional a su cónyuge en momentos difíciles.

Agradecer a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindar sus conocimientos y valores humanos, para formar un mundo mejor.

Luis Ricardo Fogacho Chiliza.

Dar gracias primero a Dios que es el apoyo incondicional que está siempre con nosotros a pesar de que no lo vemos, me ha brindado la gracia de tener una madre ejemplar y luchadora que ha sabido llevarme siempre hacia adelante a pesar de las adversidades, por lo que viviré eternamente agradecido con aquel noble ser que no solo en lo académico sino en mi vida misma ha sabido estar siempre que la he necesitado. Agradecer a mi padre, a mi familia que ha confiado en mí, de forma especial a mis abuelitos que han llevado conmigo el papel de padres junto con mi madre, y me han inyectado aquella energía e impulso que necesitaba para seguir con tan prestigiosa carrera.

Agradecer también de manera muy sincera a todos y cada uno de los docentes presentes en mi formación académica, en especial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; aquellos que con sus sabias palabras nos brindan el conocimiento y nos ayudan a crecer como profesionales y formar valores humanos que serán de nuestro beneficio en el presente y a futuro.

Stalin Vladimir Bermeo Ojeda

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE GRÁFICOS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema.	5
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	11
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	11
1.4.2 <i>Objetivos Específicos.</i>	11
CAPÍTULO II	13
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTO TEÓRICOS	13
2.1 Estado del arte	13
2.1.1 Estructura del chasis	13
2.1.1.1 <i>Diseño de chasis para un monoplaza formula SAE</i>	13
2.1.1.2 <i>Diseño y Construcción de un Chasis para el Vehículo Tipo Fórmula SAE</i>	13
2.1.1.3 <i>Diseño mediante simulación de la estructura de una motocicleta eléctrica</i>	14
2.1.2 Suspensión.	14

2.1.2.1	<i>Caracterización del diseño de la suspensión inclinable para vehículos de movilidad personal...</i>	14
2.1.2.2	<i>Estudio cinemático y dinámico del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrico Formula Student.....</i>	15
2.1.3	Tren de potencia eléctrico.....	16
2.1.3.1	<i>Evaluación del sistema de tracción en un vehículo eléctrico biplaza de estructura tubular.....</i>	16
2.1.3.2	<i>Diseño y simulado del sistema de propulsión de un triciclo eléctrico</i>	16
2.1.3.3	<i>Diseño de un tren de potencia eléctrico de 200 kW para un vehículo eléctrico de alto desempeño.....</i>	17
2.1.4	Sistema de Carrocería Automotriz	18
2.1.4.1	<i>Diseño y construcción del batidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando Software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana</i>	18
2.1.4.2	<i>Diseño y Cálculo de la Carrocería de un Vehículo monoplaza para personas con Paraplejia</i>	18
2.1.4.3	<i>Diseño y construcción de un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el laboratorio de Autotrónica</i>	19
2.1.5	Sistema de Dirección Automotriz	19
2.1.5.1	<i>Diseño y Construcción del Sistema de Dirección de un Vehículo de competencia Fórmula SAE eléctrico.....</i>	19
2.1.5.2	<i>Diseño y Construcción de un Sistema de Dirección para un Vehículo Trimoto</i>	20
2.2	Bases teóricas.	21
2.2.1	Vehículo eléctrico.	21
2.2.2	Vehículo monoplaza eléctrico.	22
2.2.3	Tren de potencia de un vehículo eléctrico.	22
2.2.3.1	<i>Batería.</i>	23
2.2.3.2	<i>Controlador.</i>	25
2.2.3.3	<i>Motor eléctrico.</i>	25
2.2.4	Chasis.	26
2.2.4.1	<i>Chasis tipo escalera.....</i>	27

2.2.4.2	<i>Chasis multi-tubular</i>	27
2.2.4.3	<i>Chasis tipo cercha</i>	27
2.2.4.4	<i>Chasis monocasco</i>	28
2.2.5	<i>Suspensión.</i>	28
2.2.6	<i>Dirección.</i>	29
2.2.6.1	<i>Sistema de Dirección Giratoria</i>	29
2.2.7	<i>Frenos.</i>	30
2.2.7.1	<i>Frenos de Disco</i>	31
2.2.7.2	<i>Frenos de Tambor</i>	31
2.2.8	<i>Carrocería</i>	32
2.3	Marco legal.	32
2.3.1	<i>Preparan normativas para uso de segwey, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas en Quito</i>	33
2.3.1.1	<i>NORMATIVA</i>	33
2.3.1.2	<i>Multas y sanciones</i>	34
2.3.1.3	<i>Beneficios en el uso de medios de transporte sostenible</i>	34
CAPÍTULO III		35
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
3.1	Diagramas de etapas del proyecto.	35
3.2	Metodología de investigación a realizar	35
3.2.1	<i>Pasos del proceso de la investigación</i>	36
3.2.1.1	<i>Requisitos para la Construcción del Monoplaza Eléctrico.</i>	36
3.2.1.2	<i>Lugar de Ensayo</i>	36
3.3	Etapas del proyecto	48
3.3.1	<i>Cronograma de actividades.</i>	48
3.3.1.1	<i>Etapa de investigación</i>	48
3.3.1.2	<i>Etapa de diseño</i>	49

3.3.1.3	<i>Etapa de Cálculo</i>	50
3.3.1.4	<i>Etapa de construcción y entrega escrita</i>	51
3.3.2	Recursos y materiales	52
3.3.2.1	<i>Presupuesto</i>	53
3.3.2.2	<i>Talento humano</i>	54
3.3.2.3	<i>Equipos y materiales</i>	54
3.4	Desarrollo del proyecto.	55
3.4.1	Bosquejo	55
3.4.2	Chasis.	56
3.4.2.1	<i>Perfil del chasis.</i>	56
3.4.2.2	<i>Soportes.</i>	58
3.4.2.3	<i>Batería</i>	59
3.4.2.4	<i>Asiento.</i>	60
3.4.2.5	<i>Reposa manos.</i>	60
3.4.2.6	<i>Capo</i>	62
3.4.2.7	<i>Asignación de perfiles para el chasis.</i>	64
3.4.2.8	<i>Longitud total de tubo y varilla utilizada.</i>	66
3.4.2.9	<i>Dimensión del chasis</i>	66
3.4.2.10	<i>Pasos para la simulación</i>	68
3.4.3	Sistema de suspensión	71
3.4.3.1	<i>Determinación de cargas.</i>	71
3.4.3.2	<i>Distribución de masas del vehículo.</i>	72
3.4.3.3	<i>Aceleración Lateral.</i>	73
3.4.3.4	<i>Transferencia de masa lateral.</i>	74
3.4.3.5	<i>Transferencia de masa longitudinal.</i>	75
3.4.3.6	<i>Obstáculo.</i>	76
3.4.3.7	<i>Resultados obtenidos del análisis de cargas.</i>	77
3.4.3.8	<i>Diseño.</i>	78
3.4.3.9	<i>Determinación de fuerzas en los brazos de suspensión</i>	79

3.4.3.10	<i>Asignación del Material.</i>	80
3.4.3.11	<i>Cálculo del diámetro del tubo de los brazos de suspensión.</i>	80
3.4.3.12	<i>Diseño de las piezas.</i>	82
3.4.3.13	<i>Brazo de suspensión.</i>	82
3.4.3.14	<i>Agarre superior.</i>	82
3.4.3.15	<i>Agarre inferior.</i>	84
3.4.3.16	<i>Agarre en U.</i>	85
3.4.3.17	<i>Agarre del muelle</i>	88
3.4.4	<i>Carrocería.</i>	92
3.4.4.1	<i>Techo</i>	92
3.4.4.2	<i>Vidrios.</i>	92
3.4.4.3	<i>Capo.</i>	93
3.4.4.4	<i>Ensamble de la carrocería.</i>	93
3.4.4.5	<i>Pasos para la simulación aerodinámica</i>	94
3.4.5	<i>Sistema de dirección</i>	97
3.4.5.1	<i>Volante</i>	97
3.4.5.2	<i>Platina del volante y terminales</i>	97
3.4.5.3	<i>Terminales</i>	98
3.4.5.4	<i>Platina del eje</i>	98
3.4.5.5	<i>Ensamble</i>	99
3.4.5.6	<i>Radio de Giro</i>	99
3.4.6	<i>Parqueo de un vehículo convencional</i>	101
CAPITULO IV		103
4	RESULTADOS.	103
4.1	Obtención de resultados.	103
4.1.1	<i>Chasis</i>	103
4.1.2	<i>Sistema de suspensión.</i>	103

4.1.2.1	<i>Agarre superior</i>	103
4.1.2.2	<i>Agarre inferior</i>	104
4.1.2.3	<i>Agarre en U.</i>	105
4.1.2.4	<i>Agarre del muelle.</i>	105
4.1.3	<i>Carrocería</i>	106
4.1.3.1	<i>Presión del viento en la carrocería</i>	106
4.1.3.2	<i>Líneas de corriente</i>	106
4.1.3.3	<i>Fuerza de arrastre</i>	107
4.2	Análisis de resultados.	108
4.2.1	<i>Chasis</i>	108
4.2.1.1	<i>Deformación total</i>	108
4.2.1.2	<i>Presión directa</i>	108
4.2.1.3	<i>Máxima presión combinada</i>	108
4.2.2	<i>Sistema de suspensión.</i>	108
4.2.3	<i>Carrocería</i>	108
4.2.3.1	<i>Coefficiente aerodinámico</i>	108
4.2.4	<i>Resultados de espacio de estacionamiento</i>	109
4.3	Especificaciones técnicas.	109
4.4	Manual de Mantenimiento del Vehículo.	110
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES	113
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Datos de entrada para Cálculo de potencia del Motor Eléctrico.....	40
Tabla 2-3:	Datos de entrada para Cálculo de potencia del Motor Eléctrico.....	41
Tabla 3-3:	Potencia requerida en Kw por el motor con las condiciones de entrada	41
Tabla 4-3:	Datos hallados en pruebas de ruta	44
Tabla 5-3:	Datos sobre las rutas recorridas dentro de la Politécnica	46
Tabla 6-3:	Desgaste de la batería durante pruebas de ruta.....	47
Tabla 7-3:	Cálculo de Autonomía.....	47
Tabla 8-3:	Visibilidad general del conductor dentro de Monoplaza Eléctrico	47
Tabla 9-3:	Presupuesto Total del Proyecto	53
Tabla 10-3:	Masa total del material Utilizado.....	66
Tabla 11-3:	Tabla de fuerzas que se aplicaran en el chasis.....	70
Tabla 12-3:	Cargas estimadas del vehículo eléctrico.....	71
Tabla 13-3:	Datos iniciales del vehículo eléctrico	72
Tabla 14-3:	Reacción frontal y posterior del vehículo.....	73
Tabla 15-3:	Fuerza centrífuga en cada neumático	73
Tabla 16-3:	Peso en el eje exterior	74
Tabla 17-3:	Aceleración lateral del vehículo	75
Tabla 18-3:	Incremento del peso en el eje delantero.....	76
Tabla 19-3:	Velocidad vertical en el obstáculo.....	76
Tabla 20-3:	Aceleración vertical en el obstáculo.....	77
Tabla 21-3:	Fuerza generada en el eje del neumático	77
Tabla 22-3:	Fuerzas laterales en la suspensión	78
Tabla 23-3:	Fuerza verticales en la suspensión.....	78
Tabla 24-3:	Partes del sistema de suspensión	79
Tabla 25-3:	Fuerzas resultantes en los puntos de apoyo en la suspensión.....	80
Tabla 26-3:	Factor de seguridad de los tubos.....	81
Tabla 27-3:	Características de las partes del Sistema de Suspensión	91
Tabla 28-3:	Partes del Sistema de Dirección	99
Tabla 29-3:	Datos de entrada para cálculo de Radio de Giro.....	101
Tabla 1-4:	Análisis de resultados del sistema de suspensión	108
Tabla 2-4:	Número de vehículos que ocuparía en los espacios de estacionamiento.....	109
Tabla 3-4:	Análisis de resultados de especificaciones técnicas	109
Tabla 4-4:	Manual del Mantenimiento del Vehículo	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Línea de tiempo del vehículo eléctrico hasta la actualidad.....	5
Figura 2-1: Vehículo urbano desarrollado por la Universidad de Ciencias Aplicada de Zúrich (ZHAW).....	9
Figura 3-1: Ficha técnica de Bi-Car 3.0 desarrollada por la universidad de (ZHAW)	10
Figura 4-1: Ficha técnica de Velocifero – Mad Truck de la empresa Electrobike en Ecuador .	10
Figura 5-1: Ficha técnica de una bicicleta eléctrica Magnos de la empresa Electrobike.....	11
Figura 1-2: Vehículo eléctrico	21
Figura 2-2: Vehículo monoplaza eléctrico con un enfoque urbano	22
Figura 3-2: Gestión electrónica de un vehículo eléctrico	23
Figura 4-2: Principio del funcionamiento de una batería.....	23
Figura 5-2: Tipos de motores eléctricos de corriente alterna.....	26
Figura 6-2: Esquema de la Distribución de pesos en un Chasis	27
Figura 7-2: Sistema de suspensión simulado en Lotus Suspensión Análisis	28
Figura 8-2: Mecanismo de dirección montada en un vehículo tri-moto	29
Figura 9-2: Diseño de un sistema de dirección de un vehículo fórmula SAE	30
Figura 10-2: Sistema de frenos	30
Figura 11-2: Carrocería de scooter eléctrico 2021.....	32
Figura 1-3: Diagrama de Etapas del Vehículo Eléctrico Personal.....	35
Figura 2-3: Fuerzas que actúan sobre una pendiente	37
Figura 3-3: Monoplaza en Ralentí	43
Figura 4-3: Consumo de Voltaje durante las Pruebas de Recorrido	46
Figura 5-3: Primer Boceto por partes del Prototipo Automotriz	55
Figura 6-3: Boceto Tentativo para Chasis Automotriz	56
Figura 7-3: Perfil del chasis vista lateral	56
Figura 8-3: Perfil del chasis vista frontal.....	57
Figura 9-3: Redondeo en las esquinas del chasis – Vista lateral	57
Figura 10-3: Ubicación de los soportes	58
Figura 11-3: Ubicación de soportes en el perfil del chasis	59
Figura 12-3: Contorno de la base de las baterías ubicadas en la parte superior.....	60
Figura 13-3: Asiento Vista Lateral	60
Figura 14-3: Reposo manos - Vista lateral.....	61
Figura 15-3: Reposo asiento - Vista frontal	61
Figura 16-3: Reposo manos - Vista superior	62

Figura 17-3: Croquis del capo – vista lateral	62
Figura 18-3: Capo – Vista isométrica	63
Figura 19-3: Vista Isométrica del chasis, capo y soportes	63
Figura 20-3: Chasis completo – Vista isométrica	64
Figura 21-3: Asignación de tubo 25.4 x 2.0 mm	64
Figura 22-3: Asignación de tubo 22.0 x 1.5 mm.....	65
Figura 23-3: Asignación de varilla cuadrada de 10	65
Figura 24-3: Asignación de materiales en todo el chasis – Vista isométrica.....	66
Figura 25-3: Dimensiones del asiento	67
Figura 26-3: Dimensiones del Chasis	67
Figura 27-3: Caja de herramientas.....	68
Figura 28-3: Caja de herramientas.....	68
Figura 29-3: Mallado del chasis.....	69
Figura 30-3: Soportes en el chasis	69
Figura 31-3: Dirección de fuerzas que se aplican en el chasis.....	70
Figura 32-3: Fuerzas que actúan en el vehículo.....	72
Figura 33-3: Diagrama de cuerpo libre de transferencia de masa lateral.....	74
Figura 34-3: Representación de Peso en el Eje Delantero	75
Figura 35-3: Diagrama de obstáculo que puede subir un vehículo.....	76
Figura 36-3: Diseño del sistema de suspensión	78
Figura 37-3: Aplicación de cargas en el sistema de suspensión.	79
Figura 38-3: Características del material escogido para el prototipo.....	80
Figura 39-3: Brazo de Suspensión	82
Figura 40-3: Perfil de Agarre Superior	83
Figura 41-3: Mallado Agarre Superior	83
Figura 42-3: Asignación de cargas Agarre Superior.....	84
Figura 43-3: Perfil Agarre Inferior	84
Figura 44-3: Mallado Agarre Inferior	85
Figura 45-3: Asignación de cargas Agarre Superior.....	85
Figura 46-3: Vista lateral Agarre en U	86
Figura 47-3: Vista Frontal Agarre en U.....	86
Figura 48-3: Vista Inferior Agarre en U	87
Figura 49-3: Mallado Agarre en U	87
Figura 50-3: Asignación de Cargas Agarre en U.....	88
Figura 51-3:: Plano Agarre del Muelle.....	88
Figura 52-3: Mallado Agarre del Muelle	89

Figura 53-3: Asignación de Cargas Agarre del Muelle	89
Figura 54-3: Vista frontal Sistema de Suspensión.....	90
Figura 55-3: Vista Isométrica Sistema de Suspensión.....	90
Figura 56-3: Lista de materiales de la suspensión	91
Figura 57-3: Vista Isométrica del Techo	92
Figura 58-3: Vista Isométrica de Vidrios	92
Figura 59-3: Vista Isométrica del Capo	93
Figura 60-3: Ensamble de la carrocería	93
Figura 61-3: Diseño de Carrocería.....	94
Figura 62-3: Caja de herramienta “Fluid Flow (CFX)”	94
Figura 63-3: Túnel de viento y sus dimensiones	95
Figura 64-3: Asignación de variables a las partes del túnel de viento.....	95
Figura 65-3: Detalles delmallado del tunel de viento	96
Figura 66-3: Condiciones de frontera del tunel de viento y carrocería.....	96
Figura 67-3: Plano del Volante	97
Figura 68-3: Plano de la platina del volante	97
Figura 69-3: Plano de platinas del terminal	98
Figura 70-3: Plano de la platina del eje	98
Figura 71-3: Ensamble del sistema de dirección	99
Figura 72-3: Radio de giro.....	100
Figura 73-3: Ángulo de giro	101
Figura 74-3: Dimensiones mínimas para plazas de estacionamiento vehicular.....	101
Figura 75-3: Dimensiones mínimas para vehículos de tipo N1 y M1	102
Figura 1-4: Deformación total, Presión directa y Máxima presión combinada	103
Figura 2-4: Análisis de deformaciones de agarre superior	104
Figura 3-4: Análisis de deformaciones de agarre inferior.....	104
Figura 4-4: Análisis de deformación de agarre en U	105
Figura 5-4: Análisis de deformación de agarre del muelle	105
Figura 6-4: Presión del viento en la carrocería	106
Figura 7-4: Líneas de corriente en la carrocería	107
Figura 8-4: Valor de fuerza de arrastre con la función calcular de Ansys.....	107
Figura 9-4: Ensamble total de monoplaza eléctrico.....	110

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Evolución del parque automotor de las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay.	6
Gráfico 2-1: Ventas mensuales de vehículos eléctricos del 2019 al 2021	7
Gráfico 3-1: Consumo de electricidad en el Ecuador desde el año 1990 al 2018.....	8
Gráfico 1-3: Diagrama fuerzas que actúan sobre la pendiente para monoplaza eléctrico	37
Gráfico 2-3: Ángulo de referencia de carrete.....	39
Gráfico 3-3: Área de contacto con el aire	40
Gráfico 4-3: Pruebas de recorrido dentro de la ESPOCH.....	44
Gráfico 5-3: Listado de Actividades de la Etapa de Investigación	48
Gráfico 6-3: Diagrama de PERT_ Etapas de Investigación.....	49
Gráfico 7-3: Listado de Actividades de la Etapa de Diseño	49
Gráfico 8-3: Diagrama de PERT_ Etapa de Diseño.....	50
Gráfico 9-3: Listado de Actividades de la Etapa de Cálculos.....	50
Gráfico 10-3: Diagrama de PERT_ Etapade Cálculos.....	51
Gráfico 11-3: Listado de Actividades de la Etapa de Construcción	51
Gráfico 12-3: Diagrama de PERT_ Etapa de Construcción.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Obtención del Scooter Eléctrico para sustraer su motor de 500W, y conjunto: rueda-mordaza automotriz

ANEXO B: Desmantelación de los sistemas automotrices del Scooter Eléctrico

ANEXO C: Doblado y estructuración del chasis del monoplaza eléctrico

ANEXO D: Contrucción de las partes por separado del sistema de Suspensión Automotriz

ANEXO E: Ensamble mecánico de los sistemas automotrices

ANEXO F: Acabado estético del Monoplaza Eléctrico

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue caracterizar los sistemas de chasis, tren de potencia, dirección, frenos y suspensión para un vehículo monoplaza eléctrico, para lo cual se analizó y estudió de manera computarizada los sistemas automotrices para optimizarlos y adaptarlos conforme la presente realidad. Dicho proceso se llevó a cabo partiendo del estudio y análisis del tema planteado como trabajo de titulación; posteriormente, luego que la propuesta sea aceptada, se procedió a elegir el material para el diseño y simulación del primer sistema, que será el chasis; seguidamente se realizó el cálculo del tren de potencia para conocer las especificaciones y requerimientos al momento de incorporar dicho sistema automotriz, finalizado el diseño y simulación se efectuó a la adquisición de materiales, construcción del prototipo, pruebas y resultados como se describe en el diagrama de etapas del proyecto. Para el diseño y caracterización de materiales se utilizó el programa de diseño Solidworks, donde se obtuvo el valor crítico máximo en el brazo superior de la suspensión con una fuerza resultante de 2880N, mientras que para las condiciones de movimiento se empleó la herramienta denominada Ansys; en donde a rasgos generales se obtuvieron los materiales a utilizarse como son tubos huecos de 25,4 cm y 22 cm de diámetro, además de tubo cuadrado de 10 cm con longitudes totales de 9,35; 3,91 y 2,97 m respectivamente, así también sus limitaciones a soportar en donde el caso máximo fue para el agarre de muelle con un valor de esfuerzo máximo de 101,99 Mpa. Se concluye que los materiales a utilizar dependerán de las cargas a las cuales vayan a ser sometidas, debido a que no todos los sistemas soportan los mismos esfuerzos. Se recomienda que el prototipo cuente con un manual de uso y mantenimiento para facilitar su manejo en general.

PALABRAS CLAVE: <VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA (VTH)>
<AERODINÁMICA> <ANÁLISIS DINÁMICO> <SISTEMA AUTOMOTRIZ>
<SOLIDWORKS(SOFTWARE)>

1010-DBRA-UPT-20


07-06-2022



SUMMARY

This project aimed to characterize the chassis, power train, steering, brake, and suspension systems for a single-seat electric vehicle, for which the automotive systems were analyzed and studied in a computerized manner to optimize and adapt them according to the present reality. This process was carried out based on the study and analysis of the topic raised as the degree work. Subsequently, the material for the design and simulation of the first system, which will be the chassis, was chosen. Next, the calculation of the power train was carried out to know the specifications and requirements at the time of incorporating said automotive system. Once the design and simulation were completed, the acquisition of materials, construction of the prototype, tests, and results were carried out as described in the project stage diagram. For the design and characterization of materials, the Solidworks design program was used, where the maximum critical value was obtained in the upper arm of the suspension with a resulting force of 2880N. While for the movement conditions the tool called Ansys was used; where, in general terms, the materials to be used were obtained, such as hollow tubes of 25.4 cm and 22 cm in diameter, in addition to a 10 cm square tube with total lengths of 9.35; 3.91 and 2.97 m respectively. Thus also its limitations to withstand where the maximum case was for the spring grip with a maximum stress value of 101.99 Mpa. It is concluded that the materials to be used will depend on the loads to which they will be subjected because not all systems support the same efforts. It is recommended that the prototype has a use and maintenance manual to facilitate its handling in general.

Keywords: < HUMAN POWERED VEHICLE (HVT)> <AERODYNAMICS> <DYNAMIC ANALYSIS> <AUTOMOTIVE SYSTEM> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>



Lcda. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs

C.C. 0603611013

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo vive un gran cambio y evolución en el cual el mundo Automotriz no ha quedado descartado, siendo este uno de los campos en donde más se ha evidenciado la evolución y los cambios que han permitido que esta industria sea una de las más dominantes en un ámbito general. Uno de los mayores avances tecnológicos y de los mejores que se han podido evidenciar es el de la creación de los vehículos eléctricos que tienen muchas variantes y poseen múltiples características que los alejan de los vehículos a combustión interna, ya que en estos su motor trabaja con electricidad en lugar de utilizar carburante con gasolina o diésel, lo que hace que en dichos prototipos se elimine la producción de gases de efecto invernadero. Estos coches poseen entre sus principales características el funcionamiento mediante motores eléctricos que suelen ser pequeños y ligeros, estos motores impulsan electricidad que se acumula directa y enteramente en las baterías, además de que como ya se mencionó a diferencia de vehículos híbridos y a combustión eliminan totalmente el uso de diésel o gasolina.

No obstante, la industria automotriz ha querido dar un paso más allá de la construcción del vehículo eléctrico solamente, llevándolo a un plano mucho más formal y a la vez funcional tomando en cuenta como centro de estudio la viabilidad de los vehículos eléctricos dentro del tráfico vehicular en las partes más transitadas como son en las urbes, aspecto que ha resultado en la construcción de un monoplaza, cuya función es disminuir el tránsito vehicular dentro de las ciudades y puntos más concurridos normalmente, de estos avances no se ha visto exento nuestro país que si bien es cierto no cuenta con muchos de estos prototipos, ya es una realidad que existan también en nuestro medio.

La presente investigación se enfoca precisamente en estos dos aspectos: la contaminación, además del tránsito vehicular dentro de las ciudades; que si bien es cierto con el estudio y la construcción de tan solo un prototipo aportaremos milimétricamente o casi nada en estos aspectos teniendo en cuenta la gran masa contaminante que se vive hoy en día, se buscare realizar el diseño las pruebas y los estudios pertinentes para lograr una correcta optimización y funcionamiento, que permita lograr una correlación adecuada entre lo planificado y lo alcanzado al final del mismo.

En la primera parte se establecen fundamentos netamente teóricos y conceptos básicos que están inmersos dentro de la construcción de nuestro proyecto así también, las normativas y restricciones que se posee al momento de realizarlo para lo cual nos basaremos en las normas que se va a dar actualmente acerca del peso del vehículo personal y potencia de motor, para que puedan circular libremente en las vías de la ciudad.

A consiguiente nos enfocaremos en el diseño y simulación de las partes en dicho estudio con la finalidad de ir plasmando de apoco lo que se ha pensado desde sus inicios, este proceso se lo

llevara a cabo mediante programas computarizados como: Solidwork, Matlab, Ansys entre otros; que nos ayudaran a que cada parte y simulación coincidan tanto en acoplamiento estructural como también en funcionamiento y así poder descartar cualquier error irreparable previo a su manufactura.

Finalmente se buscará que su construcción sea adecuada y este regida a las distintas normas de seguridad, así como restricciones encontradas en dicho proceso, teniendo como fin principal el desarrollo de pruebas de frenado, potencia y un test de autonomía, además de lograr en este prototipo la eliminación completa de los gases de efecto invernadero y aportar de una manera silenciosa al tránsito vehicular debido al reducido espacio y modesto volumen que necesitará dicho proyecto.

CAPÍTULO I

1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.

1.1 Antecedentes.

En la actualidad en que estamos rodeados es normal ver grandes avances tecnológicos y una de las mayores innovaciones se encuentra en el campo automotriz, estamos refiriéndonos precisamente al vehículo eléctrico que si bien es cierto hoy al verlo construido y funcional en todo su esplendor y capacidad, parece algo no muy complejo y creado rápidamente con el pasar de los años, la realidad es muy distinta ya que tuvo que pasar vario tiempo, así como también procesos para disfrutar de dicho prototipo en nuestros días.

Tiempo atrás el motor eléctrico, el motor de combustión y el motor de vapor competían cada cual por ser el ganador para la propulsión del vehículo. En el año 1680 Sir Isaac Newton puso la idea de un vehículo propulsado a vapor de agua hasta llegar al año 1769 de la mano de Nicholas Joseph Cugnot donde se pudo construir este vehículo. El inconveniente que tenían los primeros vehículos era en que no podían retener un peso de 4.5 toneladas. Cuando se creó el primer vehículo a vapor (Cugnot) en 1769, Michael Faraday en 1821 logro convertir la energía eléctrica a energía mecánica conociéndole en la actualidad como motor eléctrico, en lo cual, esta fue una de las causas principales para la evolución del vehículo eléctrico con el pasar del tiempo.

El primer coche eléctrico data de 1834, mientras que el motor de combustión interna, más complejo que un motor eléctrico, no llegó hasta 1861. La comercialización de coches eléctricos comenzó en 1852, pero esos primeros vehículos eléctricos no usaban baterías recargables. Éstas no llegarían hasta finales del siglo XIX gracias a las invenciones de los franceses Gaston Planté y Camille Faure (Murias 2019).

Fue tal el éxito que, apenas dos años después se puso en funcionamiento la Electric Storage Battery Company, un servicio de taxis eléctricos que operaba en Nueva York. Ya en aquel entonces, y para resolver el problema de la autonomía de los coches, los socios de la empresa diseñaron idearon un sistema de recarga que, hoy en día, nos suena bastante: el intercambio de baterías (bien es verdad que, en 1852, Gaston Planté ya había inventado la batería recargable de plomo y ácido) (BBVA).

Lo que vio Jacob Lohner al otro lado del Atlántico fue el auge imparable de los coches eléctricos. El primero de ellos, se vendió en 1890 por William Morrison of Des Moines, Iowa. Pero el líder indiscutible del mercado de la época era Fritchle, fundada por Oliver O. Fritchle, un químico instalado en Denver. Fritchle vendió su primer coche en 1906 y en 1908 la Oliver P. Fritchle Company abrió su primera tienda en Colfax Avenue, Denver. Para darse a conocer, Fritchle aseguraba que su coche podía recorrer hasta 100 millas (160 km) en llano tras recargar su batería toda la noche. Los progresos del automóvil eléctrico se hicieron patentes con el récord de velocidad del belga Camille Jenatzy y su coche eléctrico “La Jamais Contenté” conseguido en

1899: fue el primer ser humano en superar los 100 km/h y a partir de ahí empezaría una lucha por ser el más rápido sobre ruedas. En 1900 se fabricaron 4.192 coches en Estados Unidos y el 28 % de esa producción eran coches eléctricos (Murias 2019).

Según lo dijo (Camòs, 2013). En 1908 Ford presentó su Model T fabricado en serie y lo cambió todo. El trabajo en cadena permitió en la Ford Motor Company establecer para sus empleados un salario mínimo interprofesional de 5 dólares al día, con una jornada laboral de ocho horas y la entrada en el mercado laboral de mujeres e inmigrantes. La reducción de costes en la fabricación del Ford Model T fue uno de los factores clave. En 1908 su precio era de 825 dólares. En 1925, su precio había bajado hasta los 260 dólares. Teniendo en cuenta que el escenario económico era de elevada inflación en el periodo de entreguerras, este fue un factor imprescindible para la democratización del modelo de Ford... y para el boom del automóvil.

En la década de los años 20, los coches de gasolina son más asequibles y sobre todo superan con creces en autonomía práctica a los eléctricos. Se puede repostar en cualquier sitio y en pocos minutos, algo que ya había demostrado Bertha Benz a finales del siglo XIX. Salvo contadas y anecdóticas excepciones, el coche eléctrico cayó en el olvido. En los años 50 y 60 algunos fabricantes, como Renault, BMW, Nissan u Opel desarrollaron algunos tímidos vehículos eléctricos a modo de prototipos, pero sin realmente apostar por ese tipo de movilidad. Aun así, a partir de los años 60 se percibe un intento de volver al coche eléctrico (Murias 2019).

El coche eléctrico que mejor se vendió fue en los años 70 el CitiCar de Sebring-Vanguard. Este vehículo eléctrico tenía un aspecto casi cómico, pero, lo creas o no, fue todo un éxito porque se vendieron miles de unidades. De hecho, ha sido el coche eléctrico de mayor producción en la historia de Estados Unidos hasta que llegó Tesla hace cuatro días. Aunque tendemos a pensar que los coches eléctricos son cosa del presente y del futuro, lo cierto es que varias décadas atrás ya hubo algunos pioneros que lo intentaron, generalmente con poca fortuna. No es el caso del exitoso modelo protagonista hoy de nuestra sección Coches Rarunos, que nació en 1974 de la mano de Robert G. Beaumont (Magro, 2015).

En 1990, California adoptó la norma del “Zero Emission Vehicle (ZEV)” que imponía que para 1998 al menos el 2 % de las ventas en California de un gran fabricante debían realizarse con coches de emisiones cero hasta llegar a una cuota de 10 % en 2003. General Motors fue el primero de los grandes fabricantes en atreverse comercialmente con un coche eléctrico, el EV1. En realidad, era una prueba piloto en la que solo los clientes de California, Arizona y Georgia podían acceder al EV1 mediante leasing vía concesionarios Saturn. En 1996 comenzó la fabricación del EV1. Hasta 2003, se fabricaron tan sólo 1.117 unidades. (Murias 2019).

Técnicamente, el GM EV1 no fue un fracaso, ni mucho menos. El EV1 de General Motors es un modelo cuyo recuerdo perdurará en la memoria de la industria automotriz principalmente por dos motivos: ser el primer coche eléctrico de la era moderna diseñado como tal y fabricado en serie

allá por la década de los 90, y su controvertido final, en 2003, cuando el fabricante norteamericano optó por un polémico proceso de recall de todas las unidades puestas en circulación para su posterior destrucción (Galán, 2019).

La Unión Europea es así otra impulsora de facto de la movilidad eléctrica. Si los fabricantes quieren lograr la media de 95 g/km de CO₂ para su flota en 2021 acordada por la UE no les queda otra que apostar por el coche eléctrico. Y es que 95 g/km de CO₂ para un turismo supone un consumo medio de 4,1 l/100 km en un gasolina y 3,5 l/100 km en un diésel (Murias 2019).

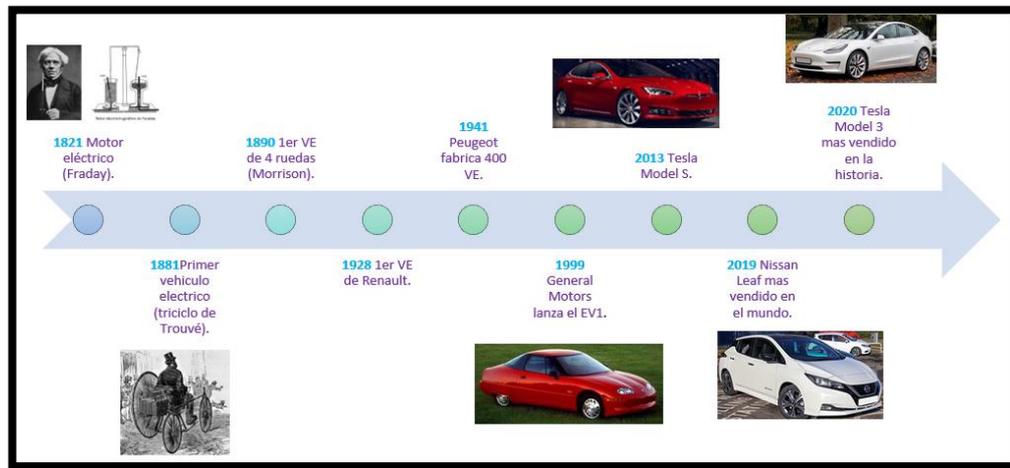


Figura 1-1: Línea de tiempo del vehículo eléctrico hasta la actualidad

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

1.2 Planteamiento del problema.

El incremento de vehículos en las ciudades más pobladas del país se ha producido inconvenientes en la movilización, provocando que en horas pico pueda ocurrir mucha congestión vehicular falta de espacios de estacionamiento y produciendo contaminación ambiental, en lo cual, algunos ciudadanos han optado por otros medios de transporte uno de ellos son los vehículos eléctricos personales.

En el mercado podemos obtener estos vehículos eléctricos personales a partir de 500 dólares en lo más sencillo y hasta precios de 2000 dólares siendo un poco más avanzados, por lo tanto, la utilización de los VMP se dificulta tenerlo por su costo elevado, pero si en caso se lograra elaborar un producto o prototipo que cumpla con la misma función de movilizar de un punto a otro y que sea eléctrico se estaría ahorrando económicamente.

La falta de espacios para estacionar los vehículos se va volviendo en una dificultad en lo cual genera incomodidad y pérdida de tiempo al conductor, un VMP puede facilitar su aparcamiento evitando pérdidas de tiempo e incomodidades.

1.3 Justificación.

Demanda vehicular.

El incremento de vehículos va de la mano con la población en el caso de Ecuador la provincia Pichincha en el 2018 contaba con 540.827 vehículos matriculados, el porcentaje de vehículos que se encuentran en la ciudad de Quito es del 89%. De ellos, solo 1,1% son autobuses y 3% furgonetas, y aunque apenas 25% de los hogares quiteños dispone de un vehículo, estos ocupan 70% del espacio vial (Lucero 2020).

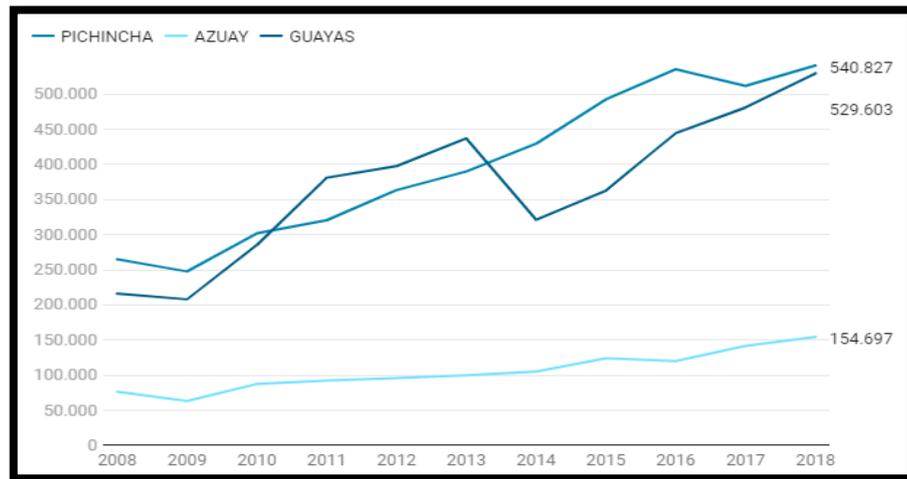


Gráfico 1-1: Evolución del parque automotor de las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay.

Fuente: ANET 2018. INEC (Lucero 2020)

En la gráfica se observa el crecimiento de parque automotor del 2008 al 2018, por lo tanto, en el caso de la ciudad de Quito en la última década el parque automotor ha crecido más del triple que la población quiteña.

El incremento de vehículos forma parte de excesivo tráfico vehicular sobre todo en horas pico que suelen ocurrir en las ciudades más pobladas del país, por consecuencia, la contaminación ambiental va a ir creciendo en lo cual lo vamos a hablar a continuación.

Contaminación.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) también emitió una alerta en mayo de este año - 2018-. El informe reveló que -en el planeta- nueve de cada diez personas respiran aire contaminado. Esto se da en gran medida, debido a la evolución tecnológica que se ha presentado con el pasar de los años y el deseo de la humanidad de conocer nuevas formas de vida y proyectar comodidad en todos sus aspectos, es así que la industria automotriz no se ha visto mermada de dicha evolución, misma que representa el 13.5% del total de las emisiones de Gases de Efecto

Invernadero (GEI), señala el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) (Pérez Darquea 2018).

La Agencia Internacional de Energía informó que la contaminación por transporte motorizado representa el 75%, frente a las modalidades aérea (12%), marítima (11%) y férrea (2%).

La Agencia Nacional de Tránsito (ANT) calcula que el parque automotor del país fue de dos millones de unidades en el año 2015, con un crecimiento del 57% cada 5 años, por lo que hoy en la actualidad estaríamos bordeando aproximadamente 3150000 unidades (El telégrafo 2021).

Los gases contaminantes que expulsa el motor son: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y óxido de nitrógeno (NO_x). Las emisiones contaminantes de gases producidas por el motor de combustión interna son responsables únicamente de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), son responsables del 25% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO_x) (Coba 2015).

Se ha hecho uso de la tecnología y normas como la EURO con el fin de reducir las emisiones de gases. Llegará un momento en que las emisiones difícilmente podrán reducirse más, ya que llegara a su propio limite tecnológico (Sociedad de Técnicos de Automoción. 2011).

Debido a los índices de contaminación que se da en el medio ambiente y lo perjudicial que puede ser para el ser humano se ha desarrollado nuevas tecnologías para la movilización humana entre ellas esta los vehículos híbridos y eléctricos, siendo los vehículos eléctricos más amigables con el medio ambiente.

Vehículo eléctrico.

Hoy en la actualidad podemos tener vehículos eléctricos y autónomos que se puede movilizarse de un punto a otro sin necesidad de una persona. En la siguiente tabla podemos observar la venta de vehículos eléctricos en Ecuador.

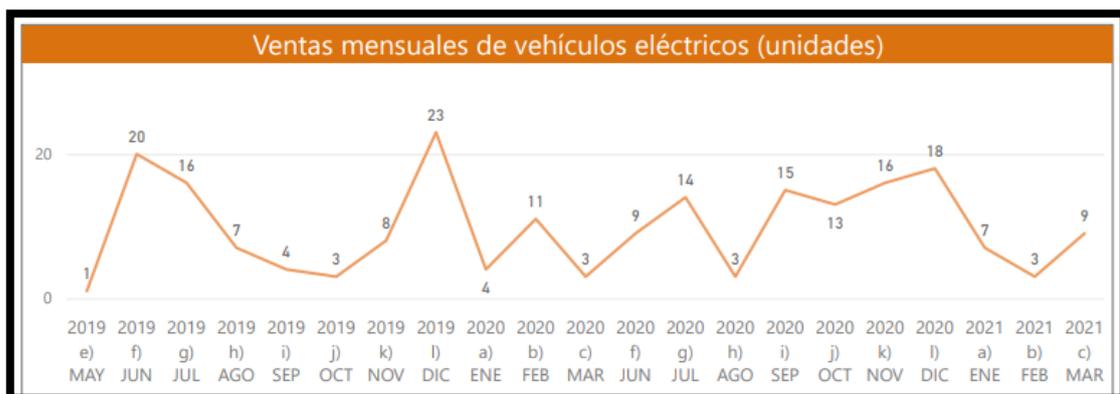


Gráfico 2-1: Ventas mensuales de vehículos eléctricos del 2019 al 2021

Fuente: (AEADE 2021)

La demanda de los vehículos eléctricos en el país no es mucha como el de los vehículos de combustión.

Electricidad en Ecuador.

La electricidad que produce Ecuador solamente se usa el 47% de su capacidad energética. Es decir, el 53% de la energía que se puede generar no se usa. Y si se toma en cuenta la capacidad efectiva de generación, que es de 7.434,81 MW, lo no aprovechado llega al 50% (El Universo, 2018). Como se puede ver en la gráfica de la Agencia Internacional de Energía (IEA) el consumo de energía de Ecuador va subiendo con el pasar de los años llegando al año 2018 un consumo aproximadamente de 25 TWh.

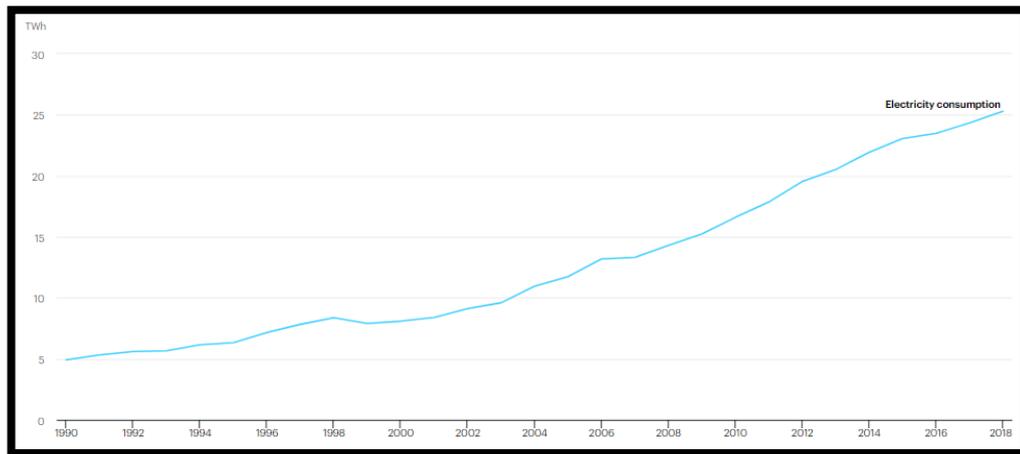


Gráfico 3-1: Consumo de electricidad en el Ecuador desde el año 1990 al 2018

Fuente: (IEA 2018)

Como se informó anteriormente la energía en Ecuador no se aprovecha en un 100% su capacidad energética, entonces, el uso del vehículo eléctrico he híbrido se puede implantar en el país porque tiene la capacidad de generar más energía.

Anteriormente se pudo hablar de la alta demanda de vehículos en las urbes más pobladas del país, en lo cual, los ciudadanos han optado por otros medios de movilización en las ciudades una de ellas es la utilización de vehículos de movilidad personal (VMP) en lo cual se hablará a continuación.

Vehículos eléctricos personales.

El vehículo eléctrico personal posee dimensiones inferiores a un auto entre ellas están los escúteres, bicicletas eléctricas y motonetas, en lo cual, el VMP se lo utiliza para movilizaciones cortas de forma limpia y económica en zonas urbanas sobre todo en las ciudades donde se producen mayor tráfico y contaminación ambiental. Los coches angostos son un nuevo tipo de automóvil que podría llegar a solucionar los problemas de congestión, la contaminación ambiental y falta de espacios de estacionamientos en las urbes (Maldonado-Páez et al. 2020).

El uso del vehículo de movilidad personal va aumentando en las urbes significativas de Ecuador y como no innovar un nuevo medio de transporte personal. En la Universidad de Ciencias Aplicadas de Zúrich (ZHAW) en Suiza se desarrolló un innovador Scooter eléctrico denominado BiCar como se muestra a continuación.



Figura 2-1: Vehículo urbano desarrollado por la Universidad de Ciencias Aplicada de Zúrich (ZHAW)

Fuente: (Martín 2018)

Se trata de un mini vehículo de tres ruedas y monoplaza con un claro enfoque urbano (Martín 2018). El Bicar se presentó en el año 2015 y se espera tener la aprobación de la Unión Europea. En caso de Ecuador, Quito fue la primera ciudad con scooter de uso público. El 28 de noviembre de 2019 empezó a operar HoP, una aplicación que permite el alquiler de este tipo de vehículos (Dávalos 2019). En su primera etapa contaba con 75 scooters y 32 estacionamientos en los cuales se ha registrado 2600 usuarios.

Electrobike es una tienda donde venden vehículos eléctricos de movilidad personal como son los scooters, bicicletas eléctricas y entre otros. Electrobike, una de las tiendas más grandes que ofrece estos aparatos, la demanda se incrementó un 15%, según Andrés Mesías, director de la empresa (EL COMERCIO 2019). A continuación, se observará las fichas técnicas de los vehículos eléctricos personales.

BICAR		Datos técnicos	
	Modelo	BICAR 3.0	
	Distancia	60 Km	
	Recarga	1 hora	
	Poder	2KW (2.7hp)	
	Peso	120 Kg	
	Bateria	18650 Lithium	
	Durabilidad	2000 ciclos	
	Bateria extraible		
	Paneles solares		
	Precio	\$ 7.763	

Figura 3-1: Ficha técnica de Bi-Car 3.0 desarrollada por la universidad de (ZHAW)

Fuente: (ec.e-scooter [sin fecha])

Electrobike		Datos técnicos	
	Nombre	VELOCIFERO - MAD TRUCK	
	Peso	95 Kilos	
	Velocidad	45 KM	
	Autonomia	40 Km	
	Potencia	2000 Watts	
	Cargar	5-8 horas	
	Asiento extraible		
	Frenos de disco		
	Marco de acero de alta resistencia		
	Precio	\$ 1816	

Figura 4-1: Ficha técnica de Velocifero – Mad Truck de la empresa Electrobike en Ecuador

Fuente: (ELECTROBIKE [sin fecha])

Electrobike		Datos técnicos	
	Nombre	Magnos	
	Motor	HUB DC sin escobillas	
	Torque maxi	30 Nm	
	Autonomia	40 Km	
	Potencia	350 W	
	Velocidad	25 Km/h	
	Carga	4 - 6 h	
	Bateria	36 V 10Ah	
	Peso	26 Kg	
	Carga maxim	110 Kg	
	Largo	1500 mm	
	Ancho	250 mm	
	Altura	1200 mm	
		Freno de disco	
		Precio	
	\$ 790		

Figura 5-1: Ficha técnica de una bicicleta eléctrica Magnos de la empresa Electrobike

Fuente: (ELECTROBIKE [sin fecha])

Por motivos de la pandemia y restricciones vehiculares el uso de los vehículos eléctricos de movilidad personal ha ido aumentando en las ciudades. La venta y el uso de vehículos eléctricos de movilidad personal crecen en Quito. El proyecto que se va a elaborar tendrá una combinación entre un scooter y un coche tipo monoplaza con dimensiones reducidas disminuyendo así espacios en carretera y en zonas de aparcamiento.

1.4 Objetivos.

1.4.1 *Objetivo general.*

Caracterizar los sistemas de chasis, tren de potencia, dirección, frenos y suspensión para un vehículo monoplaza eléctrico, mediante el análisis y estudio computarizado de sus sistemas automotrices para optimizarlos y adaptarlos de acuerdo con nuestra realidad.

1.4.2 *Objetivos Específicos.*

- Analizar cada uno de los requisitos y restricciones para los sistemas automotrices involucrados en dicho proceso (chasis, carrocería, dirección, frenos y suspensión), con su respectiva elección de las mejores alternativas para el diseño de cada uno de los sistemas automotrices (chasis, carrocería, dirección, frenos y suspensión).
- Dimensionar un vehículo eléctrico personal por medio de software donde puedan entrar 4 unidades en el espacio que ocuparía un vehículo.

- Diseñar el Chasis y el sistema de carrocería de nuestro vehículo monoplace mediante la ayuda y simulación del programa Solidwork.
- Diseñar el sistema de dirección y frenos para las ruedas del vehículo eléctrico, que otorgue confort y seguridad al vehículo, y su sistema de suspensión que se acople de forma correcta a las prestaciones de nuestro vehículo y pueda dar un óptimo acabado a nuestro proyecto respecto a su diseño.
- Realizar un registro de pruebas para corroborar el correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas automotrices y posteriormente una prueba general del prototipo realizado, para finalizar el proyecto y verificar su correcto funcionamiento.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTO TEÓRICOS

2.1 Estado del arte

2.1.1 Estructura del chasis

Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamblaje al chasis de un vehículo de tracción humana de tres ruedas tipo recumbent como alternativa de transporte en la ciudad de Montería

Según (González, Violet y Agudelo 2019) trata de un rediseño de chasis de un modelo construido en 2014 por estudiantes de ingeniería mecánica denominado VTHR-1, como elemento de comparación, para determinar los efectos producidos por esta metodología en el rediseño del chasis. Como resultado, se obtuvo un factor de seguridad de 1,6 y una vida estimada de $4,293 \times 10^5$ ciclos; se estimó una disminución del 69% en la complejidad del ensamble del sistema de transmisión de potencia, una reducción del 32% en el costo de fabricación y una estructura 19% más liviana. El VTH se diseñó para conductores con estaturas entre 1,60 y 1,90 m, un peso máximo de 90 kg y un ancho máximo de los hombros de 0,70 m para que el vehículo solo ocupe un carril de la ciclo-ruta, el ancho máximo del tren delantero fue de 0,54 m.

2.1.1.1 Diseño de chasis para un monoplaza formula SAE

En el artículo presentado por (Alberto et al. 2013) denominado “Diseño de chasis para un monoplaza formula SAE” en el estudio se realizan además del modelado del diseño, el comportamiento estructural por medio del análisis por elementos finitos, utilizando como variables de control las especificaciones establecidas en la sección de diseño y construcción de chasis del reglamento de competencia FSAE 2013. Se utilizó para las simulaciones el material "SAE 4130" de 25.4 mm de diámetro y 2 mm de espesor ya que es usado en la industria aeronáutica y en la automotriz y se obtuvo resultados contundentes contra los materiales de uso común como es el acero "SAE 1020". En la prueba de impacto frontal con el material "SAE 1020" se obtuvo un factor de seguridad de 0.096, mientras con el acero "SAE 4130" se obtuvo un factor de seguridad de 0.15. En la prueba de impacto lateral con el material "SAE 1020" se obtuvo un factor de seguridad de 0.47 y con el material "SAE 4130" el factor de seguridad fue de 0.71.

2.1.1.2 Diseño y Construcción de un Chasis para el Vehículo Tipo Fórmula SAE

De acuerdo con (Luis et al. 2015) en su trabajo titulado “Diseño y Construcción de un Chasis para el Vehículo Formula SAE”, se realiza el diseño y la construcción de un chasis para un vehículo tipo formula SAE, el chasis está estructurado en cuatro subsistemas desarrollados en base al reglamento SAE 2014. Mediante la cinemática se determinarán movimientos de interés como:

aceleración, frenado, curvatura y oscilaciones; mientras que, el comportamiento dinámico se basa en determinar las fuerzas que actúan sobre los neumáticos, centro de gravedad del vehículo y dispositivos aerodinámicos. Para lograr un óptimo acabado, además de la seguridad adecuada en el sistema del chasis se calculó: distribución de peso, determinación de cargas del sistema de suspensión, análisis del sistema de dirección, determinación de cargas del sistema de frenos; así también, se realizaron análisis de esfuerzos por el método de elementos finitos con la finalidad de encontrar las deformaciones máximas existentes, de entre los cuales podemos mencionar: análisis de esfuerzos en la mangueta, bieleta frontal, bieleta posterior, bastidor impacto frontal, bastidor impacto lateral, bastidor rigidez a la torsión; logrando una aceptación total en todos los aspectos del proyecto.

2.1.1.3 Diseño mediante simulación de la estructura de una motocicleta eléctrica

En el artículo presentado por (Molina Redrobán, Jiménez González y Chica Castro 2019) denominado “Diseño mediante simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica” se elabora la construcción de un chasis con materiales locales de Ecuador. El método se hará mediante matrices de calidad para la selección de la materia prima adecuada entre los Aceros ASTM A36, Acero Inoxidable y el Acero ASTM A500 para la fabricación de la estructura y sus respectivas simulaciones a través del software NX utilizando el método de elementos finitos del mismo. Se selecciona el acero por calidad resistencia y precio la perfilería de acero ASTM A36 porque también cumple con los valores adecuados de resistencia y desplazamiento máximos bajo la normativa INEN 2415 de las propiedades de acero del país. El perfil del acero es redondo donde tiene un largo nominal de 6m con espesor de 2 mm, diámetro de 25.4 mm con un peso de 1.15 Kg/m a un precio de 6.80\$/u las especificaciones técnicas se tomó en la empresa IPAC. Los siguientes resultados en la simulación de 121.48 MPa en el esfuerzo máximo, un desplazamiento máximo de 0.291mm y un factor de seguridad de 1.8 por lo que se determinó que no existe riesgo de rupturas en la estructura y se puede construir bajo los parámetros de diseño planteado ya que el límite de elasticidad es de 250 MPa.

2.1.2 Suspensión.

2.1.2.1 Caracterización del diseño de la suspensión inclinable para vehículos de movilidad personal

(Maldonado-Páez et al. 2020) denominado “Caracterización del diseño de la suspensión inclinable para vehículos de movilidad personal” donde presenta el proceso del diseño e implementación de suspensión inclinable en coches angostos. Se hace un análisis explicativo de varios modelos construidos para así establecer un proceso de diseño, implementación, control y simulación. El estudio de suspensión tilting resulta importante para el desarrollo de un nuevo

sector en el parque automotor de vehículos unipersonales urbanos. Los resultados que se obtienen son: 1) Se establecen las herramientas necesarias para la implementación del sistema de suspensión inclinable; 2) Se analizó el comportamiento lateral del vehículo, basados en la teoría de la Fórmula mágica de Pacejka y la teoría del péndulo invertido para predecir el comportamiento del vehículo al realizar un giro; 3) por métodos de linealización se obtienen las ecuaciones de transferencia para la programación del controlador; 4) Se comprueba el modelo matemático al evaluar con métodos tradicionales y programas de simulación; 5) los vehículos NTV merecen un estudio más profundo para desarrollar e implementar todos los sistemas tecnológicos posibles sobre ellos.

2.1.2.2 Estudio cinemático y dinámico del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrica Formula Student

En base al “Estudio cinemático y dinámico del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrica Formula Student” presentado por: (Arevalo, Medina y Valladolid 2018), se detalla el estudio del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrica Formula Student. Este estudio involucra un análisis de la cinemática y dinámica del sistema de suspensión en el cual se realiza una determinación analítica del movimiento, cargas y vibraciones por medio de software de simulación y de cálculos matemáticos. Con el estudio se busca evaluar el rendimiento de la suspensión en función del reglamento de la competencia, con el fin de establecer parámetros que mejoren el sistema de suspensión y a la vez el desempeño del monoplaza en términos de confort y seguridad. Entre los métodos y materiales del mismo, se parte por especificar las dimensiones del monoplaza, características del sistema de suspensión y parámetros geométricos. Mientras que, en la parte del análisis cinemático, se parte por el sistema de suspensión simulado en Lotus Suspension Analysis; para continuar con la determinación de: variaciones del ángulo de caída con bote y rebote de la rueda, variaciones del ángulo de avance con bote y rebote de la rueda, variaciones de la altura del centro de balanceo con bote y rebote de la rueda, variaciones del toe con bote y rebote de la rueda, variaciones del ángulo de caída con balanceo del chasis, movimiento lateral del centro de balanceo con balanceo del chasis, variaciones del ángulo de caída con el giro de la dirección; así también se realizó el análisis dinámico de: fuerzas presentes en el parche del neumático durante la aceleración y frenado, fuerzas presentes en el parche del neumático en paso por curva, diagrama de cuerpo libre de las fuerzas en los miembros de la suspensión delantera, diagrama de cuerpo libre de las fuerzas en los miembros de la suspensión posterior, ensayos de compresión y tracción de los miembros de la suspensión, parámetros del modelo de un cuarto de vehículo, fuerza desarrollada por el amortiguador para diferentes ajustes, coeficientes de amortiguación para diferentes ajustes del amortiguador, transmisibilidad del modelo de segundo grado de la suspensión delantera, transmisibilidad del modelo de segundo grado de la suspensión posterior, ajuste de la pendiente

para altas velocidades y bajas velocidades, factor de amortiguamiento de la suspensión delantera, factor de amortiguamiento de la suspensión posterior, respuesta del sistema de suspensión delantera ante un desplazamiento vertical como entrada, para finalmente determinar la respuesta del sistema de suspensión posterior ante un desplazamiento vertical como entrada.

2.1.3 Tren de potencia eléctrico.

2.1.3.1 Evaluación del sistema de tracción en un vehículo eléctrico biplaza de estructura tubular

En el artículo presentado por (Rocha-Hoyos et al. 2017) donde cual trata de un vehículo eléctrico tubular como alternativa para disminuir los gases contaminantes en la ciudad de Baños en Ecuador, cuyo motor es de 7.5 Kw llegando a una velocidad de 50 Km/h donde puede llevar una capacidad máxima de 420 Kg y subir pendientes del 14%. Para evaluar el rendimiento del vehículo se lo hizo en 4 condiciones: (i) prueba de frenado a una velocidad de 13.8 m/s donde se puede detener a 5.1 m de distancia; (ii) prueba de potencia en línea recta y a una pendiente del 14% donde se pudo obtener los resultados de 9KW y 11Kw respectivamente; (iii) prueba de frenado regenerativo donde se recupera una potencia de 0.6KW y por último (iv) test de autonomía en la que se consiguió 30.4 Km a plena carga. Si se obtiene una autonomía de 40 Km por litro de combustible del go-kart de 7.5 Kw, entonces, la alternativa para convertir los vehículos de gasolina a eléctrico permite una reducción de emisiones de dióxido de carbono de 2.2 kg de CO₂ por litro de combustible. Se realizan modelos matemáticos abstractos para entender la dinámica del vehículo y las fuerzas que actúan sobre el vehículo a cierto grado de inclinación, donde se debe tomar en cuenta dos componentes como la batería y el motor eléctrico.

2.1.3.2 Diseño y simulado del sistema de propulsión de un triciclo eléctrico

En el artículo presentado por (Sánchez 2017), se obtiene una ecuación para describir la dinámica del movimiento del vehículo, también se realiza la comparación del consumo energético y la autonomía de la versión eléctrica. Como resultado se tiene una velocidad de 55 Km/h y alcanza a los 40 Km/h en 30s que es la velocidad normada en la ciudad con una distancia recorrida de 600 metros. Las cualidades dinámicas del triciclo son inferiores a las de gasolina, pero cumple con las expectativas de un paseo ciudadano y con una ventaja ambiental. En cuanto al rendimiento energético del triciclo de combustión por datos que proporciona el fabricante tiene un índice de consumo de 1.5L de gasolina a 50Km recorridos en lo cual representa 13.35Kwh de energía consumida, en cambio en el cocotaxí eléctrico consume 2.11 KWh a 50 Km/h venciendo una fuerza de resistencia de 152.05 N. En cuanto a la autonomía transitando por la ciudad a una velocidad promedio de 50 Km/h con una energía de 17.3 Km/h almacenada en baterías el triciclo eléctrico pudiera recorrer 6 horas, o sea; 300Km.

En el artículo presentado por (Sánchez 2017) de nominado “Diseño y simulación del sistema de propulsión de un triciclo eléctrico” donde se obtiene una ecuación para describir la dinámica del movimiento del vehículo, también se realiza la comparación del consumo energético y la autonomía de la versión eléctrica. Como resultado se tiene una velocidad de 55 Km/h y alcanza a los 40 Km/h en 30s que es la velocidad normada en la ciudad con una distancia recorrida de 600 metros. Las cualidades dinámicas del triciclo son inferiores a las de gasolina, pero cumple con las expectativas de un paseo ciudadano y con una ventaja ambiental. En cuanto al rendimiento energético del triciclo de combustión por datos que proporciona el fabricante tiene un índice de consumo de 1.5L de gasolina a 50Km recorridos en lo cual representa 13.35Kwh de energía consumida, en cambio en el Coco taxi eléctrico consume 2.11 KWh a 50 Km/h venciendo una fuerza de resistencia de 152.05 N. En cuanto a la autonomía transitando por la ciudad a una velocidad promedio de 50 Km/h con una energía de 17.3 Km/h almacenada en baterías el triciclo eléctrico pudiera recorrer 6 horas, o sea; 300Km.

2.1.3.3 Diseño de un tren de potencia eléctrico de 200 kW para un vehículo eléctrico de alto desempeño

En el artículo presentado por, (Martinez et al. 2016) titulado: “Diseño de un tren de potencia eléctrico de 200 kW para un vehículo eléctrico de alto desempeño”, se detalla el diseño y los parámetros del mismo, en donde es necesario calcular la potencia y energía necesarias para dimensionar y seleccionar los componentes de almacenamiento y los motores adecuados. Segundo, se requiere una evaluación de varios trenes de potencia para seleccionar la mejor configuración interna del vehículo con el propósito de garantizar la mayor eficiencia posible. Finalmente, se necesita un diseño del convertidor de potencia DC-DC que haga la interfaz entre la unidad de almacenamiento y los motores eléctricos con sus respectivos inversores. Este artículo presenta el procedimiento para el cálculo de la energía necesaria para correr el vehículo con base en un modelo dinámico longitudinal. Así mismo, se presenta el método de selección de los componentes de almacenamiento de energía necesarios. Finalmente, se presenta el diseño de dos convertidores intercalados con inductores acoplados de 100 kW operando bajo una novedosa operación propuesta para incrementar la eficiencia del convertidor. Como resultado, el convertidor diseñado logró una densidad de potencia de 24,2 kW/kg y una eficiencia de 98 %, la cual es validada con pruebas experimentales de un prototipo de baja potencia. En dicha investigación se realizan análisis como: poder energía y torque, parámetros mecánicos, selección de almacenamiento y motor, configuración del tren motriz, convertidor DC-DC, funcionamiento del convertidor, frecuencia de conmutación óptima y posteriormente su validación experimental para dar por concluido el trabajo presentado en dicho artículo.

2.1.4 Sistema de Carrocería Automotriz

2.1.4.1 Diseño y construcción del batidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando Software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana

En la tesis presentada por (Cunalata Cunalata y Terán Vaca 2014) denominado “Diseño y construcción del batidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando Software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana” se detalla paso a paso los procesos de diseño y construcción del bastidor y carrocería para un vehículo biplaza, el mismo que será propulsado por energía eléctrica, con el objetivo de disminuir las emisiones contaminantes. Previo al desarrollo del proyecto se realizó un estudio exhaustivo de las posibles opciones y métodos para llevar a cabo el mismo, estableciendo parámetros y criterios de diseño con el fin de seleccionar la mejor alternativa. Para la ejecución del proyecto se ha recurrido a la ayuda de herramientas informáticas tanto para la selección del material como los diferentes análisis. Para el modelado del bastidor y la carrocería se han empleado herramientas CAD, para posteriormente con el uso de software CAE, realizar pruebas tanto estáticas como aerodinámicas, con el fin de dar fiabilidad al diseño del bastidor y la carrocería.

2.1.4.2 Diseño y Cálculo de la Carrocería de un Vehículo monoplaza para personas con Paraplejía

Conforme al presente trabajo de investigación designado como: “Diseño y Cálculo de la Carrocería de un Vehículo monoplaza para personas con Paraplejía” y presentado por: (Plachar 2012) expone que, para partir con la realización de dicho proyecto, se debe conocer las implicaciones de una persona parapléjica, esto refiere a que, es necesario conocer aspectos relevantes que relacionen la parálisis y el diseño de la carrocería, para crear una conexión adecuada y útil entre beneficiarte y beneficiarios, entre estos aspectos podemos mencionar: dimensiones de la silla de ruedas, alcance, visibilidad, giros y maniobras, rampas y barandas en lo que concierne a las personas parapléjicas; mientras que refiriéndonos a la carrocería directamente se tomó en cuenta: el concepto y mejor prestación de carrocería acorde a la necesidad presentada, en donde se puso como ente primordial parámetros de potencia, economía, estética, seguridad, habitabilidad, confort y ergonomía; seguidamente se estimó las dimensiones tanto externas como internas de la carrocería en base a la valoración que brinde comodidad a una persona parapléjica, determinado en el primer capítulo, como también ayudándose de modelos similares existentes en el mercado, para luego proseguir con las superficies de circulación que en este análisis fue para zonas urbanas. En cuanto al estilo de la carrocería deberá ser de tipo: Carrocería Cerrada Monovolumen, es decir, de una sola puerta de ingreso posterior con ventanas laterales abatibles, parabrisas delanteros, ventana posterior, luces reglamentarias, guardabarros en

todas las ruedas y si maletero, la altura que deberá tener respecto al piso no deberá ser demasiado elevada, ya que dificultará el ingreso de la persona en la silla de ruedas, tampoco deberá ser demasiado baja ya que el vehículo podría golpear en los obstáculos del camino; en base a estas consideraciones se establece que el vehículo deberá tener una distancia del piso mínima de 10 cm por otro lado cumplir los requisitos de rampa máxima que una persona en silla de ruedas pueda superar sin dificultad se trabajará con la longitud de la rampa, para los datos de altura rampa de piso y largo de la rampa se procede hacer el cálculo mediante la altura sobre la rampa máxima que deberá de ser de 100% es decir tenemos un largo de 100 cm mientras que la hipotenusa sería de 100, 5 cm; realizando el mismo análisis con un porcentaje de rampa del 15% obtenemos un largo de 66 cm y una hipotenusa de 66,7 cm. Debido a que en el país no existe ninguna norma o reglamento que nos indique los materiales a utilizar en carrocerías tubulares para automóviles, se ha tomado como referencia aquellas normas que regulan construcción de carrocerías tubulares para buses que son perfectamente aplicables al proyecto. Según la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1323 “los materiales aceptados para la construcción de las carrocerías de los buses deben ser perfiles estructurales protegidos que cumplan la corrosión de las normas INEN correspondientes vigentes, en caso de no existir dichas normas debe utilizarse de reglamentos equivalentes de conocido prestigio tales como ASTM, DIN, JIS ANSI.

2.1.4.3 Diseño y construcción de un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el laboratorio de Autotrónica

En la tesis presentada por (Flores Yasig y Ganboa Eugenio 2014) denominado “Diseño y construcción de un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el laboratorio de Autotrónica.” Se trata del diseño del kart eléctrico se desarrolló con un programa CAD Solid Works donde realizo la modelación de la estructura para la obtención de las esfuerzos y cargas a las que se somete el vehículo y poder verificar si el diseño cumple los parámetros para su construcción que se adapte a las exigencias requeridas, lo que llevo al estudio de las propiedades de materiales seleccionados y se fabricó parte de la estructura mixta, el bastidor con acero ASTM A-36 y los métodos de unión se complementó con Bambú de tal forma de lograr un impacto social en la concepción sobre el uso de alternativas de manufactura en este tipo de móviles.

2.1.5 Sistema de Dirección Automotriz

2.1.5.1 Diseño y Construcción del Sistema de Dirección de un Vehículo de competencia Fórmula SAE eléctrico.

Según (Llvisaca Aucapiña 2018) en dicha presentación se describe y diseña al sistema de dirección automotriz como un interfaz entre conductor y vehículo, cuya misión vital es guiar al vehículo por la trayectoria deseada, este diseño se lo realiza en base al reglamento técnico de

competencia tipo vehículo F-SAE, además de que se pone a consideración las mejores geometrías utilizadas en sistemas de dirección para competencia como lo son: Ackerman, Paralela y Ackerman Reverso, de entre los cuales se optan por la dirección Ackerman debido a su funcionalidad y la factibilidad de cálculos para competencia, para posteriormente realizar dicho análisis pero en la parte física previo a su acople y aprobación. Obteniendo como resultado de que el sistema de dirección Ackerman es el más factible para un vehículo de competencia automotriz F-SAE.

2.1.5.2 Diseño y Construcción de un Sistema de Dirección para un Vehículo Trimoto

En el presente artículo de: (Suntaxi, Torres y Fèlix 2014), titulado como: “Diseño y Construcción de un Sistema de Dirección para un Vehículo Trimoto” se tomaron en cuenta los siguientes parámetros de diseño y transferencia de masas: con la ayuda de un software CAD se dibujó un esquema de las suspensiones. Lo que se consigue en este caso es una forma rápida de ver cómo afecta al centro de balanceo los cambios que se van introduciendo en la geometría, unas veces seleccionadas a cada uno de los elementos se realiza un análisis, bajo fuerzas generadas por transferencias de masas en escenarios de manejo críticos; aceleración: el vehículo trimoto recorrerá 70 metros en un tiempo de 4 segundos, el cual fue cronometrado, aceleración máxima, transferencia de carga bajo un factor crítico, carga en el eje delantero; frenado: se consideró un tiempo de frenada en situaciones críticas de 100 Km/h en 3 segundos, transferencia de carga bajo un factor crítico, carga en el eje delantero; curva e inclinación del vehículo trimoto: transferencia de carga, carga en el eje delantero en curva, carga en el eje posterior en curva, carga en la llanta del eje delantero en la cual se registra un aumento de transferencia. Finalmente procedieron a la simulación bajo fuerzas críticas, en dónde; en el Trapecio Inferior: el esfuerzo máximo del trapecio inferior se produce en la zona cercana al montaje de la rótula el cual es de 17.901 Mpa, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia del material que ofrece el material empleado (290 Mpa.); en el Trapecio Superior: el esfuerzo máximo del trapecio inferior se produce en la zona cercana al montaje de la rótula el cual es de 17.813 MPa, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia del material que ofrece el material empleado (290 MPa.); en el Bastidor: el esfuerzo máximo del bastidor se produce en la zona cercana al montaje del sistema de basculación posterior el cual es de 16.291 MPa, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia del material que ofrece el material empleado (290 MPa.); en el conjunto Mangueta- Eje: El esfuerzo máximo del conjunto mangueta-eje se produce en la zona de pared exterior de la mangueta cercana al cambio de sección, el cual es de 57.904 MPa, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia del material que ofrece el material empleado (250 MPa.); para finalmente seguir con la Barra de Inclinación en donde: el esfuerzo máximo de la barra de inclinación se produce en la zona cercana

al montaje de conjunto amortiguador-resorte el cual es de 64.416 MPa, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia del material que ofrece el material empleado (250 MPa.).

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Vehículo eléctrico.

Es un vehículo que convierte la energía eléctrica a energía cinética y son impulsado por uno o más motores eléctricos entregando todo el par desde cero sin expulsar emisiones contaminantes a la atmosfera.

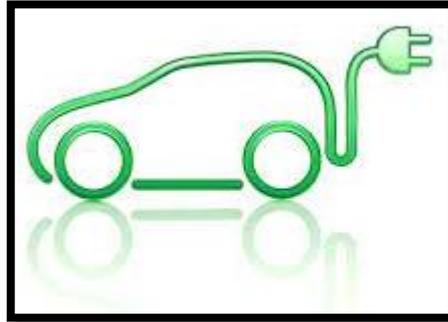


Figura 1-2: Vehículo eléctrico

Fuente: (Enrique.dans 2017)

Hoy en día estos vehículos han tomado popularidad en el mercado automotriz aportando a la sociedad, usuario y medio ambiente múltiples beneficios. A continuación, se menciona las ventajas y desventajas sujetas a mejoras futuras.

Ventajas:

- Funciona de forma silenciosa y suave.
- Fuente de energía limpia.
- Menos piezas que los de combustión interna.
- Mantenimiento simple.
- Cero emisiones contaminantes.
- Respetuosos con el ambiente.

Desventajas:

- Costo de la batería es muy elevado.
- Autonomía de 300 Km en promedio.
- Más recomendable para viajes cortos.
- No hay suficientes puntos de recarga.
- No tienen la misma potencia que los de combustión.

Los vehículos eléctricos consumen menos energía para realizar el mismo esfuerzo que los vehículos convencionales y en algunos vehículos existen sistemas de recuperación de energía al monte de frenado desaceleraciones.

2.2.2 Vehículo monoplaza eléctrico.

Tiene un diseño menos ancho posible con la finalidad de mejorar su aerodinámica para lograr permanecer en el suelo, el interior del vehículo posee un espacio que necesita un cuerpo humano para que el ocupante pueda dirigir el vehículo que por lo general son más usados en competiciones de automovilismo.



Figura 2-2: Vehículo monoplaza eléctrico con un enfoque urbano

Fuente: (Tecnoneo 2016)

Los vehículos monoplazas eléctricos son un medio de transporte urbano donde ayuda a reducir el tráfico vehicular o embotellamientos en horas pico y son amigables con el medio ambiente entre ellas tenemos diferentes tipos de vehículos eléctrico-monoplazas y estas son: monopatín, Scooter, motonetas, bicicletas etc.

2.2.3 Tren de potencia de un vehículo eléctrico.

El tren de potencia de un vehículo eléctrico es por donde pasa la energía desde su entrada en este caso viene a ser la batería hasta llegar al motor para salir como energía mecánica hacia los ejes motrices. El tren de potencia que tiene un vehículo eléctrico se estructura de la siguiente manera y estas son: banco de baterías, inversor o convertidor y motor eléctrico. El banco de baterías suministra energía para que el motor eléctrico funcione.

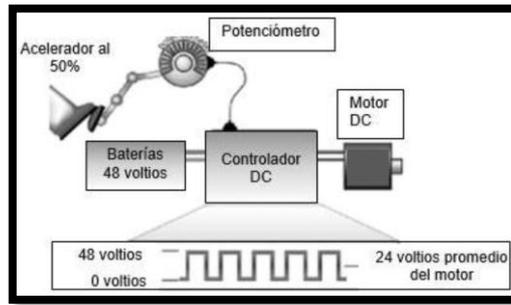


Figura 3-2: Gestión electrónica de un vehículo eléctrico

Fuente:(Rocha-Hoyos et al. 2017)

2.2.3.1 Batería.

Es un acumulador eléctrico de corriente continua que tiene diferentes formas y tamaños por ende convierte la energía química a energía eléctrica. Está compuesto por dos o más celdas electroquímicas constituidas por un electrodo positivo o ánodo, un electrodo negativo o cátodo y unos electrolitos que permite que los iones se muevan entre los electrodos.

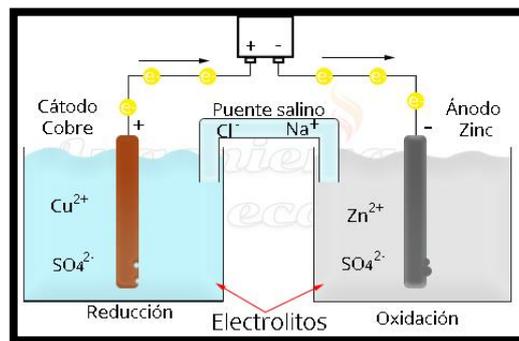


Figura 4-2: Principio del funcionamiento de una batería

Fuente: (Mecafenix 2021)

El movimiento de los electrones es quien produce el flujo eléctrico al motor. Las baterías han ido evolucionando, empezando con las baterías pioneras que son las de Plomo - Acido hasta llegar a las baterías de ultimo alcance Ion Litio.

2.2.3.1.1 Batería de Plomo – Acido.

Su nombre se denomina así debido a que usa como electrolito una disolución de ácido sulfúrico, la batería de plomo ácido tiene como electrodo positivo cubierto por oxido de plomo (II) y el electrodo negativo por plomo esponjoso.

Debido a que estos tipos de baterías son más antiguas posee materiales tóxicos que pueden dañar al medio ambiente por ende lo hacen pesadas y con una baja densidad energética. El precio que tienen estas baterías es muy bajo, pero tiene rendimientos elevados y pueden suministrar corrientes relativamente grandes para los motores de arranque que son usados en o automóviles convencionales.

2.2.3.1.2 Batería de Níquel – Cadmio.

Esta batería tiene como electrolito el hidróxido de potasio constituido por un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo compuesto de hidróxido de cadmio. Son de mantenimiento sencillo y tiene una vida más prolongada que las de Plomo – Acido.

Estas baterías son recargables y admiten sobre recargas, pero no las almacena, debido a la alta toxicidad de estas baterías actualmente no se utiliza en la industria automovilística son usadas más en la industria de aviación debido a su rendimiento a altas temperaturas. Tienen efecto memoria en lo cual representa pérdidas de capacidad importantes si no se realiza correctamente los ciclos de carga y descarga.

2.2.3.1.3 Batería de Níquel-Hidruro metálico.

Esta batería utiliza un ánodo de oxihidróxido de níquel (NiOOH) utilizando el mismo electrolito de níquel cadmio, pero en cátodo es de una aleación de hidruro metálico.

Estos tipos de baterías son poco tóxicas, económicas y menos contaminantes de las de níquel cadmio. Tienen menos efecto memoria y mayor cantidad de carga que las del níquel cadmio posee más rendimiento que las de plomo ácido y menos rendimiento que las de ion litio.

El Toyota Prius en alguna de sus versiones es uno de los modelos de automóviles que usan este tipo de baterías.

2.2.3.1.4 Batería de Ion-Litio.

Tiene como electrolito una sal de litio que puede conseguir los iones necesarios para la reacción electroquímica. Esta batería es la que se usa en los vehículos eléctricos actuales ya que tiene un número elevado de ciclos de carga y descarga.

Este tipo de batería tienen un gran margen de mejoras que pueden ser compatibles con nuevos avances tecnológicos y son consideradas como las baterías del futuro. El ánodo de la batería puede ser de base de carbono o litio – titanato. Por su parte el cátodo presenta mayor variabilidad y así poder tener diferentes características algunos de los cátodos son:

- ✓ Litio – Ion Manganeso (LiMn₂O₄)
- ✓ Litio – Fosfato de hierro (LiFePO₄)
- ✓ Litio – Oxido de cobalto (LiCoO₂)

Estas baterías son más avanzadas porque tienen mayor densidad energética, ausencia de efecto memoria tiene bajo nivel de auto descarga, pesan 4 veces menos que las baterías de plomo, aguanta a un rango elevado de temperatura de trabajo.

2.2.3.2 *Controlador.*

Envía la energía necesaria al motor, tiene como función regular la velocidad y el par, estos controladores suelen ser específicos para cada tipo de motor.

2.2.3.2.1 *Controladores de estado sólido.*

Evitan el cambio brusco del par mientras aumenta la tensión en forma progresiva, controlando así la tensión que alimenta al motor.

En los motores de inducción trifásico estándar o en estrella-triángulo se usan estos tipos de controladores, las ventajas de este controlador es la protección contra fugas, baja generación de calos y ausencia de ruido.

2.2.3.2.2 *Controladores eléctricos modernos.*

Estos controladores son más usados en vehículos eléctricos ya que dispone de modulación de ancho de pulso PWM.

Estos tipos de controladores son más actuales pero su precio es elevado en comparación a otros controladores, la ventaja de estos controladores es que se puede controlar la velocidad con la que se desea trabajar.

2.2.3.3 *Motor eléctrico.*

El motor eléctrico transforma su energía eléctrica a energía mecánica, que por medio de electricidad genera un campo magnético en la bobina para así generar una fuerza de giro rotacional.

Los motores están formados de las siguientes partes que son:

- ✓ Estator: Parte fija de la carcasa.
- ✓ Rotor: Parte móvil.
- ✓ Carcasa: La que envuelve al rotor y estator.

2.2.3.3.1 *Motor de corriente alterna.*

Uno de los pioneros en descubrir este tipo de electricidad fue Tesla en lo cual se basa en el campo magnético giratorio que crea una corriente alterna trifásico. Como su nombre lo indica funciona con corriente alterna y existen diferentes tipos de motores y estas son:

- Motor asíncrono o de inducción: El estator de este motor está construido por una carcasa y está fijado a una corona de chapas de acero al silicio en donde se encuentra el bobinado, para así crear un campo magnético giratorio llamándolo inductor porque es la que va a generar el movimiento.
- Motor síncrono de imanes permanentes: Estos motores utilizan una combinación entre el campo magnético de los imanes y el campo magnético del estator, donde el imán permanente produce un flujo de magnético con una pequeña masa.
- Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable: Estos tipos de motores no necesitan imanes permanente o escobillas. La corriente es conmutada entre las bobinas de cada fase del estator hasta crear un campo magnético y el rotor está hecho con un material magnético con polos salientes.



Figura 5-2: Tipos de motores eléctricos de corriente alterna

Fuente: (BLOG VENTAGENERADORES · 2015)

2.2.3.3.2 *Motor de corriente continua.*

Este tipo de motores se usan más en vehículo híbridos y eléctricos en lo cual no es necesario un mantenimiento entre ellas tenemos un motor sin escobillas de imanes permanentes y motores con escobillas.

Motor de corriente continua con escobillas: Utiliza un imán permanente que genera un campo magnético continuo.

Motor de corriente continua sin escobillas (Brushless): Invierte la posición del imán permanente que pasa a ser el rotor e incorpora las espiras en el estator, eliminando así las escobillas y rozamiento de piezas móviles.

2.2.4 *Chasis.*

Es una estructura que soporta la totalidad de los componentes que integran el vehículo tales como motor, transmisión, suspensión y carrocería. Le da rigidez al ensamblaje de los mismos y mantiene alejado los sistemas eléctricos y piezas móviles del polvo, tierra y humedad. Según su funcionalidad hay diferentes tipos de chasis como multi-tubular, escalera, monocasco y cercha.

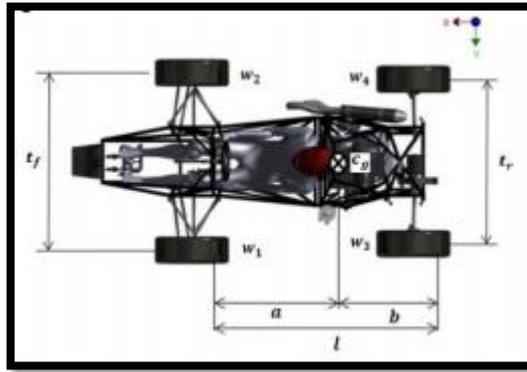


Figura 6-2: Esquema de la Distribución de pesos en un Chasis

Fuente: (Luis et al. 2015)

Con el paso del tiempo los chasis han evolucionado, aligerando su peso, pero manteniendo la rigidez de la estructura. La estabilidad necesaria está determinada por el tipo de vehículo para el que se diseñe el chasis. Dentro de los diversos tipos de chasis, los principales son:

2.2.4.1 *Chasis tipo escalera*

Es el tipo de chasis más sencillo de construir, su eficiencia se debe a los perfiles tubulares que brindan una aceptable resistencia a la torsión. Consiste en dos vigas laterales de sección tubular, que se unen por refuerzos transversales o diagonales, en ocasiones tiene ambos tipos de junta en el chasis, aumentando la rigidez torsional del conjunto y permitiendo la fijación de los componentes.

2.2.4.2 *Chasis multi-tubular*

Estructura compuesta por cuatro piezas laterales con poca o ninguna sección diagonal. El área alrededor del piloto es crítica para la rigidez del chasis multi-tubular, ya que el uso de diagonales en dicha región es mínimo, debido al obstáculo creado para el ingreso o salida al vehículo. Tiene mejor rigidez estructural que el chasis en escalera, el acceso a los componentes es difícil, pero depende en gran medida del diseño. Requiere un diámetro significativo en los tubos empleados para su construcción, y deben calcularse con exactitud las soldaduras que se apliquen en las juntas, se determina su durabilidad de acuerdo al peso, teniendo en cuenta que las cargas de flexión en las juntas soldadas son puntos críticos de resistencia.

2.2.4.3 *Chasis tipo cercha*

Una cercha es una estructura triangular que se compone de barras unidas mediante juntas (nodos), cuya finalidad es soportar las cargas que actúan sobre su plano. Al reemplazar las juntas por

rótulas, se pueden eliminar las torsiones en todos los miembros haciendo que las cargas que los afectan sean de tracción o compresión (cargas axiales) solamente.

2.2.4.4 *Chasis monocasco*

Estructuralmente es más eficiente que el chasis tipo cercha, su principio de funcionamiento consiste en la absorción de cargas por parte de la piel de la estructura. Se trata de un chasis elaborado mediante la unión de láminas delgadas utilizando mamparos de soporte que permiten la transmisión de cargas a la piel. Idealmente (según resistencia torsional) debería elaborarse como un tubo redondo con sus dos caras selladas, en la práctica se diseña basándose en secciones rectangulares amplias (carrocería).

Tomado de: (Luis et al. 2015).

2.2.5 *Suspensión.*

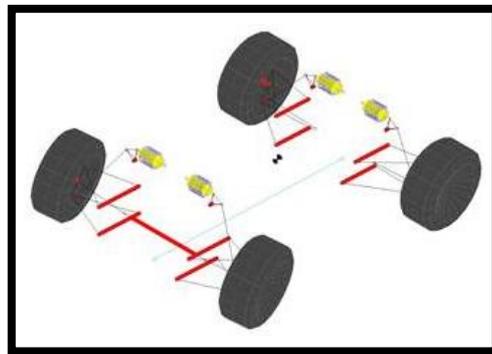


Figura 7-2: Sistema de suspensión simulado en Lotus Suspensión Análisis

Fuente: (Arevalo, Medina y Valladolid 2018)

Según: (Arevalo, Medina y Valladolid 2018). La suspensión es el sistema automotriz que crea una conexión entre el vehículo (incluyendo ocupantes y carga) y la carretera. Las fuerzas verticales más notables relacionan el coeficiente de amortiguación, donde los resortes y amortiguadores aporta al vehículo en la reducción de las aceleraciones de la carrocería del vehículo, movimientos reducidos del balanceo y del cabeceo, cambios de la fuerza en la rueda reducidos y comportamiento adecuado de la vibración que es independiente de la carga útil del vehículo, además la energía que se debe controlar aumenta exponencialmente con la velocidad del vehículo.

2.2.6 Dirección.



Figura 8-2: Mecanismo de dirección montada en un vehículo tri-moto

Fuente: (Suntaxi, Torres y Fèlix 2014)

La dirección de un vehículo es la encargada de orientar algunas o todas las ruedas del mismo para que éste tome la trayectoria deseada por el conductor. En el siglo XIX la mayoría del peso de un vehículo estaba concentrado en el eje trasero, por lo cual su sistema direccional, denominado Dirección Giratoria o Turntable Steering, consistía en lograr la rotación del eje delantero completo alrededor de un pivote en el cual se encontraba un volante.

2.2.6.1 Sistema de Dirección Giratoria

El sistema de dirección giratoria funcionaba de buena manera para condiciones de baja velocidad, sin embargo, esto no pudo contrarrestar otros problemas inherentes del sistema: el hecho de tener que direccionar el vehículo haciendo rotar el eje completo desde un solo punto generaba momentos grandes en el pivote central, el torque requerido para generar un cambio de trayectoria podría llegar a ser muy alto, a altas velocidades se podrían presentar inestabilidades y el sistema necesitaba de mucho espacio para obtener radios de giro bajos [9]. Con el desarrollo de nuevas tecnologías de los vehículos, que incluyen una mayor velocidad en su desplazamiento, el motor y gran parte del peso fue trasladado a la parte delantera de los mismos, generando la necesidad de generar un nuevo tipo de sistema que cumpliera con el incremento de demandas en estabilidad, incrementara el fácil uso por parte de quien conduce e hiciera un uso más efectivo del espacio. Dado lo anterior, fue desarrollada una solución a este problema; ésta consistía en un mecanismo de 4 barras, las cuales formaban un rectángulo cuando las ruedas estaban direccionadas hacia al frente. En esta configuración ambas ruedas, tanto la interna como la externa, giraban exactamente la misma cantidad, estando paralelas todo el tiempo.

Se encontró que, para un mejor comportamiento en el giro, en el caso de un vehículo de cuatro ruedas con su sistema direccional en el eje frontal, es necesario que la rueda interior gire un ángulo mayor que la exterior, debido a que la rueda interna sigue un radio de giro menor que la rueda externa. También se encontró que, para experimentar un aún mejor comportamiento en el giro,

las proyecciones de los ejes perpendiculares al eje direccional de las ruedas deben intersectarse en el mismo punto. Este comportamiento es llamado principio de Ackerman, después de que Rudolph Ackerman lo patentara en 1817 para su uso carretas de caballos.

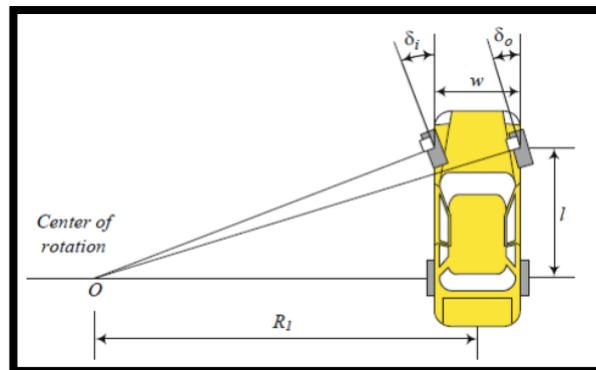


Figura 9-2: Diseño de un sistema de dirección de un vehículo fórmula SAE

Fuente: (Moggio Andrés 2019)

Del principio de Ackerman, se pueden hacer cuatro observaciones:

- Los radios de giro de todas las ruedas son distintos.
- Todas las ruedas tienen el mismo punto de rotación.
- La llanta interior tiene un ángulo direccional mayor que la llanta exterior
- Entre más cerrado sea el radio de giro, el punto de intersección de los ejes perpendiculares será más cercano al vehículo.

Información tomada de: (Moggio Andrés 2019).

2.2.7 Frenos.

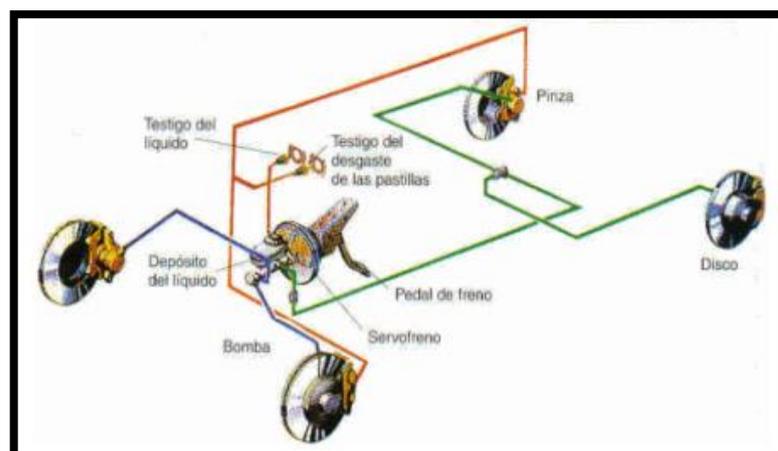


Figura 10-2: Sistema de frenos

Fuente: (Washington 2021)

Según : (Washington 2021). Es el conjunto de órganos que intervienen en el frenado y que tienen por función disminuir o anular progresivamente la velocidad de un vehículo, estabilizar esta velocidad o mantener el vehículo inmóvil si se encuentra detenido. (mecánica automotriz, 2012) Todo dispositivo de frenado funciona por la aplicación de un esfuerzo ejercido a expensas de una fuente de energía. el dispositivo de frenado se compone de un mando, de una transmisión y del freno propiamente dicho.

Los frenos deben tener capacidad para detener el coche en el menor espacio posible. además, deben tener una buena resistencia a la fatiga y ser fácilmente dosificables. a la hora de una frenada de emergencia lo más habitual es frenar todo lo posible (sobre todo al final), aunque no siempre es lo adecuado, especialmente si no se tiene ABS, que evita que se bloqueen las ruedas, reduciendo la distancia de frenado y sobre todo perdiendo la capacidad de dirección. Carrocería.

Los frenos deben responder lo más exactamente posible a la solicitud del conductor. la principal función de un sistema de frenos es la de disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido deben ser al mismo tiempo sensibles y graduables para modular la velocidad, y asegurar la detención completa y la inmovilización total del vehículo. en conjunto las exigencias de los frenos son:

1. seguridad de funcionamiento 100%
2. alto confort de frenado
3. alta resistencia térmica y mecánica
4. resistencia a la corrosión

2.2.7.1 Frenos de Disco

Consiste en un sistema de frenado un poco más eficaz que los frenos de tambor, que nos proporciona un frenado en menor tiempo, por ende, también dentro de una distancia mucho menor. Dicha ventaja se presenta gracias a que, los componentes de fricción están instalados al aire, para mejorar la refrigeración; por consiguiente, la absorción de energía y su transición se da en menor tiempo.

2.2.7.2 Frenos de Tambor

Este sistema de frenos está compuesto por una parte móvil llamada tambor, que está montada encima del buje de la rueda por medio de espárragos y tuercas, y un delgado componente llamado plato, el cual, mediante forros y mecanismos, regula la expansión o contracción de zapatas.

2.2.8 Carrocería



Figura 11-2: Carrocería de scooter eléctrico 2021

Fuente: (Ec.e-scooter 2021)

Según la Real Academia de la Lengua, se puede definir carrocería como: “Parte de los vehículos automóviles, o ferroviarios que se asienta sobre el bastidor para cubrir el motor y otros elementos y en cuyo interior se acomodan pasajeros o cargas”.

La carrocería en el campo automotriz es conocida como la parte o sistema que sirve para llevar pasajeros o todo tipo de carga que por lo general son construidos de materiales como el acero estampado, también de aluminio, o incluso de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Dicho elemento automotriz está compuesto por dos conjuntos importantes como son:

- Subestructura (Base)
- Superestructura (Habitáculo)

Entre los tipos de carrocerías podemos encontrar:

- Carrocería con chasis independiente.
- Plataforma con carrocería separada.
- Carrocería monocasco.
- Carrocería auto portante.

2.3 Marco legal.

A diario, en vías como la Amazonas (norte), circulan personas en escúteres, bicicletas eléctricas y motonetas (Romero 2021). [...] no generan contaminación del aire ni contaminación acústica,

pero es necesario que se categoricen y cuenten con una normativa que se base en su peso y potencia “por temas de seguridad en la movilidad” (Auto Magazine 2021).

La normativa que se va a dar en cuanto al uso del VMP se tomara en cuenta dos especificaciones técnicas como es la potencia del motor y el peso del vehículo. La idea es que los vehículos eléctricos de mayor potencia (a establecerse) entrarían en el rango de aquellos que requerirán de revisión técnica vehicular, matrícula y para sus conductores, un tipo de licencia específico que los habilite para poder manejarlos (Auto Magazine 2021).

2.3.1 Preparan normativas para uso de segwey, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas en Quito

Actualmente las calles de las distintas ciudades de nuestro país, en donde nuestra ciudad capital no es la excepción, se han poblado de forma muy significativa con los segwey, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas, en el año 2020 se inició el plan para desarrollar normativas que puedan incluir esos dispositivos dentro de la Ley de Tránsito y Normativa Local. Sin embargo, o hay nada aún aprobado dentro de la Agencia Nacional de Tránsito; no obstante, se han analizado las siguientes posibilidades en cuanto a normativas:

De la Torre indica que para redactar el manual se sostuvo mesas de trabajo con los prestadores de estos servicios, todo esto previo a la normativa que será elaborada en los próximos 45 días. Este trabajo se verá reflejado en un proyecto de Ordenanza, la cual debe ser aprobada por el Concejo Metropolitano y de ahí se prevé utilizarla como un insumo para una reforma a la Ley de Tránsito del Ecuador.

“Este manual es muy claro y específico para garantizar la seguridad de los actores viales, sobre todo de los peatones”, indicó.

2.3.1.1 NORMATIVA

- Restricción absoluta para transitar por aceras.
- Restricción de velocidad máxima a 5 km por hora en bulevares amplios y en calles peatonizadas (ya que estos vehículos tienen una regulación automática de velocidad)
- Se les permite transitar por ciclo vías, con una velocidad máxima de 20 km/h.
- Puede utilizar los mismos espacios destinados a bicicletas si cumple con las siguientes características: hasta 25 kg de peso, 400 watts de potencia y 20 km/h de velocidad máxima.
- El casco no es obligatorio, es recomendable. En caso de usarlo, debe ser para bicicleta.
- En el caso de vehículos de dos ruedas que ya son clasificados como motos o motonetas eléctricas, se debe pasar la revisión y obtener la matrícula, el conductor debe portar la licencia tipo A. Además, es obligatorio el uso de casco homologado. Este grupo se caracteriza por

poseer motores por sobre los 1000 watts de potencia, que pueden transitar a más de 50 km/h y un peso mayor a 80kg.

- Pueden transitar por cualquier vía a excepción de las perimetrales de más de 70 km por hora. Tiene preferencia de uso de carril, sobre todo el derecho. En vías colectoras deben transitar al margen de la vía.

2.3.1.2 Multas y sanciones

En el caso de irrespetar o incumplir las leyes de tránsito vigentes, estos vehículos y sus conductores serán sancionados. Por el momento, con segway, scooter, hoverboard y bicicletas eléctricas, se aplicará las sanciones que corresponden a ciclistas según la actual Ley de Tránsito; mientras que para motonetas o similares, se aplicará el reglamento actual para motos. Según De la Torre, los agentes de tránsito ya están al tanto de esta disposición.

Sin embargo, la normativa final se basará en una clasificación que se está realizando sobre este tipo de vehículos en base a su peso, potencia y velocidad máxima de operación.

“A los operadores comerciales se les ha comunicado que se les sancionará, a ellos y a sus usuarios, si irrespetan normas de tránsito. Si hay un registro de mal uso, el operador se hace acreedor a una sanción y a su vez, el operador podrá sancionar al usuario con sus propias normativas de uso”.

2.3.1.3 Beneficios en el uso de medios de transporte sostenible

De la Torre indica que potenciar el uso de estos vehículos trae consigo beneficios tributarios en comparación a los vehículos de combustión interna; además que su operación y mantenimiento resulta más económico. A eso se añade el tema ambiental, principalmente en el tema de emisiones de CO₂ y calidad del aire.

“No se puede decir que son totalmente ecológicos debido a sus componentes eléctricos, e incluso, una de las reglas de convivencia es que una vez que se haya acabado la vida útil de las baterías de estos vehículos, estos residuos deberán repatriarse al lugar de origen”, indicó.

Información tomada de: (Andrea 2020) .

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Diagramas de etapas del proyecto.

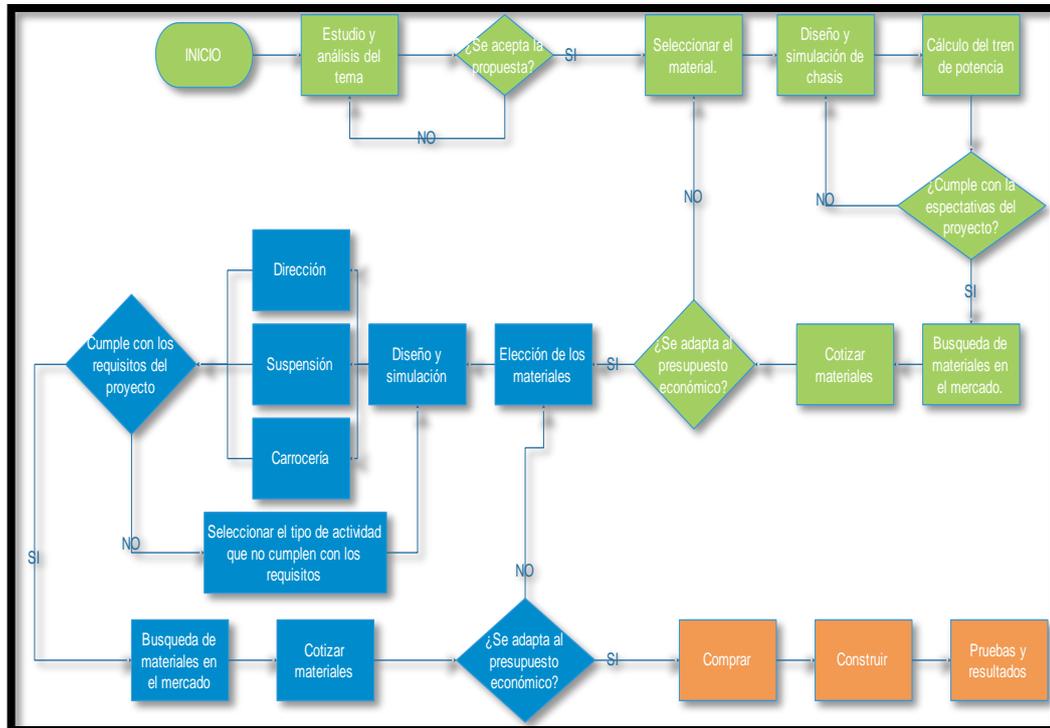


Figura 1-3: Diagrama de Etapas del Vehículo Eléctrico Personal

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.2 Metodología de investigación a realizar.

La presente investigación detalla una metodología descriptiva y a su vez explicativa, debido a que se basa en investigar todo tipo de información acerca del tema principal del entorno o realidad que serán analizadas, para luego formar una descripción clara y organizada para darlo a conocer de una forma fácil y concreta de tal modo que sea entendible y a la vez entretenida para sus receptores dentro del campo automotriz y consumidores en general.

Además, cabe destacar que también el presente proyecto de investigación seguirá una metodología inductiva, debido que partirá de premisas y conceptos peculiares que harán alusión a conocimientos y funcionamiento de cada uno de los sistemas automotrices de manera individual, hasta llegar a una conclusión general que será el funcionamiento del prototipo automotriz en conjunto. Dicho proyecto es también de tipo analítico- sintético, debido a que tendremos el análisis y estudio separado e independiente de cada una de las partes inmersas en nuestro sistema conjunto, para llegar a una concordancia ideal que en nuestro caso será el funcionamiento del acople de todos los sistemas automotrices en conjunto.

Dicho proceso se lo llevará a cabo mediante la siguiente sucesión; partiremos del estudio y análisis del tema planteado como trabajo de titulación; posteriormente, luego de que la presente propuesta sea aceptada, procedimos a elegir el material para realizar el diseño y simulación de nuestro primer sistema en cuestión que será el chasis, seguidamente se realizó el cálculo del tren de potencia con la finalidad de saber las especificaciones y requerimientos al momento de incorporar dicho sistema automotriz. Teniendo a la par todos los aspectos de nuestro proyecto cotizamos también los valores de los materiales a utilizarse de una forma acorde a nuestro proyecto, volviendo de forma centrada a la parte esencial del presente trabajo de titulación, se diseñarán los distintos sistemas automotrices necesarios para la creación del prototipo, estos sistemas en mención son: dirección, suspensión y carrocería, postremo se trabajarán estos sistemas de forma similar al chasis. Una vez completada la parte de diseño y simulación se procederá como último punto a la compra de materiales, construcción del prototipo, pruebas y resultados tal cual se describe en el diagrama de etapas del proyecto, dando el mayor cuidado y esfuerzo para lograr los objetivos planteados y cumplir en todo su esplendor con nuestro trabajo de titulación.

3.2.1 Pasos del proceso de la investigación

Hace ya más de 50 años, se desarrollaron algunos enfoques de investigación que guardaban cierta variación entre ellos, y que a su vez nos brindan un valioso aporte para el conocimiento, dichos aportes son: cualitativo, cuantitativo y mixto.

El enfoque para utilizar en la presente investigación será el cualitativo, debido a que tendremos un enfoque multi-metódico, en el que estarán inmersos acercamientos interpretativos, como también, naturalistas del sujeto de estudio; es decir, nosotros como desarrolladores del tema, lo estudiaremos en determinado espacio y trataremos de asumir en base a aquellos, estudios previamente realizados.

3.2.1.1 Requisitos para la Construcción del Monoplaza Eléctrico.

3.2.1.1.1 Arrancabilidad en Pendiente

Como objetivo de dicho punto se determinará la capacidad de arrancabilidad en pendiente del monoplaza eléctrico.

3.2.1.2 Lugar de Ensayo

La pendiente de la zona de análisis, se han considerado la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con una gradiente promedio de 5%. Esto hace alusión a que son 5 metros de ascenso por cada 100 metros de largo, correspondiente a un ángulo de inclinación de $2,862^\circ$.

3.2.1.2.1 Diseño dinámico del Vehículo

Previo al diseño del vehículo, se deben considerar los siguientes aspectos:

- a) Peso Total del Vehículo. - es importante para establecer la potencia necesaria para impulsar el vehículo en las distintas condiciones de conducción.
- b) Velocidad deseada. - 40 Km/h.
- c) Porcentaje de pendiente. – Riobamba- ESPOCH 5% ($2,862^\circ$)
- d) Aceleración. – considerada con dos velocidades:
 1. Velocidad 1: Condiciones Perfectas;
 2. Velocidad 2: Condiciones Precarias; que se las analiza en base al peso.

3.2.1.2.2 Capacidad de Pendiente

Gráfica

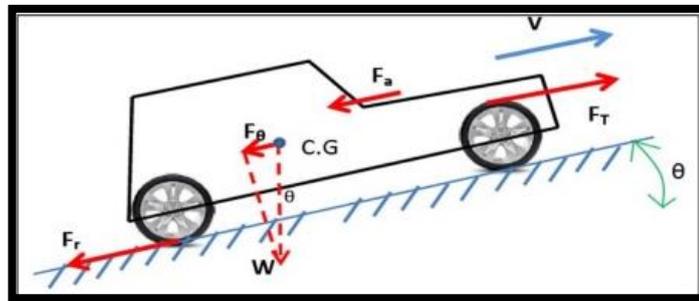


Figura 2-3: Fuerzas que actúan sobre una pendiente

Fuente: (Escobar Luna y Ovando Burga 2018)

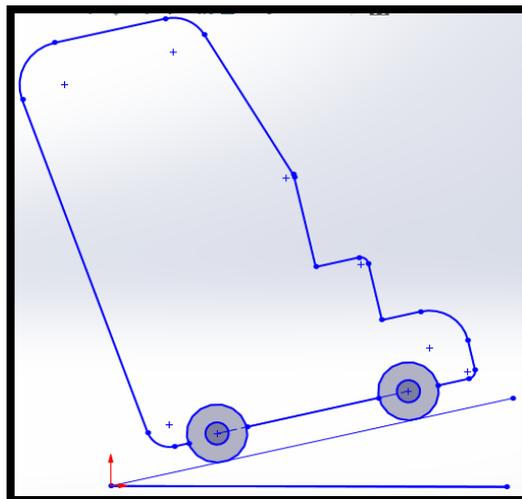


Gráfico 1-3: Diagrama fuerzas que actúan sobre la pendiente para monoplaza eléctrico

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Cálculo de la Potencia Eléctrica del Prototipo

$$Pe = \frac{Fte * V}{1000} \text{ Ec. 1}$$

$$Fte = m * a + Frr + Fad + Fhc \text{ Ec.2}$$

En donde:

Pe= potencia eléctrica [Kw]

Fte= fuerza de rozamiento [N]

V= velocidad del auto [m/s]

m*a= fuerza de movimiento [N]

Frr= fuerza de rozamiento [N]

Fad= fuerza aerodinámica [N]

Fhc= fuerza por pendiente [N]

Fuerza de Rozamiento

$$Frr = frr * m * g * \text{Cos } \theta \text{ Ec. 3}$$

$$frr = fo + fs \left(\frac{V}{100} \right)^{2,5} \text{ Ec. 4}$$

En donde:

frr= coeficiente de fricción

m= masa total

g= gravedad= 9,81 [m/s²]

θ= ángulo de la carretera [grados]

Fuerza Aerodinámica

$$Fa = \frac{1}{2} * p * A * Cd * V^2 \text{ Ec. 5}$$

En donde:

p= densidad del aire

A= Área de Contacto frontal con el aire

Cd= Coeficiente Aerodinámico [adimensional]

V= velocidad promedio en pendiente

Fuerza por pendiente

$$F_{hc} = m * g * \text{Sen } \theta \text{ Ec. 6}$$

Condiciones de las Pruebas Realizadas:

Datos importantes:

Masa total= 141,6 kg

Masa carrito= 71,6 kg

Ángulo referencial de carretera

Gradiente= 5%

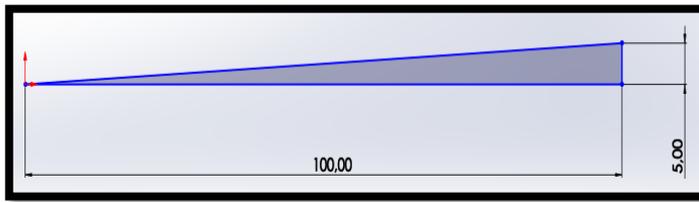


Gráfico 2-3: Ángulo de referencia de carretera

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

$$\text{tg } \theta = \frac{CO}{CA} \text{ Ec. 2}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{5}{100}$$

$$\theta = 2,862^\circ$$

Densidad en Riobamba:

$$D = \frac{P}{RT} \text{ Ec.7}$$

$$D = \frac{1,012 \text{ atm} * (28,97 \text{ g/mol})}{(0,082 \frac{\text{atm} * \text{L}}{\text{K} * \text{mol}}) * 294,15 \text{ K}}$$

$$D = 1,216 \text{ g/L}$$

Área de Contacto frontal con el aire:

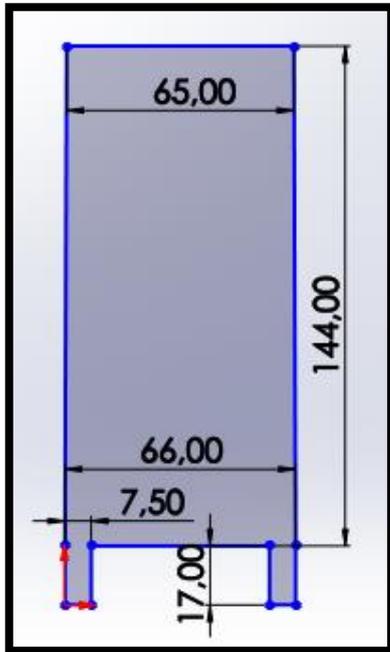


Gráfico 3-3: Área de contacto con el aire

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

$A = 2 * (\text{área de la rueda}) + \text{área del trapecio sobre la rueda Ec. 6}$

$$A = \left[2 * \left(\frac{17}{100} * \frac{7,50}{100} \right) + \left(\frac{\left(\frac{66}{100} + \frac{65}{100} \right) * \frac{144}{100}}{2} \right) \right] m^2$$

$$A = 0,969 m^2$$

Datos de Entrada:

Tabla 1-3: Datos de entrada para Cálculo de potencia del Motor Eléctrico

Pesos		30	PSI
Vehículo	41,6 Kg	f0	0,01
Personas	70 Kg	fs	0,005
Otros	30 kg	Pendiente	5,00%
Total	141,6 Kg	Angulo	2,86240523

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 2-3: Datos de entrada para Cálculo de potencia del Motor Eléctrico

Cd	0,003061	
Area frontal	0,969	m ²
Densi. Aire	1,2	Kg/m ³
viento	0	

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Cálculo de Potencia (Kw)

Tabla 3-3: Potencia requerida en Kw por el motor con las condiciones de entrada

Velocidad Km/h	Velocidad m/s	frr	Frr	Fad	Acel.	m*a	Fhc	Fuerza Total	Potencia Kw
0,00	0,00	0,01	13,87	0,00	0,00	0,00	69,37	83,24	0,000
1,00	0,28	0,01	13,87	0,00	0,00	0,00	69,37	83,24	0,023
2,00	0,56	0,01	13,87	0,00	1,00	141,60	69,37	224,84	0,125
3,00	0,83	0,01	13,87	0,00	1,00	141,60	69,37	224,84	0,187
4,00	1,11	0,01	13,87	0,00	1,00	141,60	69,37	224,84	0,250
5,00	1,39	0,01	13,87	0,00	1,00	141,60	69,37	224,85	0,312
6,00	1,67	0,01	13,87	0,00	1,00	141,60	69,37	224,85	0,375
7,00	1,94	0,01	13,87	0,01	1,00	141,60	69,37	224,85	0,437
8,00	2,22	0,01	13,87	0,01	1,00	141,60	69,37	224,85	0,500
9,00	2,50	0,01	13,87	0,01	1,00	141,60	69,37	224,85	0,562
10,00	2,78	0,01	13,87	0,01	1,00	141,60	69,37	224,86	0,625
11,00	3,06	0,01	13,87	0,02	1,00	141,60	69,37	224,86	0,687
12,00	3,33	0,01	13,88	0,02	1,00	141,60	69,37	224,86	0,750
13,00	3,61	0,01	13,88	0,02	1,00	141,60	69,37	224,87	0,812
14,00	3,89	0,01	13,88	0,03	1,00	141,60	69,37	224,87	0,874
15,00	4,17	0,01	13,88	0,03	1,00	141,60	69,37	224,88	0,937
16,00	4,44	0,01	13,88	0,04	1,00	141,60	69,37	224,88	0,999
17,00	4,72	0,01	13,88	0,04	1,00	141,60	69,37	224,88	1,062
18,00	5,00	0,01	13,88	0,04	1,00	141,60	69,37	224,89	1,124
19,00	5,28	0,01	13,88	0,05	1,00	141,60	69,37	224,90	1,187
20,00	5,56	0,01	13,88	0,05	1,00	141,60	69,37	224,90	1,249

21,00	5,83	0,01	13,88	0,06	1,00	141,60	69,37	224,91	1,312
22,00	6,11	0,01	13,88	0,07	1,00	141,60	69,37	224,91	1,374
23,00	6,39	0,01	13,88	0,07	1,00	141,60	69,37	224,92	1,437
24,00	6,67	0,01	13,88	0,08	1,00	141,60	69,37	224,93	1,500
25,00	6,94	0,01	13,88	0,09	1,00	141,60	69,37	224,94	1,562
26,00	7,22	0,01	13,88	0,09	1,00	141,60	69,37	224,94	1,625
27,00	7,50	0,01	13,88	0,10	1,00	141,60	69,37	224,95	1,687
28,00	7,78	0,01	13,89	0,11	1,00	141,60	69,37	224,96	1,750
29,00	8,06	0,01	13,89	0,12	1,00	141,60	69,37	224,97	1,812
30,00	8,33	0,01	13,89	0,12	1,00	141,60	69,37	224,98	1,875
31,00	8,61	0,01	13,89	0,13	1,00	141,60	69,37	224,99	1,937
32,00	8,89	0,01	13,89	0,14	1,00	141,60	69,37	225,00	2,000
33,00	9,17	0,01	13,89	0,15	1,00	141,60	69,37	225,01	2,063
34,00	9,44	0,01	13,89	0,16	1,00	141,60	69,37	225,02	2,125
35,00	9,72	0,01	13,89	0,17	1,00	141,60	69,37	225,03	2,188
36,00	10,00	0,01	13,90	0,18	1,00	141,60	69,37	225,04	2,250
37,00	10,28	0,01	13,90	0,19	1,00	141,60	69,37	225,05	2,313
38,00	10,56	0,01	13,90	0,20	1,00	141,60	69,37	225,07	2,376
39,00	10,83	0,01	13,90	0,21	1,00	141,60	69,37	225,08	2,438
40,00	11,11	0,01	13,90	0,22	1,00	141,60	69,37	225,09	2,501
41,00	11,39	0,01	13,90	0,23	1,00	141,60	69,37	225,10	2,564
42,00	11,67	0,01	13,91	0,24	1,00	141,60	69,37	225,12	2,626
43,00	11,94	0,01	13,91	0,25	1,00	141,60	69,37	225,13	2,689
44,00	12,22	0,01	13,91	0,27	1,00	141,60	69,37	225,14	2,752
45,00	12,50	0,01	13,91	0,28	1,00	141,60	69,37	225,16	2,814
46,00	12,78	0,01	13,91	0,29	1,00	141,60	69,37	225,17	2,877
47,00	13,06	0,01	13,92	0,30	1,00	141,60	69,37	225,19	2,940
48,00	13,33	0,01	13,92	0,32	1,00	141,60	69,37	225,20	3,003
49,00	13,61	0,01	13,92	0,33	1,00	141,60	69,37	225,22	3,065
50,00	13,89	0,01	13,92	0,34	1,00	141,60	69,37	225,23	3,128
51,00	14,17	0,01	13,93	0,36	1,00	141,60	69,37	225,25	3,191
52,00	14,44	0,01	13,93	0,37	1,00	141,60	69,37	225,27	3,254
53,00	14,72	0,01	13,93	0,39	1,00	141,60	69,37	225,29	3,317
54,00	15,00	0,01	13,93	0,40	1,00	141,60	69,37	225,30	3,380
55,00	15,28	0,01	13,94	0,42	1,00	141,60	69,37	225,32	3,442
56,00	15,56	0,01	13,94	0,43	1,00	141,60	69,37	225,34	3,505
57,00	15,83	0,01	13,94	0,45	1,00	141,60	69,37	225,36	3,568
58,00	16,11	0,01	13,95	0,46	1,00	141,60	69,37	225,38	3,631
59,00	16,39	0,01	13,95	0,48	1,00	141,60	69,37	225,40	3,694
60,00	16,67	0,01	13,95	0,49	1,00	141,60	69,37	225,41	3,757
61,00	16,94	0,01	13,96	0,51	1,00	141,60	69,37	225,43	3,820
62,00	17,22	0,01	13,96	0,53	1,00	141,60	69,37	225,46	3,883
63,00	17,50	0,01	13,96	0,55	1,00	141,60	69,37	225,48	3,946
64,00	17,78	0,01	13,97	0,56	1,00	141,60	69,37	225,50	4,009
65,00	18,06	0,01	13,97	0,58	1,00	141,60	69,37	225,52	4,072

66,00	18,33	0,01	13,97	0,60	1,00	141,60	69,37	225,54	4,135
67,00	18,61	0,01	13,98	0,62	1,00	141,60	69,37	225,56	4,198
68,00	18,89	0,01	13,98	0,63	1,00	141,60	69,37	225,58	4,261
69,00	19,17	0,01	13,99	0,65	1,00	141,60	69,37	225,61	4,324
70,00	19,44	0,01	13,99	0,67	1,00	141,60	69,37	225,63	4,387
71,00	19,72	0,01	13,99	0,69	1,00	141,60	69,37	225,65	4,450
72,00	20,00	0,01	14,00	0,71	1,00	141,60	69,37	225,68	4,514
73,00	20,28	0,01	14,00	0,73	1,00	141,60	69,37	225,70	4,577
74,00	20,56	0,01	14,01	0,75	7,33	1038,40	69,37	1122,53	23,074
75,00	20,83	0,01	14,01	0,77	-43,25	-6124,20	69,37	-6040,05	-125,834

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.2.1.2.3 Capacidad de Aceleración en Plano

- Determinar la capacidad de aceleración del Vehículo
- Verificar las seguridades básicas (frenos, aire en las ruedas, sistemas en general)
- Ruta- planicie en donde pueda partir del reposo para alcanzar la velocidad máxima y posteriormente frenar con seguridad.

Procedimiento

- a) Vehículo en reposo, motor en ralentí.



Figura 3-3: Monoplaza en Ralentí

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

- b) Aceleración a tope hasta lograr la velocidad máxima deseada.
- c) Registro de tiempo y distancia para alcanzar la velocidad máxima deseada.
- d) Realizar más de una prueba.

Calculamos la aceleración presente en el prototipo mediante la ecuación:

$$e) \quad a = \frac{v_f - v_o}{t} \text{ Ec.8}$$

En donde:

a= aceleración [m/s²]

V_f= velocidad final

V_o= velocidad inicial

t= tiempo

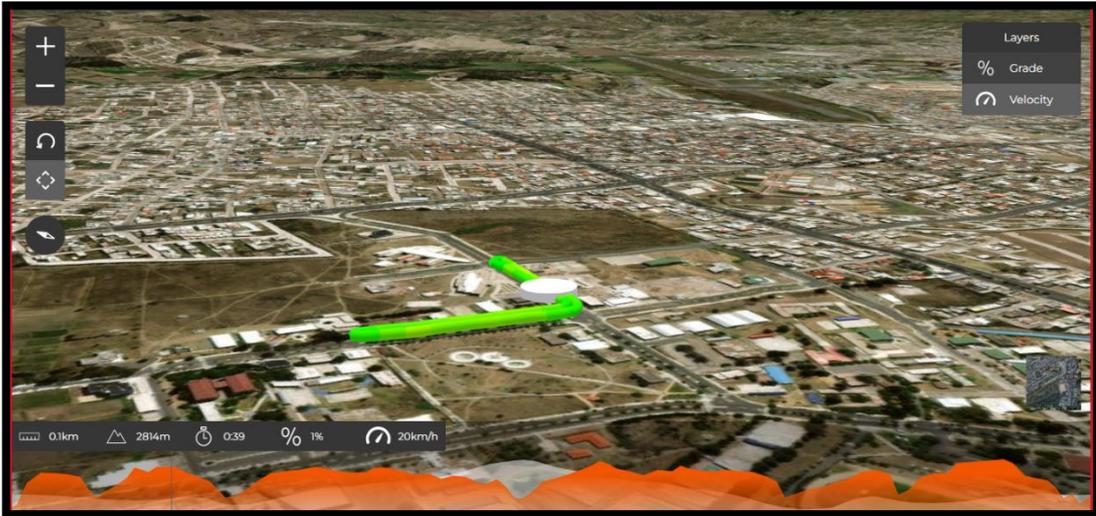


Gráfico 4-3: Pruebas de recorrido dentro de la ESPOCH

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 4-3: Datos hallados en pruebas de ruta

Aceleración Presente en el Prototipo		
Datos Iniciales :		
Tiempo	0,39	Seg.
Velocidades	Km/h	m/s
V _f =	20	5,55556
V _o =	0	0
Aceleración		
a=	14,2450142	m/s²

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Cálculo de la distancia de frenado para el prototipo dentro de la Espoch:

- ▶ Distancia hasta detenerse: S total= [m]
- ▶ Distancia de Frenado: S=[m]
- ▶ S₁= m= distancia recorrida durante tiempo y reacción
- ▶ a= desaceleración de frenado= [m/s²]

- ▶ $V_0 =$ velocidad inicial= [m/s]
- ▶ $t =$ tiempo de frenado= [Seg]
- ▶ $t_1 =$ tiempo de susto y reacción
- ▶ $V_0 = t \cdot a$ Ec9
- ▶ $S = \frac{V_0 \cdot t}{2}$ Ec10 $= \frac{V_0 \cdot \frac{V_0}{a}}{2} = \frac{V_0^2}{2a}$ Ec11
- ▶ Desaceleraciones $a = \frac{V_0}{t}$ Ec12 $= \frac{V_0^2}{2S}$ Ec13 [m/s²]; Tiempo de Frenado $t = \frac{V_0}{a}$ Ec14 $= \frac{2S}{V_0}$ Ec15 [Seg]
- ▶ $S_{\text{total}} = S + V_0 \cdot t_1$ Ec16

Datos Iniciales:

Velocidad máxima antes de frenar= $V_0 = 16$ [km/h] = $4,44$ [m/s]

Tiempo de frenado= 5 [Seg]

Tiempo de reacción= 1 [Seg]

Utilizamos Ec10_ Distancia hasta detenerse

$$S = \frac{4,44 \cdot 5}{2}; \quad S = 11,1 \text{ m}$$

Calculamos su desaceleración con Ec 13

$$a = \frac{(16)^2}{2 \cdot (11,1)} \quad a = -11,532 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Aplicamos Ec 16, para encontrar distancia total para detenerse:

$$S_{\text{total}} = 11,1 + (16 \cdot 1)$$

$$S_{\text{total}} = \mathbf{27,1m}$$

Pruebas de Autonomía del Vehículo Eléctrico

Medición de voltaje antes y después de las pruebas realizadas:



Figura 4-3: Consumo de Voltaje durante las Pruebas de Recorrido

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

$$\frac{\text{Tiempo Total}}{\text{Tiempo autonomía}} = \frac{V_{\text{flotación}}}{V_{\text{flotación}} - \text{Voltaje min.}} \quad \text{Ec 17}$$

En donde:

Carga a= 20Ah

Corriente de Salida a= 3A

Voltaje de Flotación= 12,95V

Voltaje min= 6 V

$$\text{Tiempo de Autonomía} = \frac{20Ah}{3A} * \frac{12,95-6}{12,95}$$

Tiempo de Autonomía= 3,57 h

Mediante las pruebas realizadas se demostró que el vehículo ha recorrido un total de 5,578 Km en 29,3 minutos. Por lo tanto:

Tabla 5-3: Datos sobre las rutas recorridas dentro de la Politécnica

	Distancia (Km)	Tiempo (s)		
Ruta 1	2,178	648	Segundos	1758
Ruta 2	1,7	524	Minutos	29,3
Ruta 3	1,7	586	Hora	0,49
Total	5,578	1758		

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 6-3: Desgaste de la batería durante pruebas de ruta

Datos Iniciales:		
Carga a	20	Ah
Corriente de Salida a	3	A
Voltaje de Flotación	12,95	V
Voltaje min	6	V

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 7-3: Cálculo de Autonomía

Tiempo Total	6,666667	h
V flot.- V min.	6,95	V
Tiempo de Auton.	3,577864	h
Tiempo de Auton.	214,671815	min
Recorrido estim.	40,8682383	Km

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Autonomía Promedio= 40 Km

3.2.1.2.4 Capacidad del Bastidor, Sistemas Automotrices

Debe ser con material acorde a los requisitos de seguridad que puedan brindar la confiabilidad para su manejo.

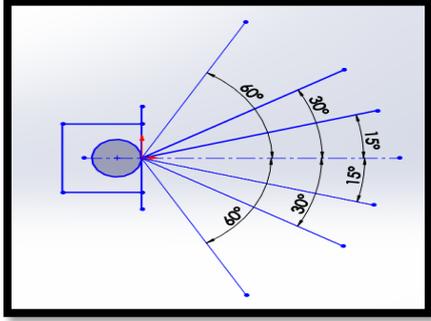
El material utilizado en su mayor parte fue ASTM a36, debido a que cumple con las medidas de seguridad para el chasis además de ser un aporte económico debido a su costo en relación a otros materiales.

3.2.1.2.5 Visibilidad

Se ha tomado en cuenta como referencia para seguridad del conductor la visibilidad aplicada en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1668, para vehículos de transporte público de pasajeros Intrarregional, Interprovincial e Interprovincial, en donde:

Tabla 8-3: Visibilidad general del conductor dentro de Monoplaza Eléctrico

Visibilidad Frontal Superior del Conductor	Intersección formada entre los 15 m de forma horizontal, y 1,7 m de altura a partir de la horizontal formada con su vista hacia arriba.
Visibilidad Frontal Inferior del Conductor	Intersección formada entre los 0,8 m de forma horizontal, y 1,4 m de altura a partir del piso.

Visibilidad Lateral Izquierda y Lateral Derecha del Conductor	Se considera el punto de intersección entre el metro de altura, así como también un metro horizontal.
Zona de Visibilidad Frontal Horizontal	

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.3 Etapas del proyecto.

3.3.1 Cronograma de actividades.

3.3.1.1 Etapa de investigación

		
Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
● Investigación de Sistemas Automotrices	10/05/21	14/05/21
● Investigación de Programas de Construcción y Simulación	17/05/21	21/05/21
● Investigación de Cálculos Necesarios	20/05/21	24/05/21
● Investigación de restricciones para su Construcción	24/05/21	26/05/21

Gráfico 5-3: Listado de Actividades de la Etapa de Investigación

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En la presente etapa de investigación como su nombre lo indica, procedimos a indagar acerca de todas las normas y requisitos necesarios para un entero conocimiento tanto del diseño como de su creación, con el objetivo de evitar cualquier tipo de inconveniente cuando dejemos un lado la investigación y nos enfoquemos en los que es el diseño y la construcción, entre los campos que se investigarán tenemos:

- Sistemas Automotrices
- Programas de construcción y simulación

- Cálculos necesarios para su construcción
- Restricciones para su construcción

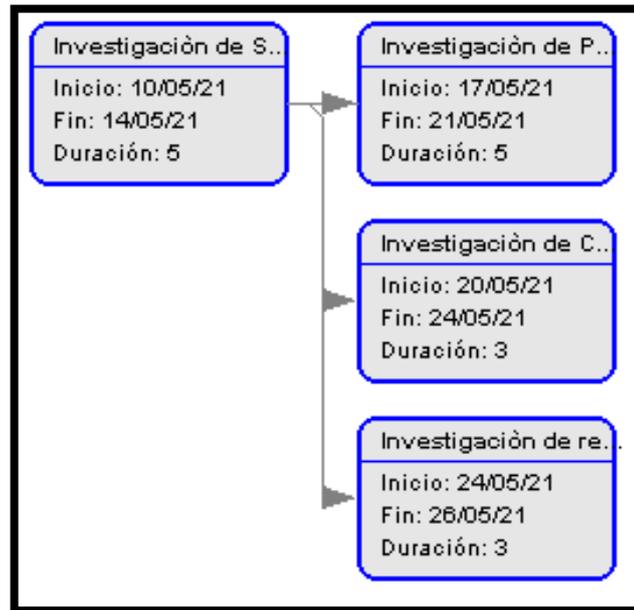


Gráfico 6-3: Diagrama de PERT_ Etapas de Investigación

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el presente diagrama se detalla el cronograma de la etapa de investigación, especificando tanto el inicio como el fin de cada una de las investigaciones separadas individualmente por sistemas.

3.3.1.2 Etapa de diseño

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Diseño de Chasis	28/05/21	17/06/21
• Diseño de Carrocería	18/06/21	29/06/21
• Diseño de Suspensión	28/06/21	07/07/21
• Diseño de Dirección y Frenos	08/07/21	15/07/21

Gráfico 7-3:: Listado de Actividades de la Etapa de Diseño

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Posterior a la etapa de investigación se procederá con la etapa de diseño, en donde nos enfocaremos de forma concreta y centrada en la delineación los distintos sistemas inmersos en nuestro prototipo automotriz, entre estos tenemos:

- Diseño de Chasis

- Diseño de Carrocería
- Diseño de Suspensión
- Diseño de Dirección y Frenos

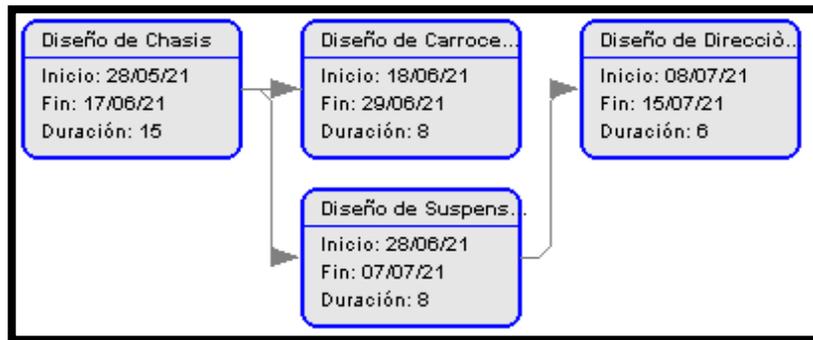


Gráfico 8-3: Diagrama de PERT_ Etapa de Diseño

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el presente diagrama se detalla el cronograma de la etapa de diseño, especificando tanto el inicio como el fin de cada una de las fases de diseño, separadas individualmente por sistemas.

3.3.1.3 Etapa de Cálculo

GANTT project		
Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Cálculos de dimensiones del Monoplaza	16/07/21	19/07/21
• Cálculos de Factores de Seguridad del Monoplaza	20/07/21	21/07/21

Gráfico 9-3: Listado de Actividades de la Etapa de Cálculos

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Se realizarán los datos que nos permitan corroborar de forma coherente la creación de nuestro prototipo, con el objetivo de obtener un factor de seguridad y confort que hará que nuestro proyecto llegue de forma confiable a quienes lo revisen y/o pongan en uso, de los cálculos que podemos destacar cálculos de dimensiones del monoplaza, que nos permitirán conocer medidas acorde al análisis que estamos realizando y los objetivos planteados, y también factores de seguridad del monoplaza con el objetivo de evitar cualquier tipo de accidente una vez que dicho prototipo se ponga en marcha.

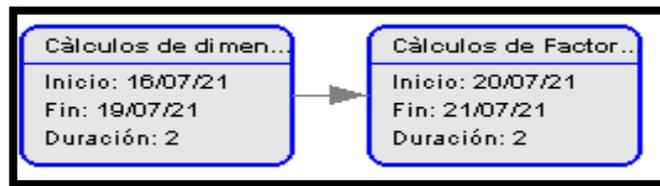


Gráfico 10-3: Diagrama de PERT_ Etapade Cálculos

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el presente diagrama se detalla el cronograma de la etapa de cálculos de dimensiones de Monoplaza, como también los cálculos de factores de seguridad del Monoplaza, especificando tanto el inicio como el fin de cada uno de los cálculos separadas individualmente en el orden antes mencionado.

3.3.1.4 Etapa de construcción y entrega escrita

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Construcción de Chasis	22/07/21	27/07/21
• Construcción de Carrocería	28/07/21	4/08/21
• Construcción de Suspensión	4/08/21	9/08/21
• Construcción de Frenos y Dirección	9/08/21	13/08/21
• Adquisición del Tren Motriz	13/08/21	16/08/21
• Acoplamiento de los Sistemas Automotrices	16/08/21	18/08/21
• Verificación de funcionamiento de cada Sistema Automotriz	20/08/21	24/08/21
• Verificación del Prototipo Conjunto	25/08/21	26/08/21
• Etapa de Comprobación	27/08/21	6/09/21
• Entrega y revisión de la Parte Escrita	7/09/21	7/09/21

Gráfico 11-3: Listado de Actividades de la Etapa de Construcción

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Luego de haber realizado las etapas de: investigación, diseño y cálculos necesarios; llegaremos a la necesidad de construir todo el trabajo planteado anteriormente, serán construidos todos los sistemas en mención con el objetivo de poder juntarlos y generar un óptimo funcionamiento del prototipo en conjunto, para llegar a juntar y poner a prueba nuestro proyecto de titulación necesitamos de la:

- Construcción de Chasis
- Construcción de Carrocería
- Construcción de Frenos y Dirección
- Adquisición del Tren Motriz
- Acoplamiento de los Sistemas Automotrices
- Verificación de funcionamiento de cada Sistema Automotriz
- Verificación del Prototipo Conjunto
- Etapa de Comprobación
- Entrega y Revisión de la Parte Escrita

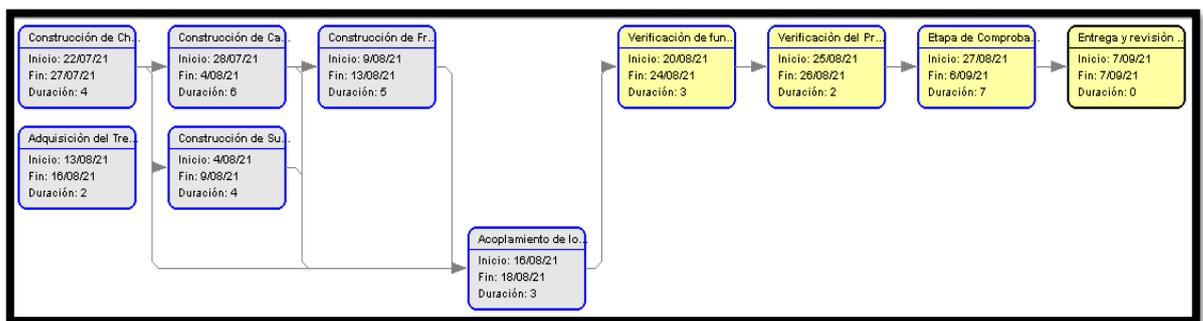


Gráfico 12-3: Diagrama de PERT_ Etapa de Construcción

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el presente diagrama se detalla el cronograma de la etapa de construcción, especificando tanto el inicio como el fin de cada una de las fases de construcción separadas individualmente por sistemas.

3.3.2 Recursos y materiales

En dicho punto se mencionarán de forma detallada los medios físicos, como también de talento humano, que sean necesarios para llevar a cabo dicho proyecto. Si bien es cierto nuestra finalidad es crear un prototipo conjunto, es ineludible tener que pasar primero por cada una de las etapas antes de llegar a nuestro objetivo, en donde aquellas etapas requieren de recursos como materiales tanto para su análisis y descripción, así como también para su construcción, mismos que serán descritos a continuación:

3.3.2.1 Presupuesto

El presupuesto necesario para el diseño como la construcción de nuestro prototipo se lo describirá en su totalidad en la siguiente tabla:

Tabla 9-3: Presupuesto Total del Proyecto

COSTOS Y FINANCIAMIENTO			
Cantidad	Descripción	Costo Unitario [USD]	Costo Total [USD]
COSTOS INDIRECTOS			
1	Sistema de Suspensión	\$200,00	\$200,00
1	Sistema de Chasis	\$150,00	\$150,00
1	Sistema de Carrocería	\$300,00	\$300,00
1	Sistema de Dirección	\$250,00	\$250,00
1	Sistema de Frenos	\$100,00	\$100,00
1	Tren Motriz	\$800,00	\$800,00
4	Movilización	\$40,00	\$160,00
2	Impresiones	\$45,00	\$90,00
3	Empastados	\$5,00	\$15,00
2	Varios	\$40,00	\$80,00
1	Unión de Sistemas Automotrices	150,00	150,00
TOTAL			\$2295,00

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Como se puede observar esta tabla muestra una descripción detallada de todos y cada uno de los gastos que representa nuestro trabajo de titulación, donde es evidente que la mayor proporción se la lleva el tren motriz con 800\$, esto debido a que se utilizará un motor eléctrico que comúnmente suelen ser más costosos que lo motores de combustión interna, además de componentes como el sistema de transmisión, que al cumplir con la vital función de conducir la potencia desde el cigüeñal hacia la suficiente para que las ruedas motrices giren. Además, tenemos también inmerso dentro de dicho sistema los ejes de transmisión que son los elementos encargados de transmitir la energía desde el tubo de la transmisión hasta las diferentes ruedas del vehículo, sin olvidarnos de los diferenciales que tienen la finalidad de controlar las distintas velocidades de giro que tienen las ruedas de un mismo eje de un coche, lo que en conjunto hace de este sistema algo muy complejo, importante y por ende también costoso, contrario a los gastos que se tendrán en los empastados que nos excederán los 15\$, no por ser menos importante en nuestro trabajo de investigación sino porque la materia prima o elaborada de cual requiere es muy común y poco costosa, de ahí los demás sistemas y gastos tendrán un promedio moderado de entre 100\$ a 300\$,

que nos dan como resultado un monto total de 2300\$ aproximadamente, que es el estimado máximo con el que se piensa solventar dicho proyecto de investigación.

3.3.2.2 *Talento humano*

Tutor: que en mayor proporción será quien guíe nuestro proyecto y nos proporcionará las pautas necesarias para avanzar en la realización del mismo, tanto en la parte práctica como teórica, de forma que podamos culminar exitosamente con nuestro proyecto de titulación.

Asesor: será también un apoyo en cuanto a la realización de nuestro proyecto, debido a que es miembro del presente trabajo de titulación, por ende, aporta con sus recomendaciones para el mismo.

Asistencia de personal que posea conocimiento en mecánica automotriz: que serán nuestros controladores prácticos, nos referimos a que con su conocimiento aportaran de forma significativa a que el proceso de construcción se lleve de manera confiable y segura.

3.3.2.3 *Equipos y materiales*

Los equipos y materiales para la realización de nuestro proyecto serán los instrumentos tanto para análisis como para la corrección dentro de la Industria Automotriz, debido a que al tratarse de la creación de un prototipo partiendo de cero, es de vital importancia realizar las pruebas y correcciones necesarias a lo largo del proceso que garanticen confianza y seguridad dentro del mismo, de los equipos y materiales a utilizar podemos mencionar, tenemos sus principales componentes como:

- El motor de tracción
- El inversor
- Cargador a bordo
- Unidad de Control
- Batería de tracción
- Transmisión
- Convertidor de Corriente
- Además de tubos
- Materias primas (hierro, derivados del petróleo y gas)
- Polímeros (acero, plásticos, aluminio, vidrio, hule)

Además de equipos necesarios para la realización del mismo, de entre los que podemos destacar:

- Juegos de Llaves Combinadas
- Juego de zócalo y trinquete.
- Juego de Destornilladores

- Juego de Llaves Allen
- Juego de Alicates Mecánicos
- Llave para filtro de aceite
- Elevador o Gato Hidráulico
- Caballete para coches
- Compresor de aire
- Llave de impacto
- Kit de herramientas rotativas
- Extractor de rodamientos y polea
- Llave Dinamométrica
- Polipasto manual de cadena
- Prensa Hidráulica
- Banco de Trabajo
- Prensa de Banco

3.4 Desarrollo del proyecto.

3.4.1 Bosquejo

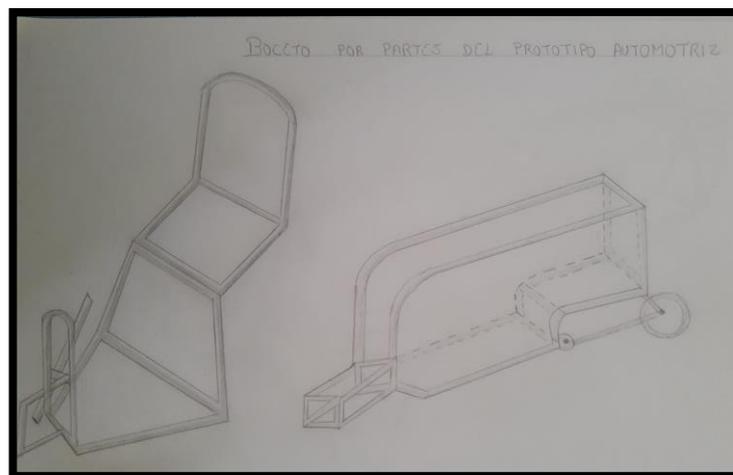


Figura 5-3: Primer Boceto por partes del Prototipo Automotriz

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

El presente boceto describe la idea original que se tiene para la creación del prototipo final, teniendo en cuenta, que a partir de dicho dibujo se tomarán varias correcciones hasta perfeccionar lo antes planteado. Sin embargo, se necesitaba generar ideas para iniciar con el proyecto, es así como se generó el primer boceto.

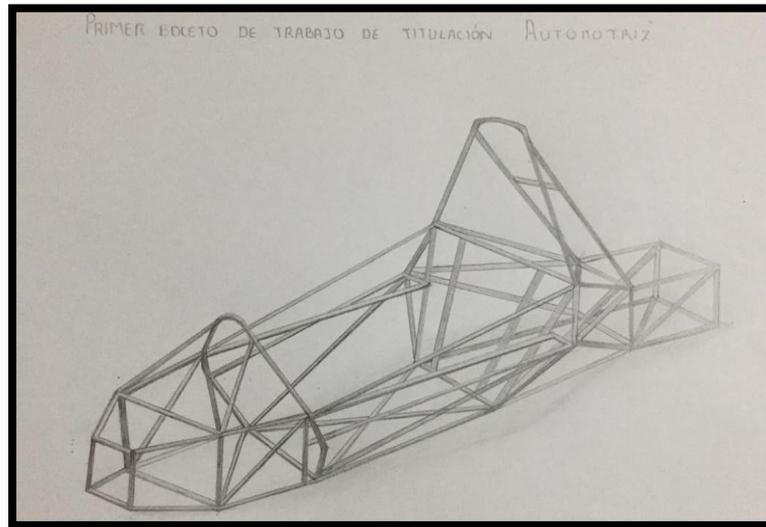


Figura 6-3: Boceto Tentativo para Chasis Automotriz

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Dicho boceto describe una idea estructuralmente más funcional que el boceto anterior, cabe resaltar que dicha delineación se la realizó con la finalidad de fusionarla con la primera idea e ir puliendo las necesidades que vayan apareciendo, además de que nos ayudamos de bocetos generados en internet para dicho dibujo, y de este modo llegar a nuestro proyecto final.

3.4.2 Chasis.

Para diseñar el chasis en SolidWorks se coloca en unidades de MMGS en croquis 3D.

3.4.2.1 Perfil del chasis.

En el croquis 3D se desarrolla el perfil del chasis en el plano (X,Y).

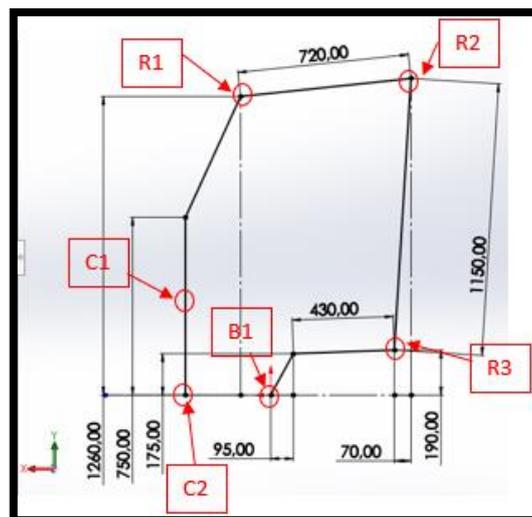


Figura 7-3: Perfil del chasis vista lateral

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el plano ZY se coloca las medidas en dirección Z y en dirección Y

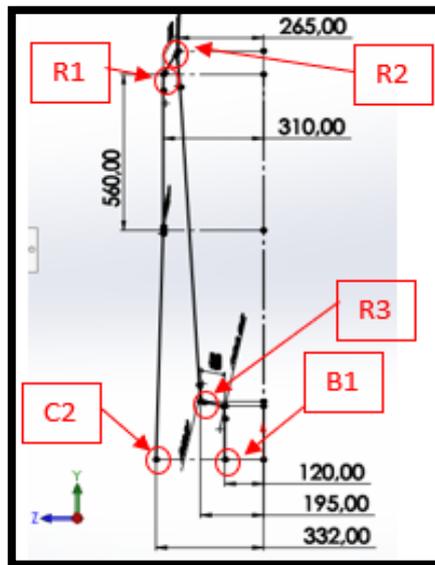


Figura 8-3: Perfil del chasis vista frontal

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

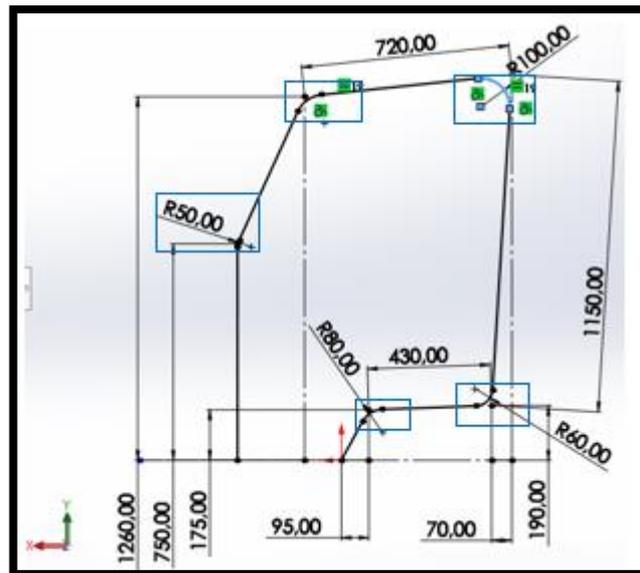


Figura 9-3: Redondeo en las esquinas del chasis – Vista lateral

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

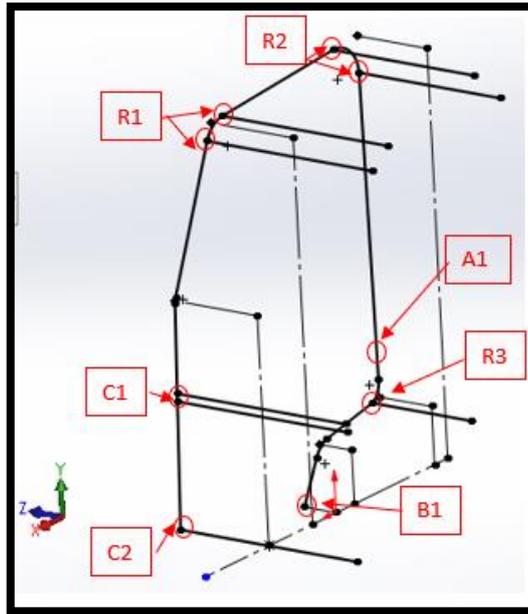


Figura 11-3: Ubicación de soportes en el perfil del chasis

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.3 Batería

Para colocar las dos baterías se crea un espacio a partir del punto B1 y se realiza el siguiente croquis en el plano ZX como se indica en la imagen y en cada una de las esquinas se coloca unos soportes de 200 mm en dirección de Y.

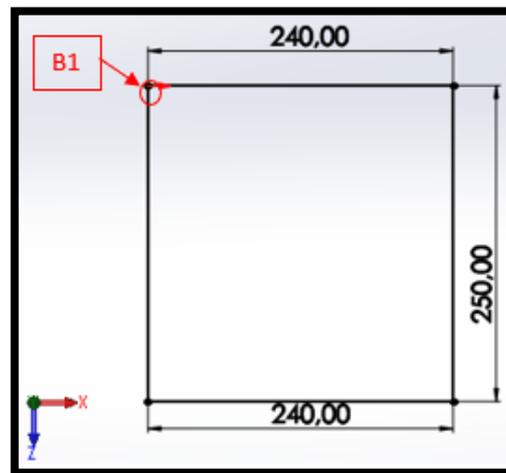


Figura 11-3: Contorno de la batería - Vista superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Para el otro par de baterías se realiza el siguiente croquis en el plano XZ a partir del punto C1 a una distancia de 240 mm.

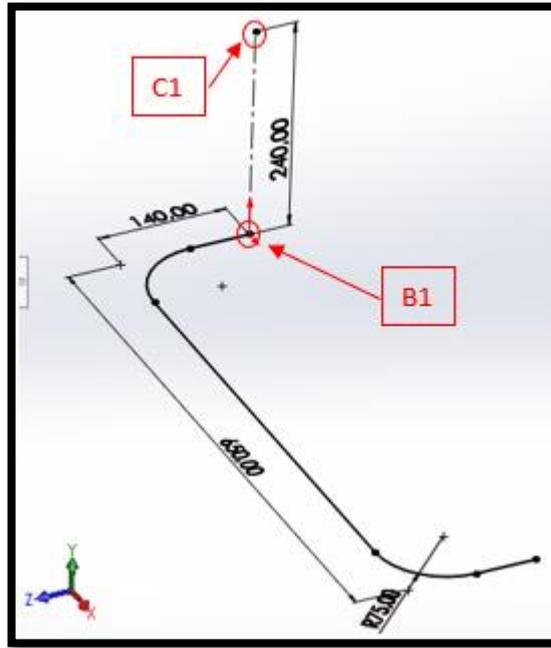


Figura 12-3: Contorno de la base de las baterías ubicadas en la parte superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.4 Asiento.

A partir del punto B1 se realiza el siguiente croquis en el plano XY

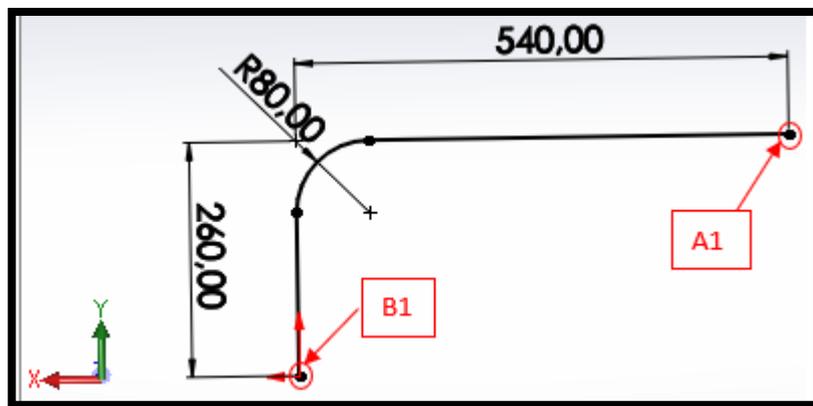


Figura 13-3: Asiento Vista Lateral

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.5 Reposo manos.

A partir de A1 en dirección de Y a una distancia de 280.00 mm se realiza el siguiente perfil en el plano XY.

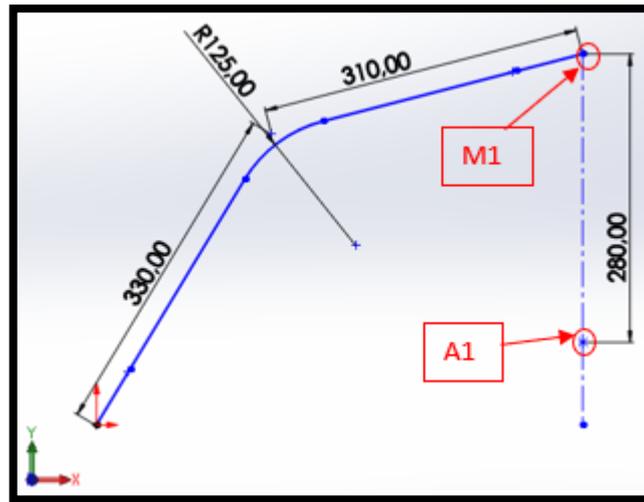


Figura 14-3: Reposa manos - Vista lateral

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

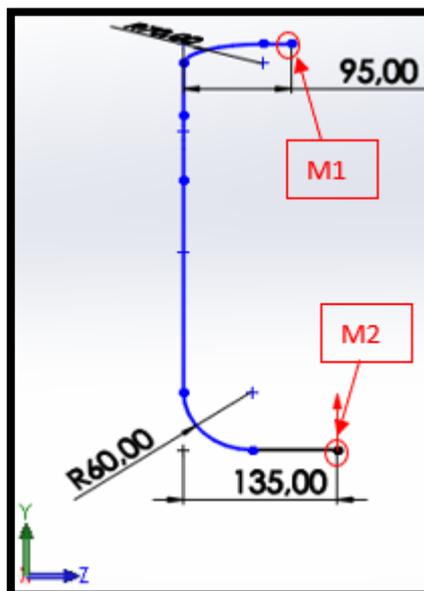


Figura 15-3: Reposa asiento - Vista frontal

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

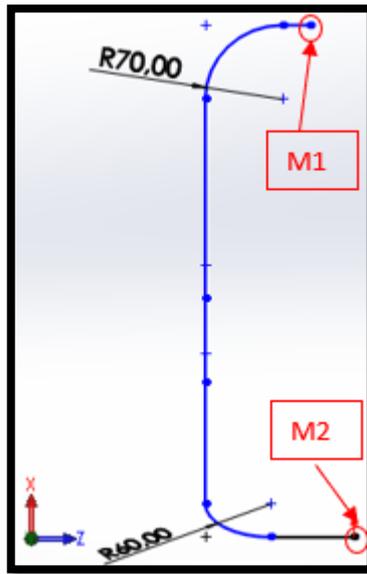


Figura 16-3: Reposa manos -
Vista superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L
(2022)

3.4.2.6 *Capo.*

Para realizar el capo con las medidas de la siguiente imagen iniciando desde el punto C1 en el plano XY.

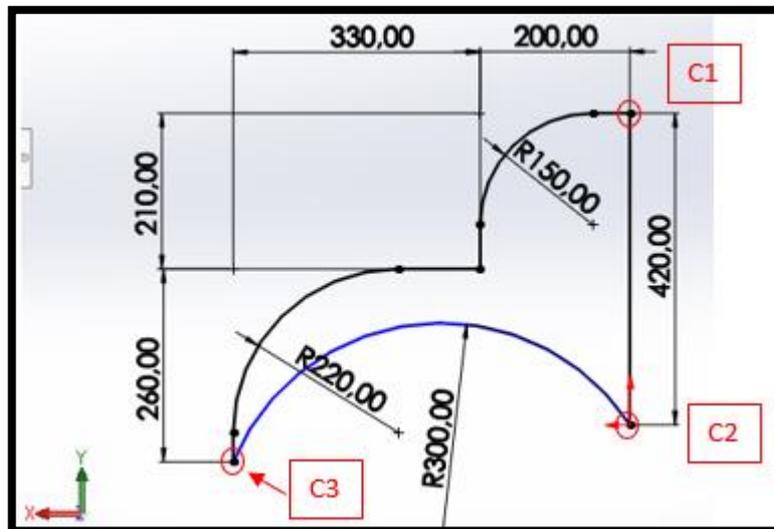


Figura 17-3: Croquis del capo – vista lateral

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En el punto S3 se coloca un soporte de 660 mm en dirección de Z negativo.

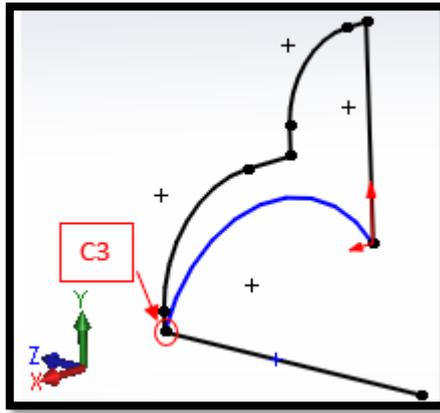


Figura 18-3: Capo – Vista isométrica

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Perfil del chasis, capo y soportes.

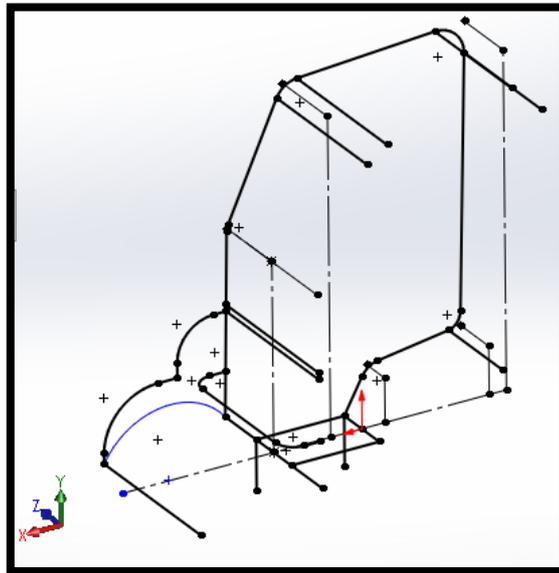


Figura 19-3: Vista Isométrica del chasis, capo y soportes

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

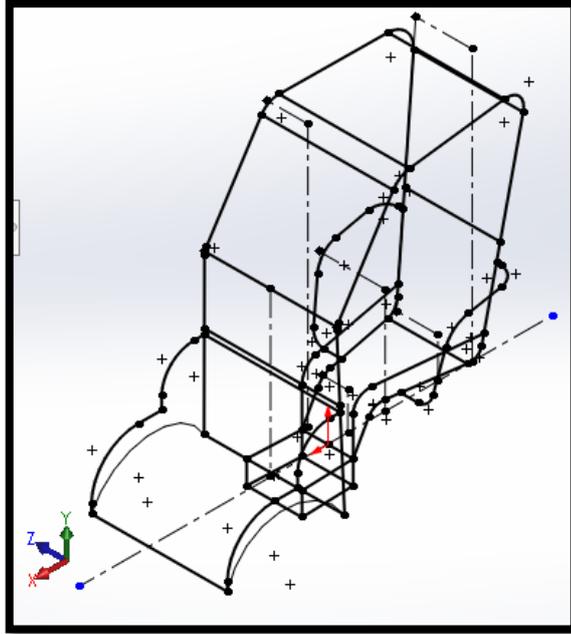


Figura 20-3: Chasis completo – Vista isométrica

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.7 *Asignación de perfiles para el chasis.*

Se utiliza perfil circular de 25.4 x 2.0 en las siguientes partes como son: perfil del chasis, asiento y baterías.

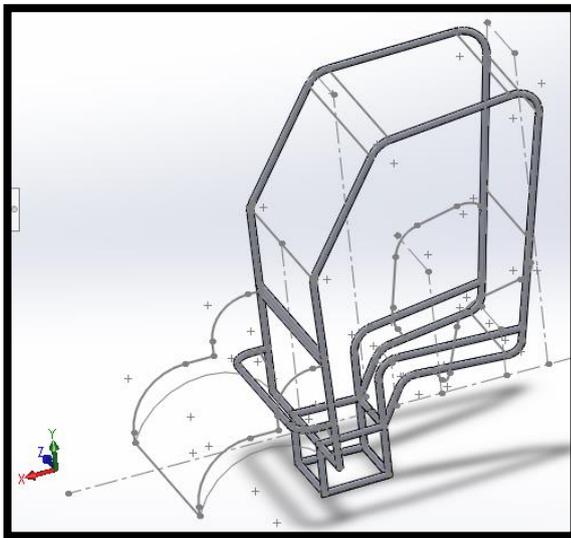


Figura 21-3: Asignación de tubo 25.4 x 2.0 mm

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Se utiliza perfil circular 22.0 x 1.5 mm en las siguientes partes que son en los soportes y reposa mano

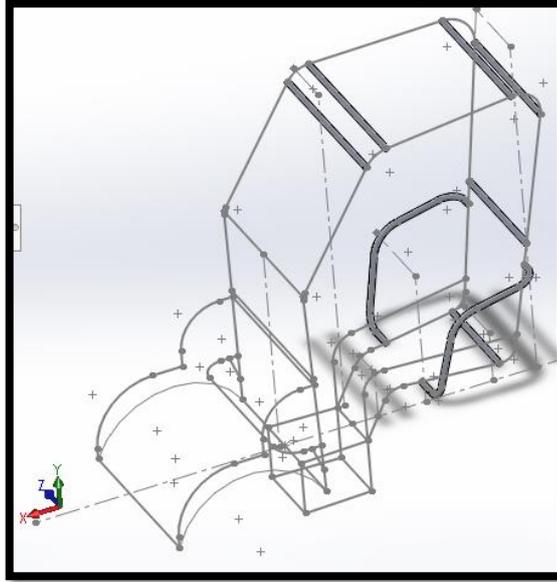


Figura 22-3: Asignación de tubo 22.0 x 1.5 mm

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Barrilla cuadrada de 10 mm se utiliza en la parte del capo.

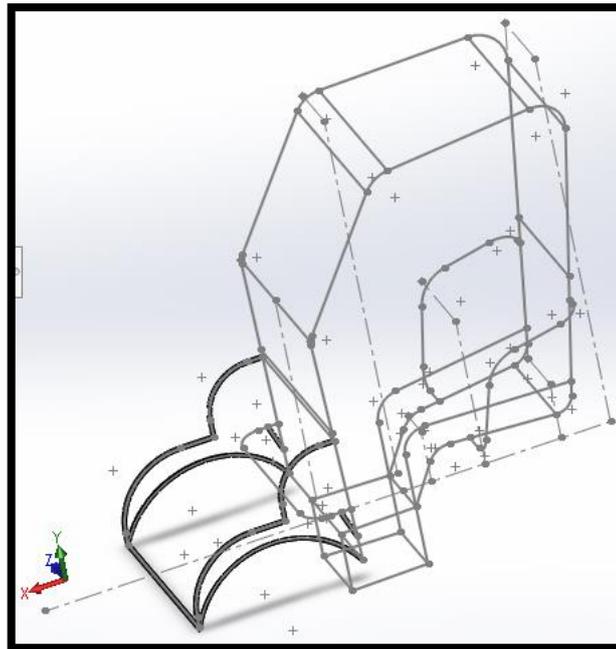


Figura 23-3: Asignación de varilla cuadrada de 10

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

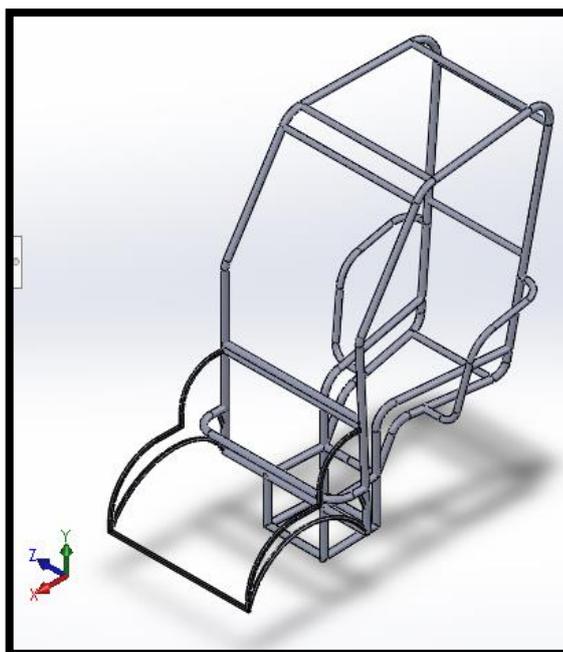


Figura 24-3: Asignación de materiales en todo el chasis – Vista isométrica

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.8 Longitud total de tubo y varilla utilizada.

Tabla 10-3: Masa total del material Utilizado

	Tubo 25,4	Tubo 22,0	Varilla	Unidad
Longitud	9346,87	3912,29	2966,32	mm
total	9,35	3,91	2,97	m
	Peso			
Catalogo	1,15	0,77	0,82	Kg/m
Peso	10,7	3,0	2,4	Kg
Peso total	16,2	Kg		

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.9 Dimensión del chasis

3.4.2.9.1 Asiento

En la normativa INEN 1668, (2015) menciona que los asiento deben tener 450 mm de ancho mínimo, profundidad mínima de 450 mm y la altura del espaldar mínima debe ser de 500 mm. Hace referencia al área del conducto con respecto al asiento que debe tener.

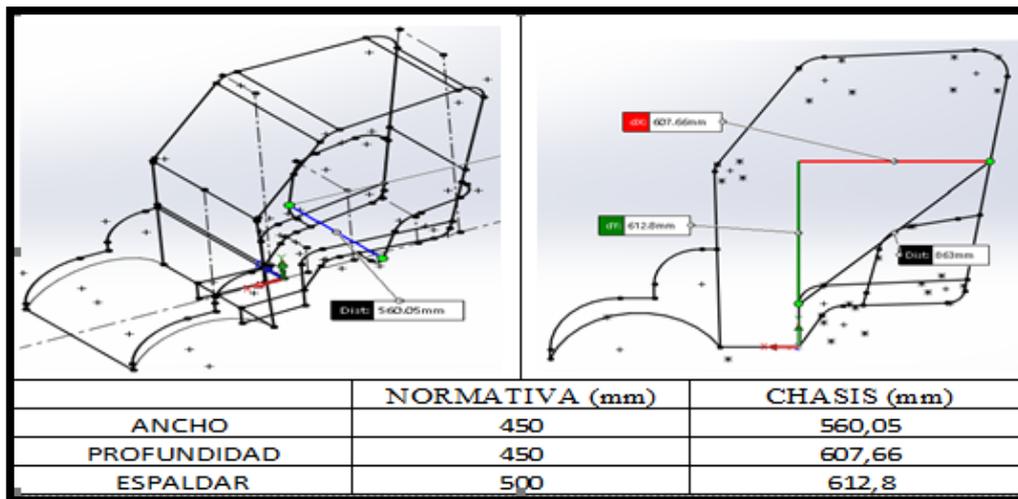


Figura 25-3: Dimensiones del asiento

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En cuanto a las dimensiones que se obtiene en la normativa son valores mínimos que debe tener el asiento de un conductor, haciendo uso de Solidworks se puede tener las medidas del asiento del chasis y se obtiene medidas superiores a las que menciona la normativa.

3.4.2.9.2 Chasis

Para las dimensiones de un vehículo eléctrico personal se toma de referencia las medidas de un artículo científico realizado por Mourad et al., (2014), los NTV's considerando su geometría tiene aproximadamente 2.5 m de largo, 1 m de ancho y 1.5 m de alto.

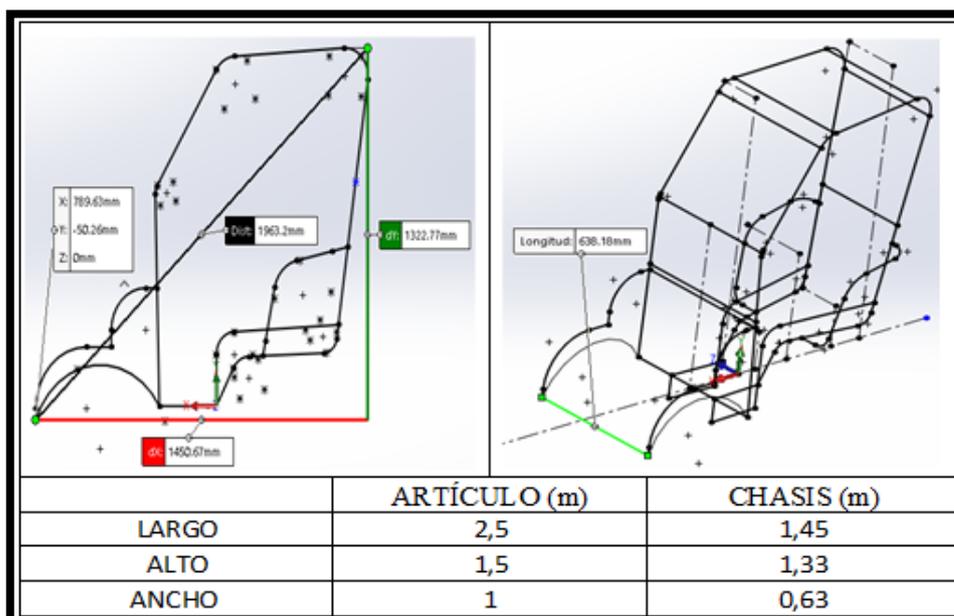


Figura 26-3: Dimensiones del Chasis

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.10 Pasos para la simulación

Para elaborar la simulación del chasis se selecciona en el aparatado de “Tool Box” se aplica la opción de “Static Structural”.

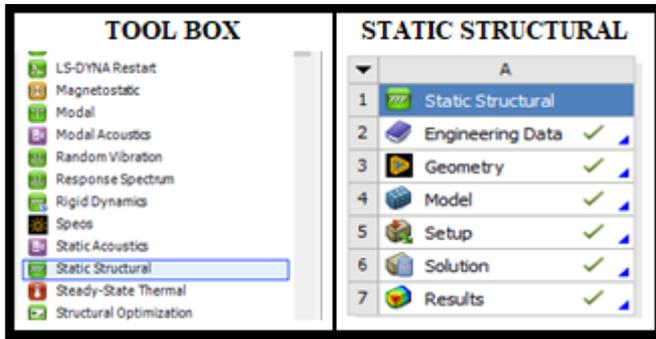


Figura 27-3: Caja de herramientas

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En la parte de “Engineering Data” se selecciona el material que se va a utilizar para la simulación en este caso es el acero A36.

3.4.2.10.1 Geometry

Se importa el croquis del chasis para luego proceder asignar el perfil de tubo que se va ser utilizado.

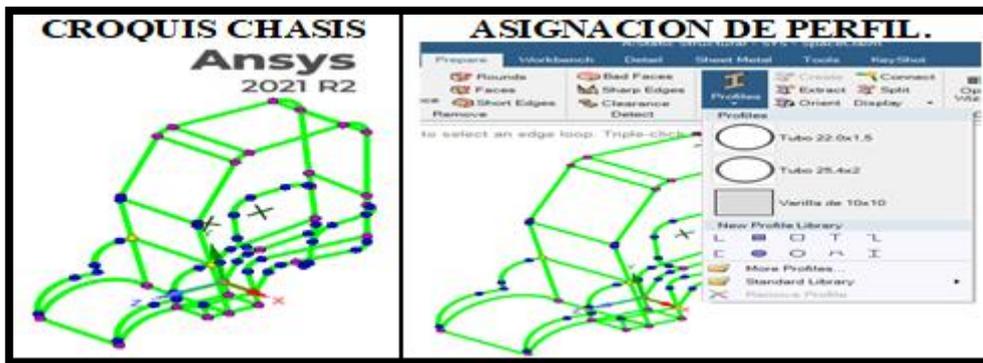


Figura 28-3: Caja de herramientas

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.10.2 Model

En la opción del “Mesh” afinamos la malla a 10 mm en la opción de “Element Size”, para después ejecutar el mallado.

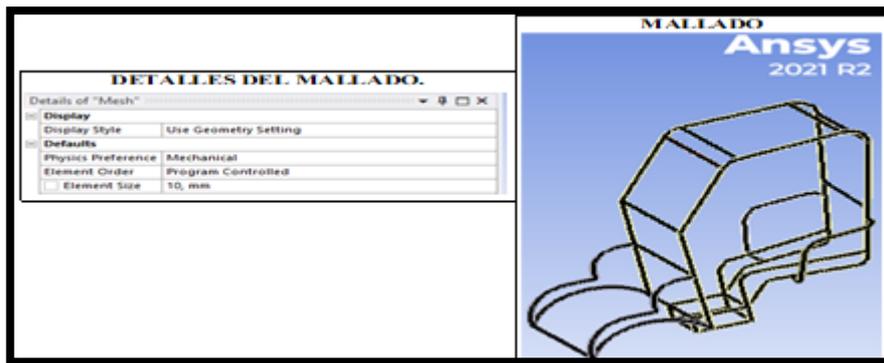


Figura 29-3: Mallado del chasis

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En la parte de “Static Structural” asignamos los soportes y fuerzas en el chasis

3.4.2.10.3 Soportes

Con la opción de “Fixes Support” se ubica los soportes en donde hay conexión en la suspensión delantera y posterior.



Figura 30-3: Soportes en el chasis

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.2.10.4 Fuerzas

Las fuerzas que actual en el chasis va a ser el peso neto del chasis, persona, batería y fuerza de arrastre.

Tabla 11-3: Tabla de fuerzas que se aplicaran en el chasis

Características del vehículo.			Unidad (N)
Persona	70	Kg	686,70
Motor	20	Kg	196,20
Batería	22,86	Kg	224,26
Chasis	16,2	Kg	158,92
Llantas	7	Kg	68,67
Suspensión	5	Kg	49,05
Masa Total	141,1	Kg	1383,80
Masa Neto	71,06	Kg	696,51
Fuerza de arrastre			47,85

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Donde la fuerza de arrastre va en dirección de la trayectoria del viento, y el peso neto del chasis, baterías y de la persona van en dirección a la gravedad.

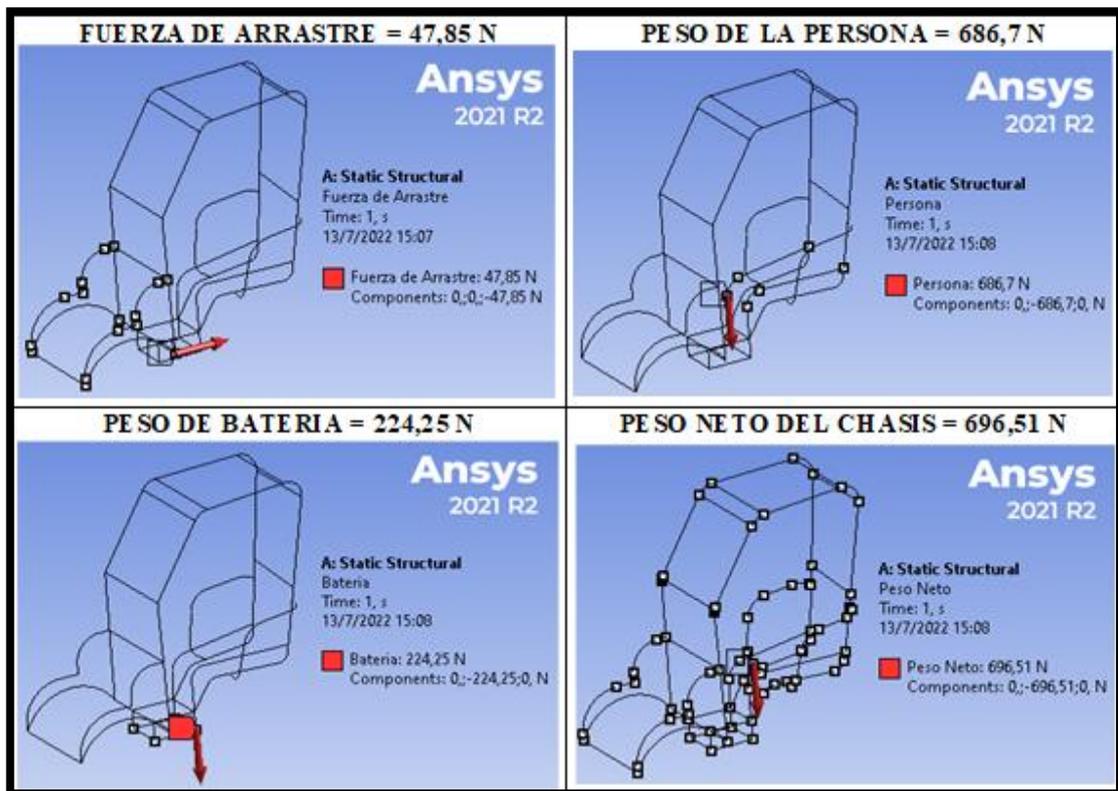


Figura 31-3: Dirección de fuerzas que se aplican en el chasis

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3 Sistema de suspensión

3.4.3.1 Determinación de cargas.

Asignamos masas aproximadas tomando en cuenta que una persona tiene un peso aproximado de 75 kg y en cuanto a la masa de los varios elementos que consideramos necesario se lo indica en la siguiente tabla.

Tabla 12-3: Cargas estimadas del vehículo eléctrico

Características.	
Persona	70 Kg
Motor	20 Kg
Batería	22,86 Kg
Chasis	16,2 Kg
Llantas	7 Kg
Suspensión	5 Kg
Masa Total	141,06 Kg
Masa Neto	71,06 Kg

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

El peso aproximado de la batería de ácido plomo con un consumo de 576 kWh es posible determinarlo con la siguiente formula.

$$Peso (Kg) = \frac{Energía consumida (kWh)}{Energía específica \left(\frac{kWh}{kg}\right)} \quad \text{Ec. 3}$$

$$Peso(Kg) = \frac{960}{42} = 22.86 \text{ kg}$$

En cuanto a la suspensión, motor, chasis y llantas se estimó una masa más allá de lo que pueda medir en la realidad, para que al momento de realizar el estudio de cargas poder obtener un diámetro de tubo y platinas adecuadas que pueda soportar las masas que se usaran en el sistema que es de 146.71 kg.

Datos iniciales del vehículo eléctrico.

En cuanto a las medidas de la siguiente tabla se tomó como referencia las medidas de scooter, bicicletas y entre otros. No podemos poner las medidas exactas del escúter que tiene en realidad debido a que la parte de la suspensión delantera se va a modificar por ende las medidas cambian.

Tabla 13-3: Datos iniciales del vehículo eléctrico

Distancia entre Ejes (L)	1190	mm
Ubicación frontal al centro de gravedad (a)	530	mm
Altura del centro de gravedad (h)	850	mm
Ancho de rueda a rueda (t)	650	mm

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En cuanto a la altura del centro de gravedad y ubicación longitudinal al centro de gravedad se lo puede realizar con el prototipo ya echo para proceder a obtener las masas en la parte frontal y posterior del vehículo y después de proceder a medir la masa del vehículo en una báscula a un cierto grado de inclinación para así proceder hacer los cálculos y obtener los dos datos que necesitamos encontrar. Para en este caso se estima una medida aproximada de 850 mm y 530 mm.

3.4.3.2 Distribución de masas del vehículo.

Ya obtenido la distancia entre ejes y las coordenadas del centro de gravedad procedemos a obtener el peso en la parte frontal y posterior del vehículo.

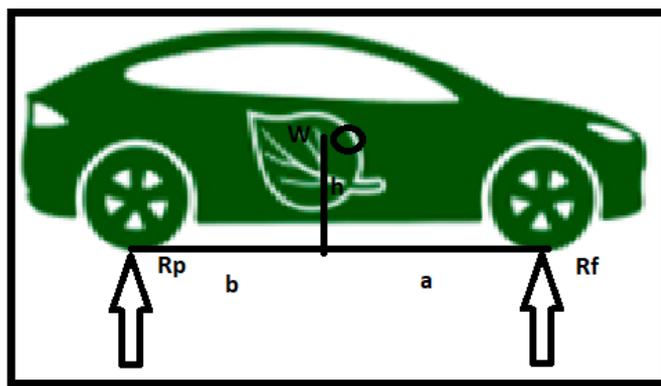


Figura 32-3: Fuerzas que actúan en el vehículo

Fuente: (Enrique.dans 2017)

Donde:

Rp: Reacción posterior.

Rf: Reacción frontal.

h: Altura al centro de gravedad.

W: Peso del vehículo.

a: Distancia frontal al centro de gravedad.

b: Distancia posterior al centro de gravedad.

Realizamos sumatoria de momento en Rp y Rf para luego despejar las incógnitas y encontrar la carga frontal y posterior.

$$\sum R_p = 0 \rightarrow R_f * l - W * b = 0 \therefore R_f = \frac{W*b}{l} \quad \text{Ec. 20}$$

$$\sum R_f = 0 \rightarrow -R_p * l + W * a = 0 \therefore R_p = \frac{W*a}{l} \quad \text{Ec. 21}$$

Remplazamos valores en las ecuaciones (1) y (2).

Tabla 14-3: Reacción frontal y posterior del vehículo

$R_f = \frac{141,06kg * (1990 - 530)mm}{1190 mm}$	$R_p = \frac{141,06kg * (530)mm}{1190 mm}$
$R_f = 78,23 kg = 767,47 N$	$R_p = 62,82 kg = 616,3 N$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Realizando los cálculos se obtiene una reacción frontal de $81.37kg = 798.25N$ y una reacción posterior de $65.34kg = 641.02N$.

3.4.3.3 Aceleración Lateral.

Para calcular fuerza centrífuga se considera una velocidad de 40 Km/h y un radio de curvatura de 13.5 m como una curva muy cerrada

$$F_c = m * \frac{v^2}{r} \quad \text{Ec. (22)}$$

Donde:

m: Masa del vehículo = 146.71 Kg

v: Velocidad. (m/s)

r: radio de curvatura. (m)

Fc: Fuerza centrífuga. (N)

Remplazamos los valores en la ecuación (3).

Tabla 15-3: Fuerza centrífuga en cada neumático

$F_c = 141,06 kg * \frac{(11,11 \frac{m}{s})^2}{13,5m}$
$F_c = 1289,96 N - F_n = 429,99N$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Se obtiene una fuerza centrífuga de 1289.86 N en lo cual se distribuye en cada uno de los neumáticos con una fuerza de 429.99 N tomando en cuenta que son 3 neumáticos.

3.4.3.4 Transferencia de masa lateral.

Se realizan los calculo asumiendo una masa total del vehículo de 146.71 Kg con una distribución del eje delantero de 81.37 Kg.

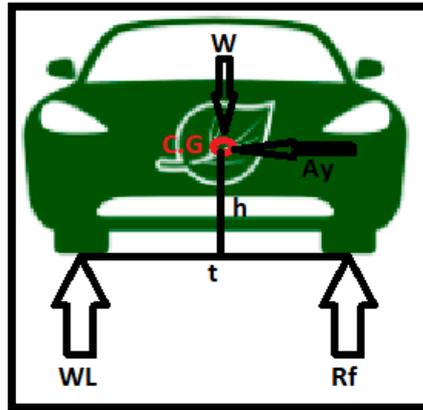


Figura 33-3: Diagrama de cuerpo libre de transferencia de masa lateral

Fuente: (Enrique.dans 2017)

Donde:

h: Altura del centro de gravedad = 850 mm

Ay: Aceleración lateral en y o fuerza centrífuga

t: Ancho de rueda a rueda = 650 mm

WL: Peso en el eje exterior.

En el diagrama de cuerpo libre se realiza la sumatoria de momento para poder encontrar el peso en el eje exterior.

$$\sum M_o = 0 \rightarrow W_L * t = W_d * \frac{t}{2} + F_{centrifuga} = 0 \therefore W_L = \frac{R_f}{2} + \frac{F_{centrifuga}}{t} \quad \text{Ec. 23}$$

Sustituimos los datos en la ecuación (4).

Tabla 16-3: Peso en el eje exterior

$W_L = \frac{62,82 \text{ kg}}{2} + \frac{131,49 \text{ kg}}{650 \text{ mm}}$
$WL = 2292,7 \text{ N}$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

La fuerza generada en la rueda exterior en una curva es de 2292.7 N con una fuerza centrífuga de 1289.96 N.

3.4.3.5 *Transferencia de masa longitudinal.*

Para saber los materiales de manufactura del elemento se necesita saber la transferencia de masa que se obtiene al eje delantero al momento de frenar o acelerar el vehículo.

Para el cálculo se estima una aceleración negativa en este caso será de 40 Km/h en 3s en lo cual se lo estimará con la siguiente ecuación.

$$-a = \frac{v_f - v_o}{t} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

a: aceleración.

vf: Velocidad final = 0 m/s

vo: Velocidad inicial = 40 km/h = 11.11 m/s

t: tiempo = 3s

Remplazando los valores en la ecuación (5).

Tabla 17-3: Aceleración lateral del vehículo

$-a = \frac{(0 - 11,11)m/s}{3}$
$a = 3,7 \text{ m/s}^2$ aceleración lateral = 0,38

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

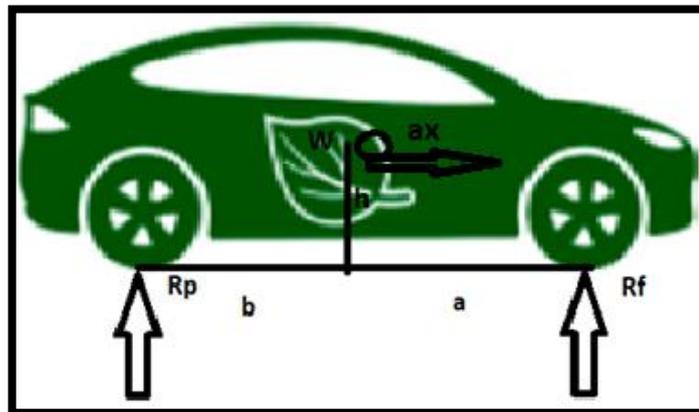


Figura 34-3: Representación de Peso en el Eje Delantero

Fuente: (Enrique.dans 2017)

$$\sum M_o = 0 \rightarrow dW_d * l = W * A_x * h \therefore dW_d = \frac{W * a_x * h}{l} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

dWd: Incremento de peso en el eje delantero.

ax: aceleración lateral = 0.38

h: altura del centro de gravedad = 850 mm

l: distancia entre ejes = 1190 mm

Remplazamos los valores en la ecuación (6).

Tabla 18-3: Incremento del peso en el eje delantero

$dW_d = \frac{141,01 * 0,38 * 850}{1191}$
$dW_d = 38,04 \text{ kg}$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

La masa que se transfiere al eje delantero es de 38.04 kg sumando la masa del eje delantero de 78.23kg dándonos una masa total de 116.27kg dándonos un peso en cada rueda de 38.75kg=380.21kg.

3.4.3.6 Obstáculo.

Se considera una velocidad de 40 Km/h donde los neumáticos se mantienen en contacto con la superficie en todo momento, se considera un obstáculo de forma triangular con una pendiente de 30° y altura de 8 cm.

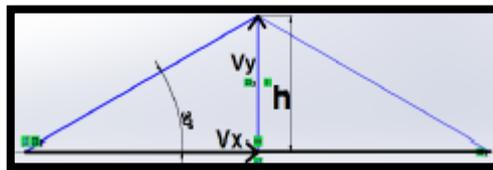


Figura 35-3: Diagrama de obstáculo que puede subir un vehículo

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

$$Vx \cdot \tan(30) = Vy \quad \text{Ec. 6}$$

Remplazamos valores.

Tabla 19-3: Velocidad vertical en el obstáculo

$Vy = 11,11 \frac{m}{s} * \tan(30)$
$Vy = 6,42 \text{ m/s}$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Mediante el cálculo se obtiene una velocidad en y de 6.42 m/s.

Formula de la aceleración vertical.

$$Vx^2 = Vy^2 + 2a_y * h \therefore a_y = \frac{Vy^2}{2*h} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

Vx: Velocidad del vehículo = 11.11 m/s

Vy: Velocidad en dirección y = 6.42

Vay: Velocidad final en dirección y = 0 m/s

ay: aceleración vertical.

h: altura de obstáculo = 0.08 m

Remplazamos valores.

Tabla 20-3: Aceleración vertical en el obstáculo

$a_y = \frac{6,42m/s^2}{2 * 0,08m}$
$a_y = 257,2 m/s^2$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Formula de la fuerza generada en el eje de los neumáticos.

$$F_{eje} = 0.08 * m_{eje} * a_y \quad \text{Ec. 8}$$

Tabla 21-3: Fuerza generada en el eje del neumático

$F_{eje} = 0.08 * 78,23Kg * 257,2m/s^2$
$F(eje) = 1609,74 N$

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Con una masa en el eje delantero de 81.37kg y con una aceleración vertical de 257.2 m/s² en 0.08 m de altura del obstáculo se obtiene una fuerza en el eje delantero de 20928.74 N.

3.4.3.7 Resultados obtenidos del análisis de cargas.

Las cargas que actúan en el sistema de suspensión se aprecian en las siguientes tablas.

Tabla 22-3: Fuerzas laterales en la suspensión

Fuerzas Laterales	[N]
Fuerza Lateral (FL).	429,99

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 23-3: Fuerza verticales en la suspensión

Fuerzas Verticales	[N]
Transferencia de masa longitudinal	380,21
Transferencia de masa lateral.	2292,70
Obstaculo	1609,74
Fuerza Total (Fr)	4282,66

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.8 Diseño.

Para el sistema de suspensión se lo diseño como se muestra en la siguiente imagen con su respectiva tabla.

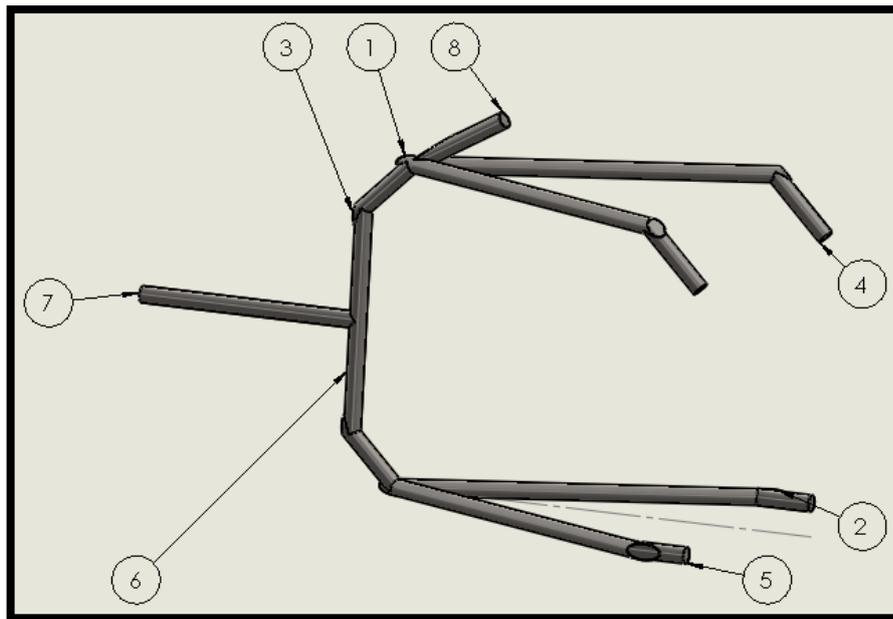


Figura 36-3: Diseño del sistema de suspensión

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

En cuanto al elemento número 8 con la descripción de amortiguador se lo implemento con la finalidad de obtener la fuerza resultante para proceder a simular en la parte del muelle o resorte.

Tabla 24-3: Partes del sistema de suspensión

Nº de elemento	Nº de pieza	Cantidad
1	1. Susp. (Arco)	1
2	2. Susp. (Agarre Superior)	8
3	3. Susp. (Agarre Inferior)	8
4	11. Susp. (Brazo)	2
5	4. Susp. (Agarre Inferior en U)	4
6	8. Susp. (Eje)	2
7	7. Ensamble Agarre del muelle	2
8	12. Susp. (Brazo Superior)	2
9	5. Susp. (Platina del muelle)	4

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.9 Determinación de fuerzas en los brazos de suspensión

Los números de elemento 3, 4 y 8 se encuentran conectados al chasis y lo vamos a poner como punto fijo en el diseño, se prodigue a colocar las fuerzas laterales y verticales como se indica en la siguiente imagen.

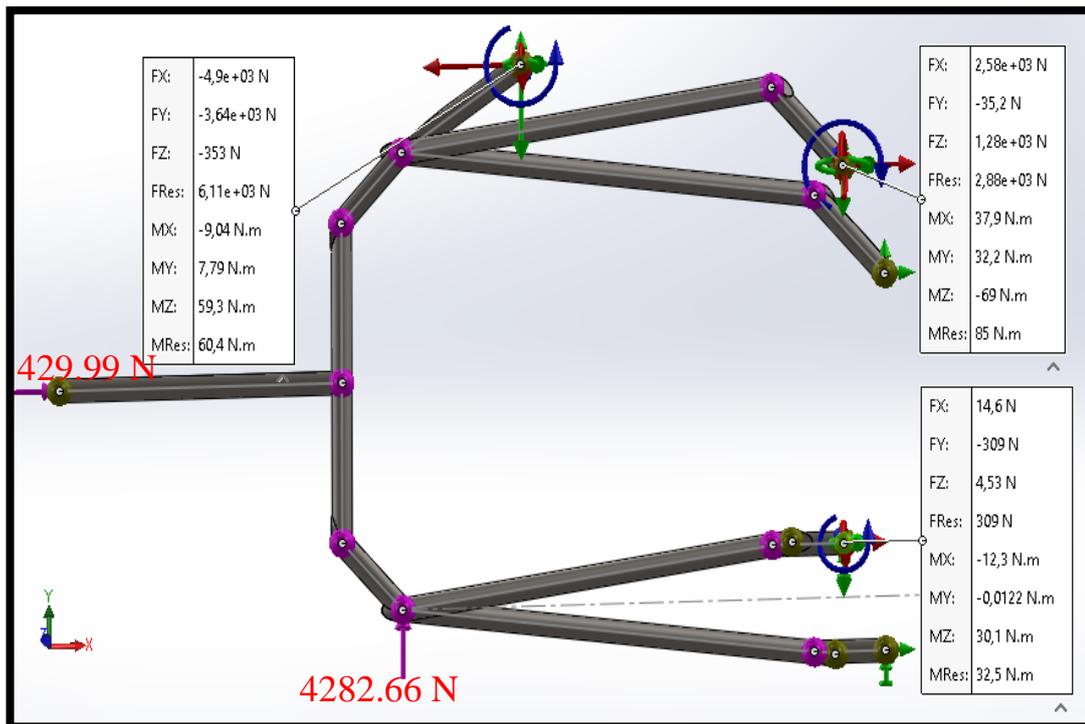


Figura 37-3: Aplicación de cargas en el sistema de suspensión.

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Cuando se elabora la simulación en SolidWorks en la parte de resultados se despliega un apartado de “*Fuerzas Resultantes*” donde se puede encontrar las fuerzas resultantes en los puntos fijos que fueron colocados.

Tabla 25-3: Fuerzas resultantes en los puntos de apoyo en la suspensión

Resultados del analisis de fuerzas.	[N]
Brazo superior	2880
Brazo inferior	309
Barra del amortiguador	6110

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.10 Asignación del Material.

Para el desarrollo de chasis de una motocicleta eléctrica se realizó el estudio de tres materiales las cuales son ASTM A36, ASTM A500 y el Acero Inoxidable donde se muestra los resultados en la siguiente tabla.

Datos	Acero ASTM A36	Acero ASTM A500	Acero Inoxidable
Esfuerzo Max.	121.48 MPa	131.01 MPa	142.92 MPa
desplazamiento	0.291mm	0.314 mm	0.342 mm
Factor de seguridad	2	2.13	1.44

Figura 38-3: Características del material escogido para el prototipo

Fuente: Catálogo IPAC

Según Molina Redrobán et al., (2019) el material seleccionado por calidad y precios, la mejor opción es la perfilería Acero ASTM A36, dichos datos se verificaron con el proceso de simulación mecánica al tener una menor deformación. De acuerdo con el estudio realizado en el chasis de la motocicleta eléctrica tomaremos el Acero ASTM A36 para la elección del material de todas las piezas de la suspensión.

3.4.3.11 Cálculo del diámetro del tubo de los brazos de suspensión.

Una vez obtenido las fuerzas resultantes en los brazos de suspensión procedemos a encontrar el diámetro del tubo. Las fórmulas que se va a utilizar son las de esfuerzo axial y factor de seguridad.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 29}$$

$$FS = \frac{\sigma_u}{\sigma_{perm}} \quad \text{Ec. 30}$$

Donde:

σ : Esfuerzo.

P: Carga.

A: Área.

FS: Factor de seguridad.

σ_u : Esfuerzo ultimo o de cedencia.

σ_{perm} : Esfuerzo permisible.

También se va a necesitar el área en donde va a actuar la fuerza el área de un tubo se lo elabora mediante la siguiente formula.

$$A = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

D: Diámetro exterior.

d: Diámetro interior.

Escojemos el valor critico de los brazos de suspension superior e inferior en este caso se encuentra en el brazo inferior con una fuerza resultante de 3000N. En cuanto a las especificaciones del tubo se obtiene mediante el catalogo IPAC,(2019) en el apartado de Tuberia Estructural Redonda. En la siguiente tabla se aprecia las características del tubo con su factor de seguridad tomando en cuenta que el esfuerzo ultimo es de 250 [MPa].

Tabla 26-3: Factor de seguridad de los tubos

Esfuerzo último.		250	[MPa]		
Carga axial.		2880	[N]		
D.E. [plg]	D.E. [mm]	Espesor [mm]	Area [mm]	Esfuerzo normal[Mpa]	Factor de seguridad.
3/4	19,1	1,4	40,46	71,175	3,51
		1,5	43,24	66,611	3,75
		1,8	51,46	55,967	4,47
		2	56,86	50,648	4,94
7/8	22,2	1,4	47,28	60,912	4,10
		1,5	50,54	56,984	4,39
		1,8	60,22	47,821	5,23
		2	66,60	43,242	5,78

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

El tubo 22,2 x 2 mm se va a utilizar en el sistema de suspensión dándonos un factor de seguridad de 5,55.

3.4.3.12 Diseño de las piezas.

Al encontrar el estudio de cargas y las fuerzas resultantes en los puntos fijos de la suspensión se procede a realizar planos, mallado, asignación de cargas para obtener los resultados de cada pieza.

3.4.3.13 Brazo de suspensión.

3.4.3.13.1 Plano.

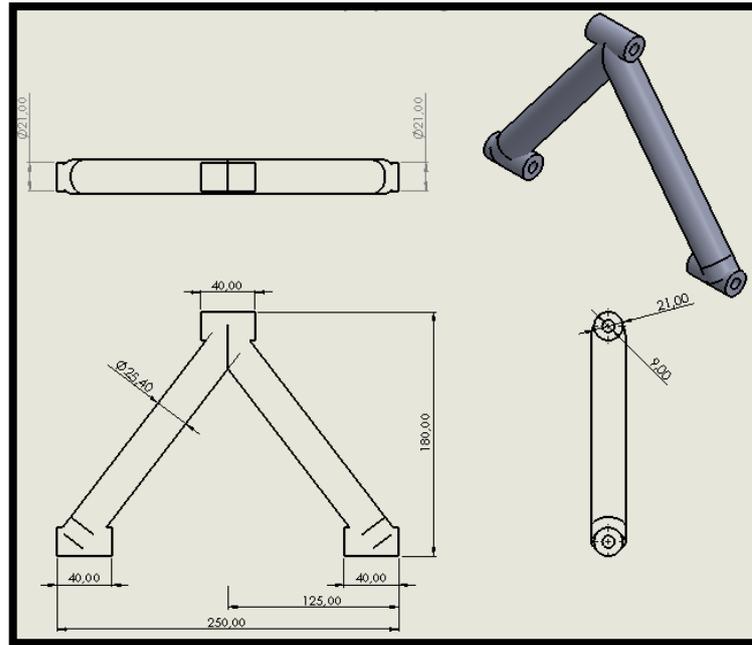


Figura 39-3: Brazo de Suspensión

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.14 Agarre superior.

3.4.3.14.1 Plano.

Obtenido el siguiente plano se le pone un grosor de 4 mm.

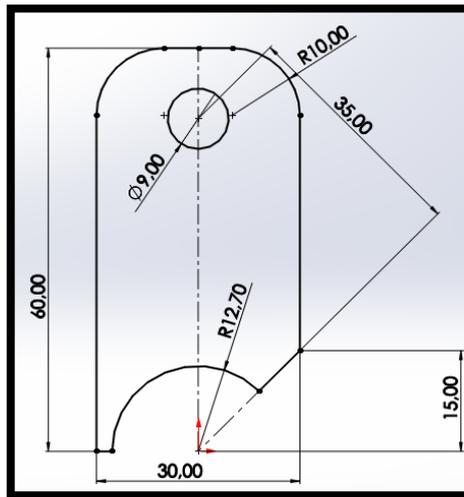


Figura 40-3: Perfil de Agarre Superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.14.2 Mallado.

El punto crítico de esta pieza es en la parte central donde se encuentra unido el brazo de la suspensión y el agarre superior donde se procede hacer un mayor refinado de la malla.

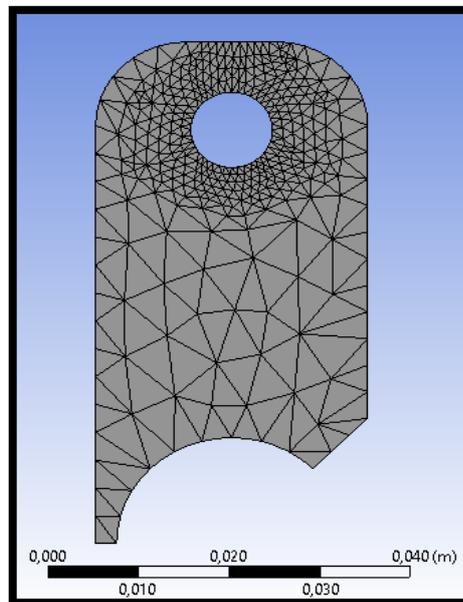


Figura 41-3: Mallado Agarre Superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.14.3 Cargas.

Las fuerzas que actúan en el agarre superior es de $F_x: 2680 \text{ N}$, $F_y: -36,6 \text{ N}$ y $F_z: 1330 \text{ N}$ donde se aplicara las fuerzas en F_x y F_y dando una resultante de $2680,2 \text{ N}$.

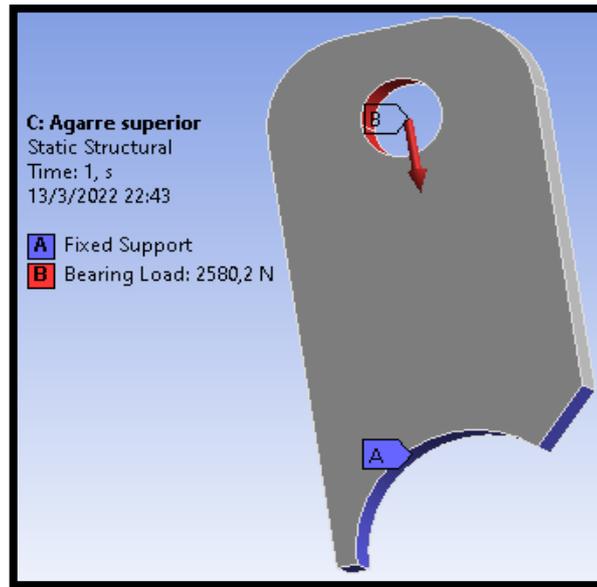


Figura 42-3: Asignación de cargas Agarre Superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.15 Agarre inferior.

3.4.3.15.1 Plano.

Para el siguiente plano se coloca un grosor de 4 mm.

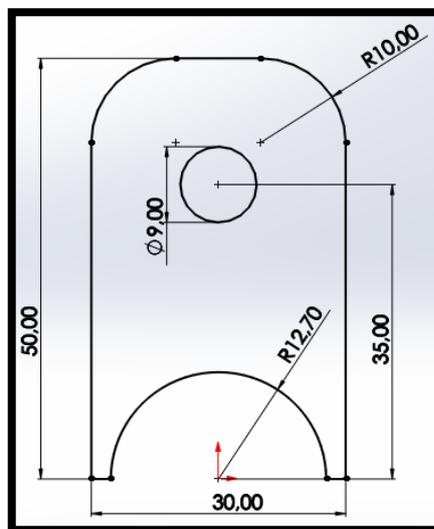


Figura 43-3: Perfil Agarre Inferior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.15.2 Mallado

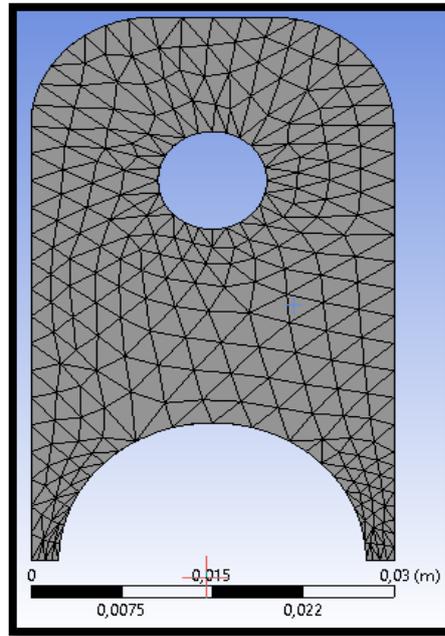


Figura 44-3:: Mallado Agarre Inferior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.15.3 Cargas

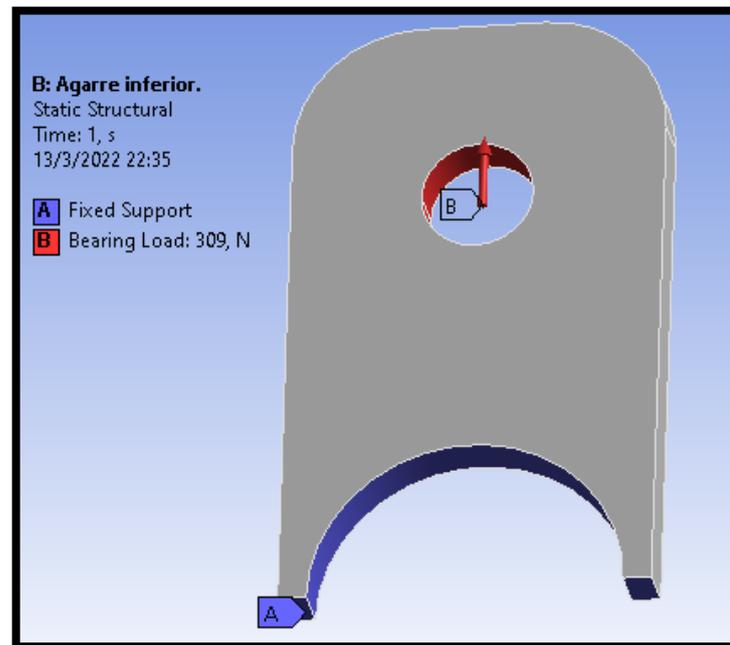


Figura 45-3:: Asignación de cargas Agarre Superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.16 Agarre en U.

3.4.3.16.1 Plano.

Se obtiene tres planos frontal, lateral e inferior. Para el diseño de la siguiente pieza.

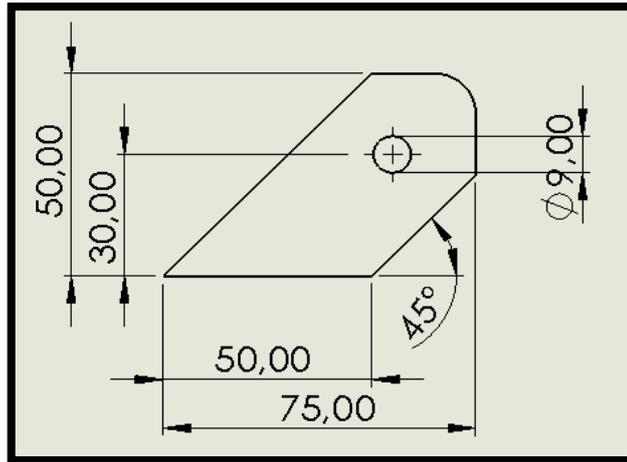


Figura 46-3: Vista lateral Agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

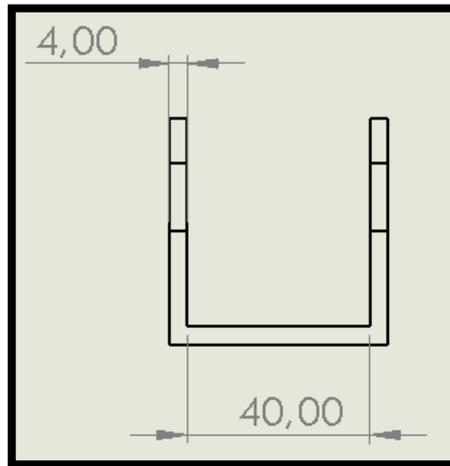


Figura 47-3: Vista Frontal Agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

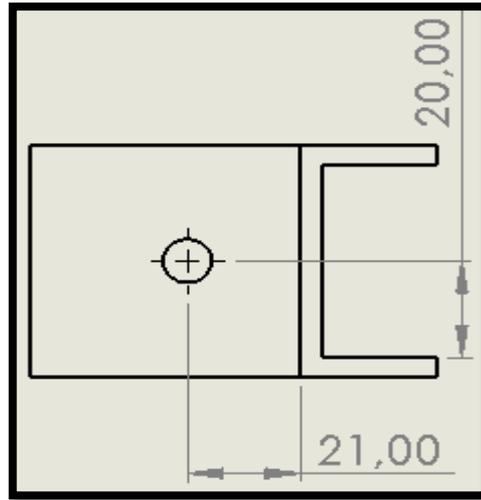


Figura 48-3: Vista Inferior Agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.16.2 *Mallado.*

Se refina el mallado en los puntos de unión donde van ubicados el brazo superior y el eje.

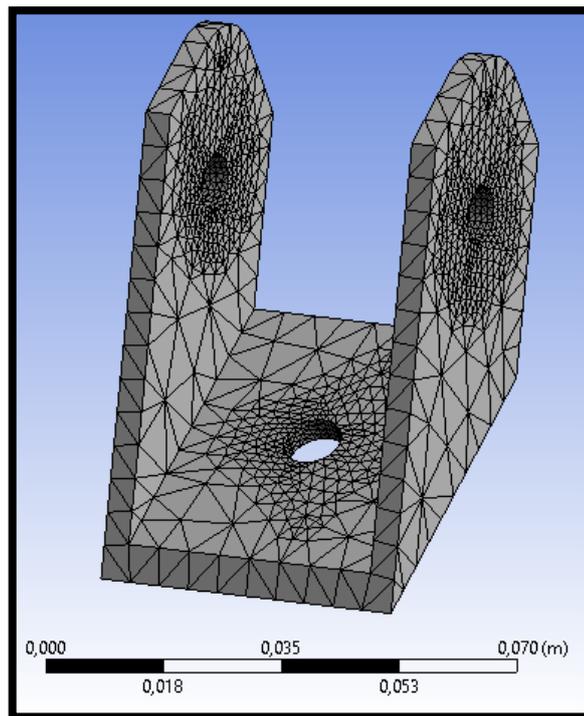


Figura 49-3: Mallado Agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.16.3 Cargas.

Para esta pieza se aplica la sumatoria de las fuerzas verticales de 4454.41 N en la vasa de la vista inferior de la pieza.

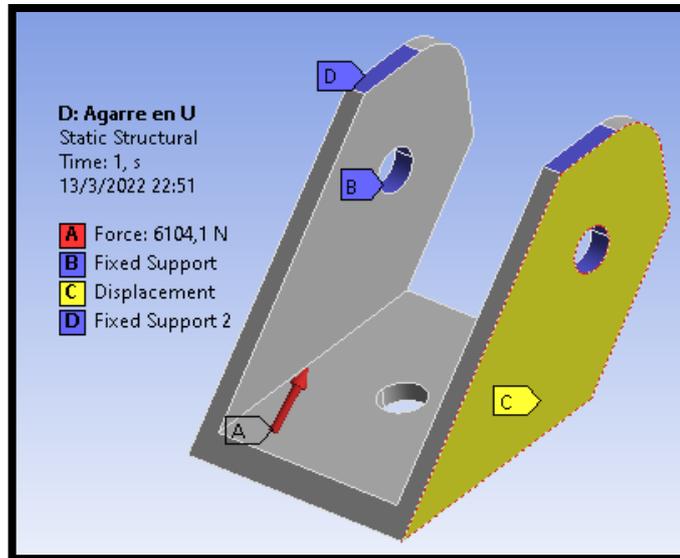


Figura 50-3: Asignación de Cargas Agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.17 Agarre del muelle

3.4.3.17.1 Plano

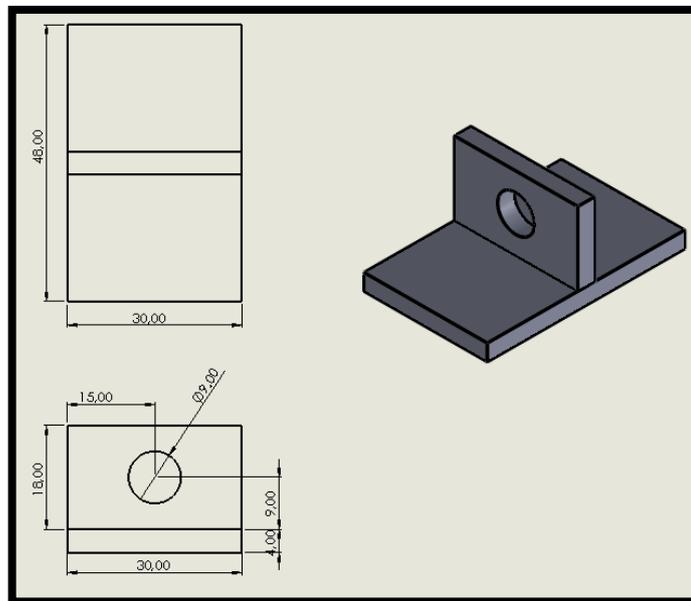


Figura 51-3: Plano Agarre del Muelle

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.17.2 Mallado

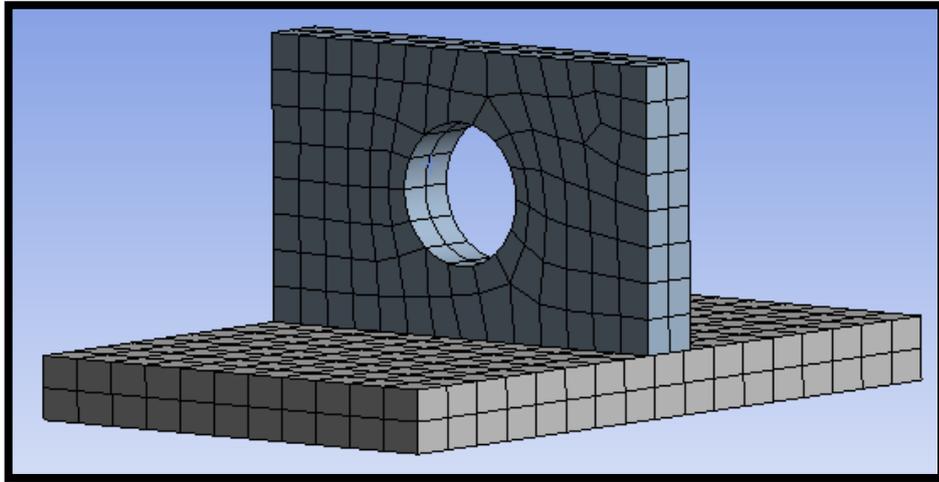


Figura 52-3: Mallado Agarre del Muelle

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.17.3 Cargas

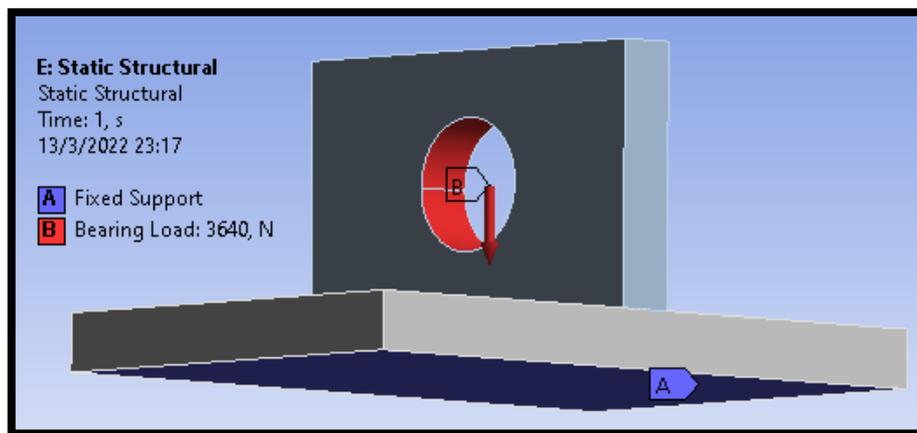


Figura 53-3: Asignación de Cargas Agarre del Muelle

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.17.4 *Ensamble de la suspensión.*

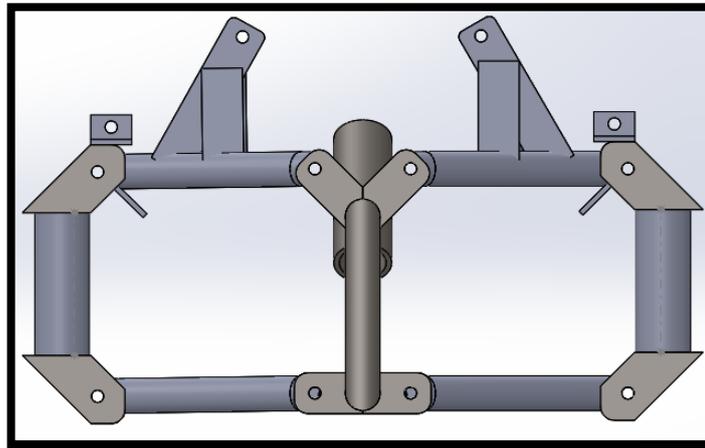


Figura 54-3:: Vista frontal Sistema de Suspensión

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

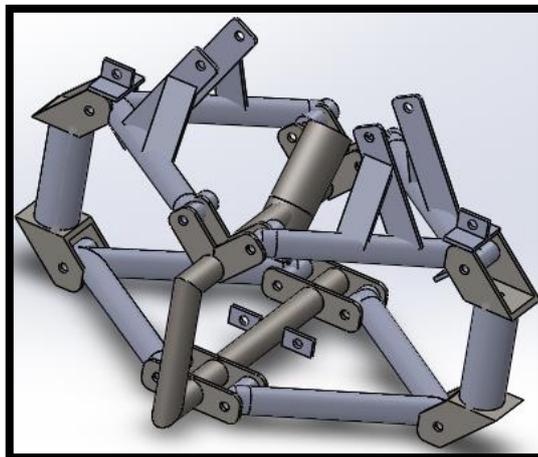


Figura 55-3: Vista Isométrica Sistema de Suspensión

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.3.17.5 Lista de materiales de la suspensión.

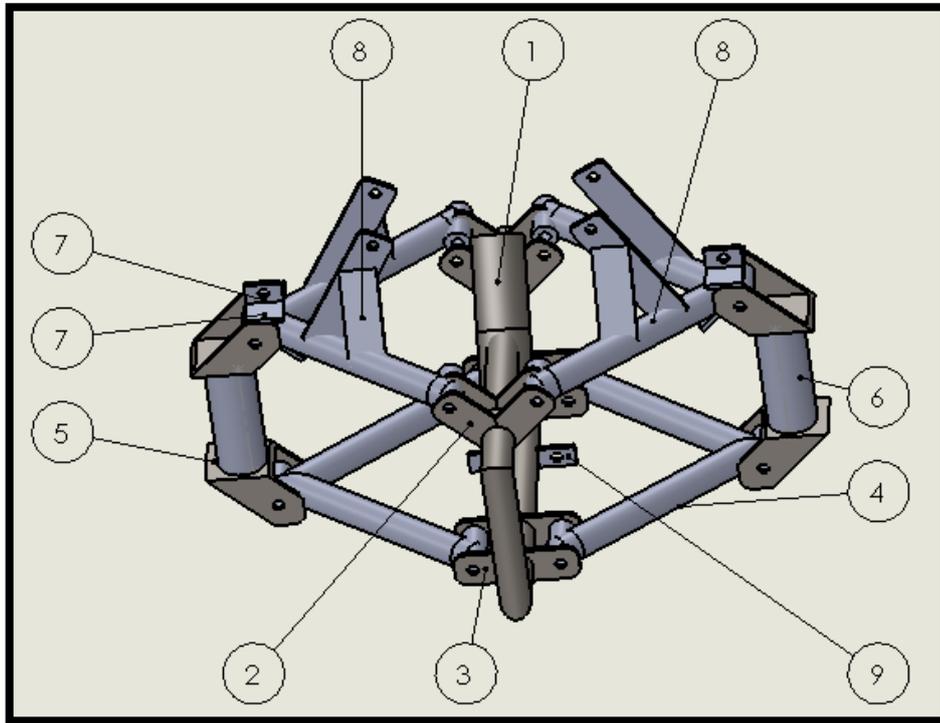


Figura 56-3: Lista de materiales de la suspensión

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Tabla 27-3: Características de las partes del Sistema de Suspensión

N.º de elemento	N.º de pieza	Cantidad	Longitud (mm)	Volumen (mm ³)	Catálogo (IPAC)	Peso (Kg)
1	1. Susp. (Arco)	1	780,8		1,15	0,898
2	2. Susp. (Agarre Superior)	8		5563,8	7,85E-06	0,349
3	3. Susp. (Agarre Inferior)	8		4560,44	7,85E-06	0,286
4	11. Susp. (Brazo)	2	500,19		1,15	1,150
5	4. Susp. (Agarre Inferior en U)	4		24564,88	7,85E-06	0,771
6	8. Susp. (Eje)	2	105		1,15	0,242
7	7. Ensamble agarre del muelle	2		6232,38	7,85E-06	0,098
8	12. Susp (Brazo_Superior)	2	500,19	47405,2	1,15	1,151
9	5. Susp. (Platina del muelle)	4		1905,52	7,85E-06	0,060
PESO TOTAL						5,006

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4 Carrocería.

3.4.4.1 Techo

Se utiliza una plancha de 0.9 con las siguientes dimensiones de 634 x 874 x 534 mm

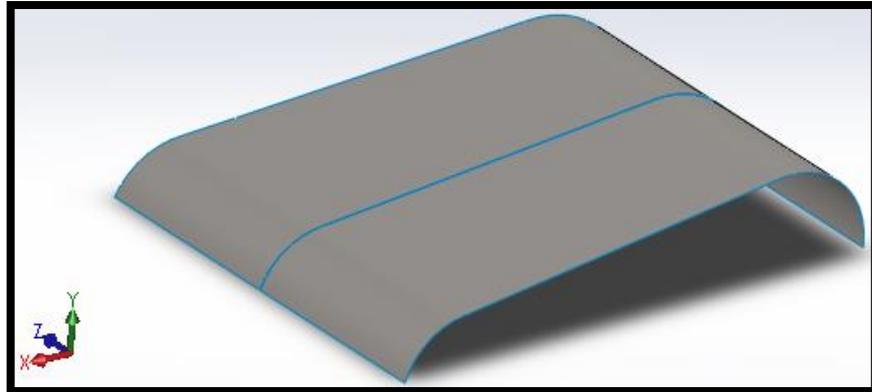


Figura 57-3: Vista Isométrica del Techo

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.2 Vidrios.

Se utiliza un vidrio de 700 x 254 mm y otro vidrio de 518 x 664 x 700 mm

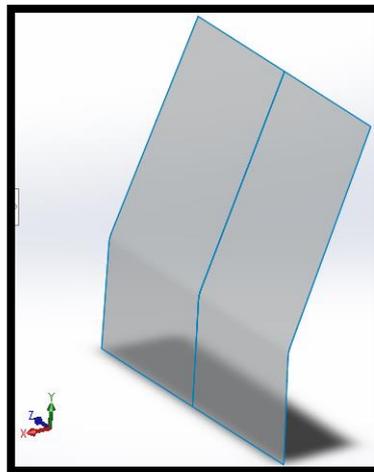


Figura 58-3: Vista Isométrica de Vidrios

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.3 *Capo.*

Se utiliza una plancha de 0.9 con las siguientes dimensiones de 700x968 mm

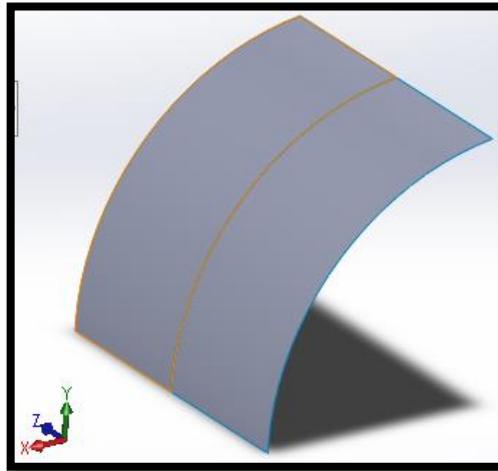


Figura 59-3: Vista Isométrica del Capo

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.4 *Ensamble de la carrocería.*

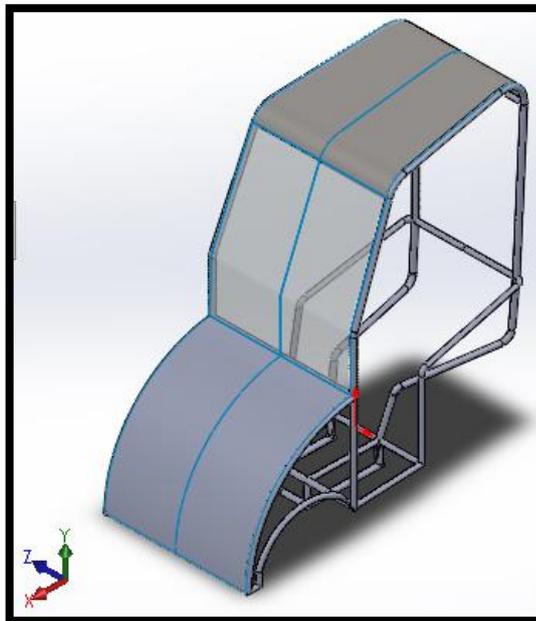


Figura 60-3: Ensamble de la carrocería

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.4.1 Diseño

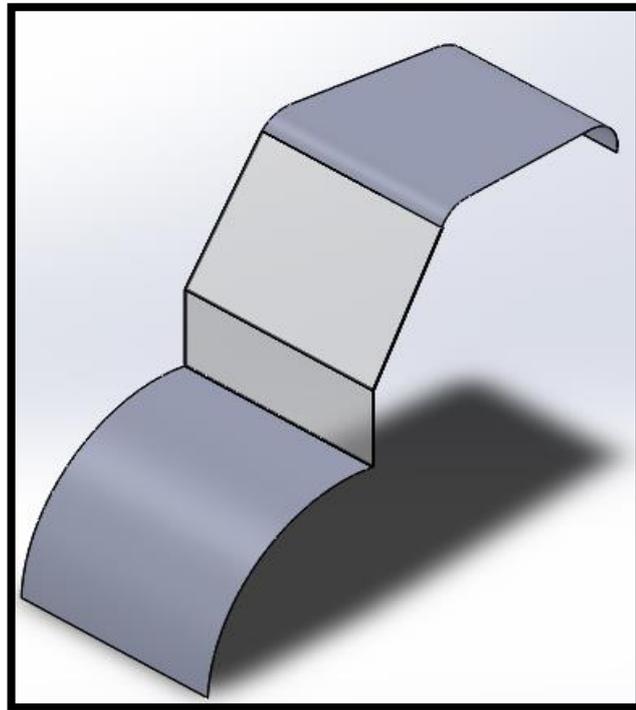


Figura 61-3: Diseño de Carrocería

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.5 Pasos para la simulación aerodinámica

En el apartado de “Tool Box” se selecciona la opción “Fluid Flow CFX” en la que nos permitirá hacer la simulación aerodinámica de la carrocería.

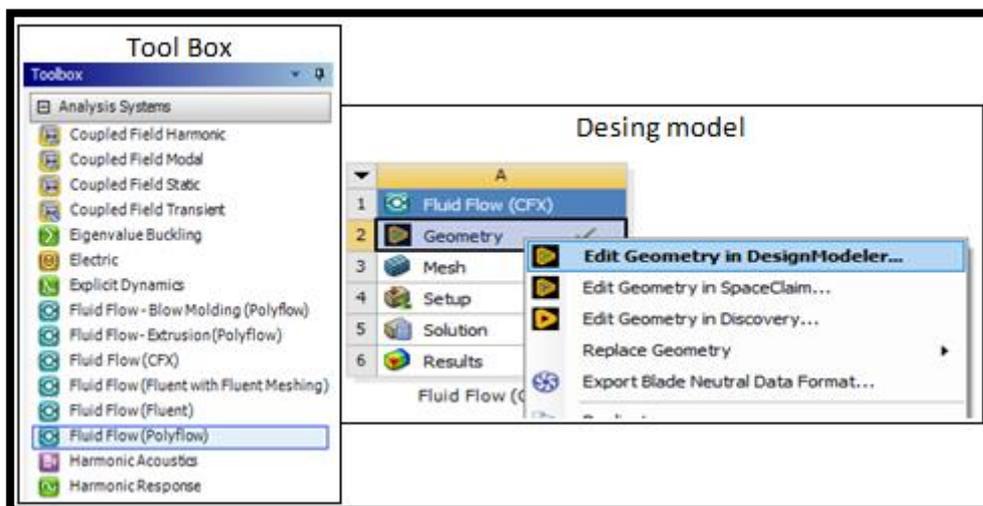


Figura 62-3: Caja de herramienta “Fluid Flow (CFX)”

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.5.1 Geometry

En el apartado de “Geometry” importamos la carrocería del vehículo eléctrico personal en la opción de “Desing Model” para proceder a crear el túnel de viento.

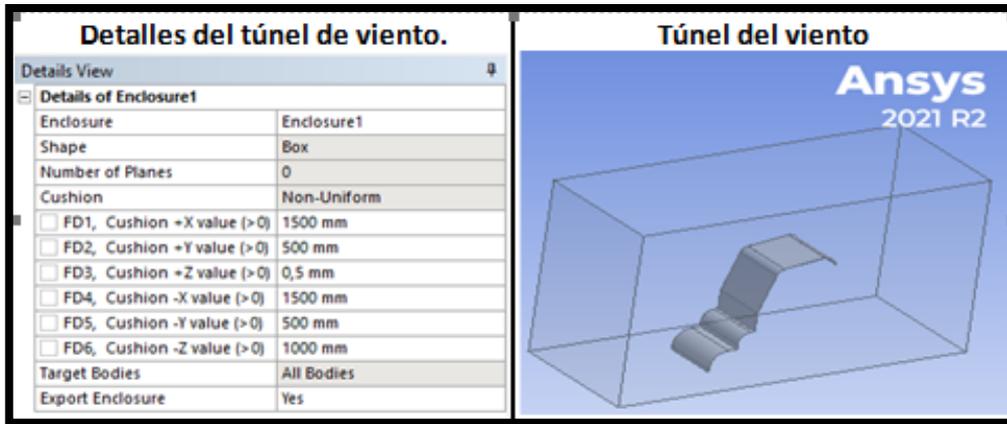


Figura 63-3: Túnel de viento y sus dimensiones

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.5.2 Named Selection

Asignamos nombres a las caras del túnel y a la carrocería con la opción de “Named Selection” donde se asigna como “Entrada” en la cara frontal del túnel de viento que representa el ingreso del aire, “Salida” a la cara posterior del túnel de viento donde sale el aire en la simulación, “Ambiente” se selecciona las caras laterales y superior donde hace referencia a lo que es el contorno del medio ambiente y “Pared” se selecciona la cara inferior del túnel y la carrocería ya que hace referencia por donde va a circular el viento.

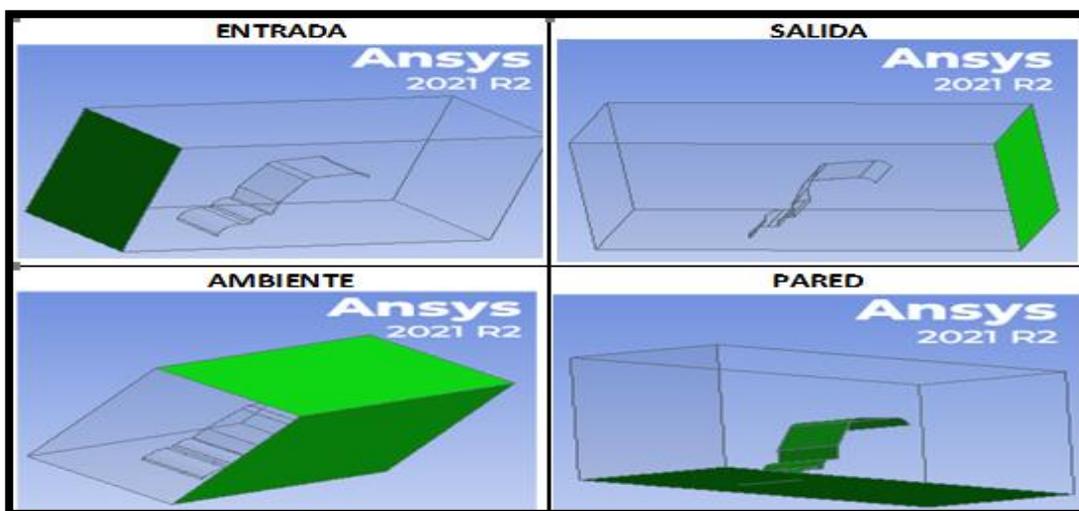


Figura 64-3: Asignación de variables a las partes del túnel de viento

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.5.3 Mesh

En la opción de Mesh generamos el mallado y en el aparato de detalles de malla en “Element Size” se deja el mallado que viene por defecto que es de 266.33 mm para no tener errores al generar el mallado.

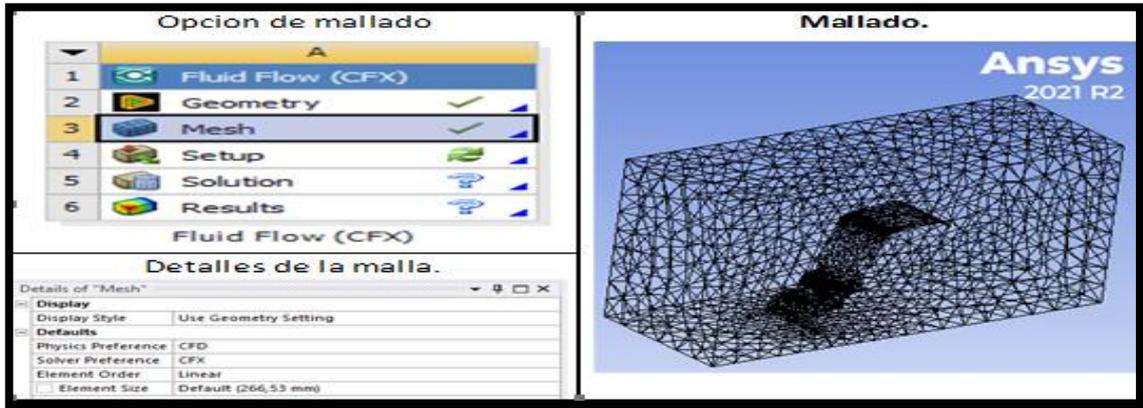


Figura 65-3: Detalles del mallado del tunel de viento

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.4.5.4 Setup

En la opción de “Default Domain” insertamos la opción de “Boundary” donde se va asignar las condiciones de frontera del túnel de viento y carrocería. Como datos iniciales se soloca en cuanto a la temperatura ambiente a 25 °C, velocidad del viento a 40 Km/h y una presión atmosférica de 1 atm, para luego proceder a ejecutar la solución.

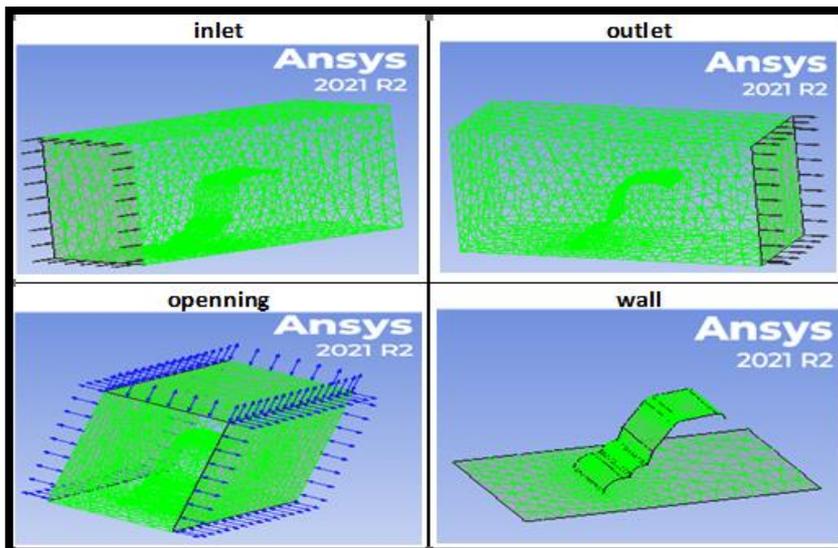


Figura 66-3: Condiciones de frontera del tunel de viento y carroceria

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5 Sistema de dirección

3.4.5.1 Volante

3.4.5.1.1 Plano

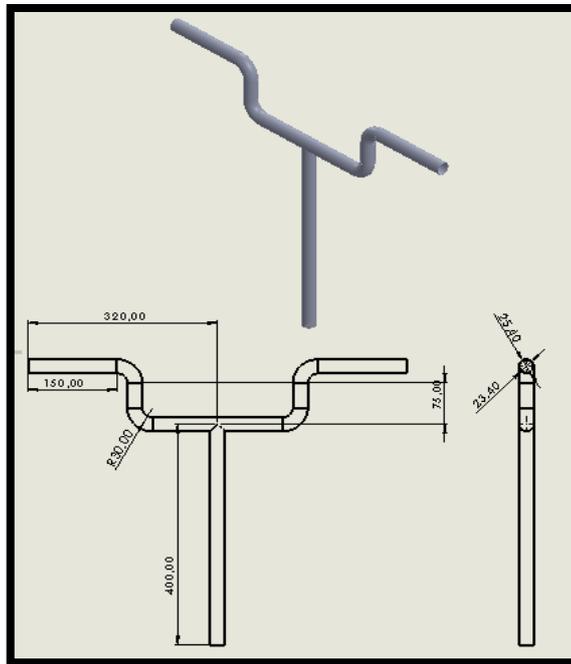


Figura 67-3: Plano del Volante

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.2 Platina del volante y terminales

3.4.5.2.1 Plano

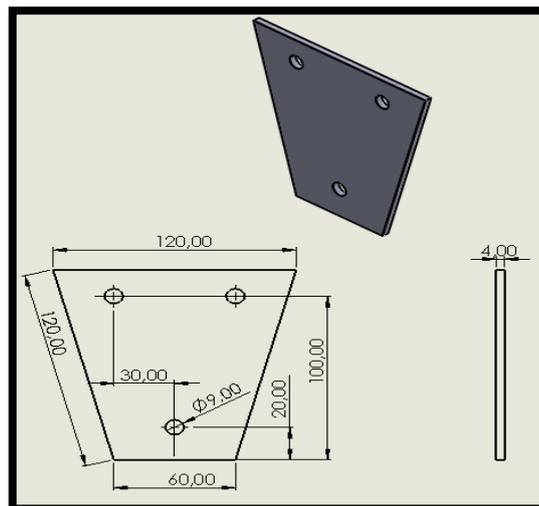


Figura 68-3: Plano de la platina del volante

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.3 Terminales

3.4.5.3.1 Plano

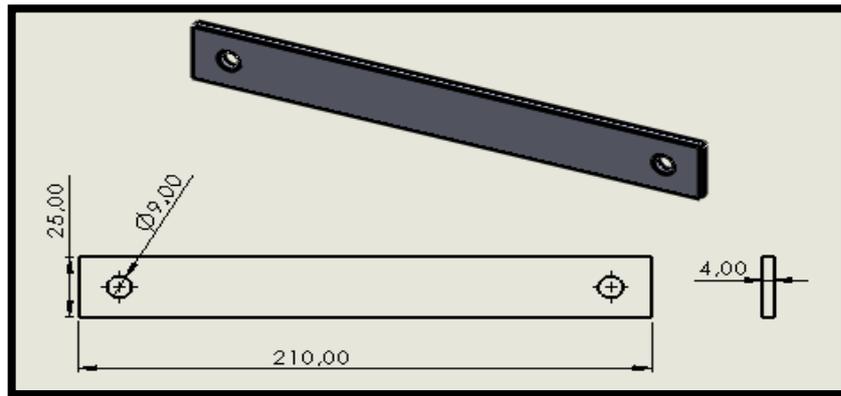


Figura 69-3: Plano de platinas del terminal

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.4 Platina del eje

3.4.5.4.1 Plano

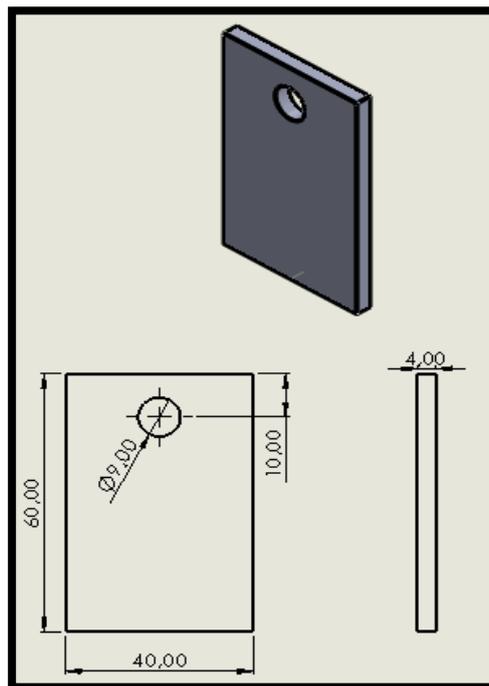


Figura 70-3: Plano de la platina del eje

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.5 Ensamble

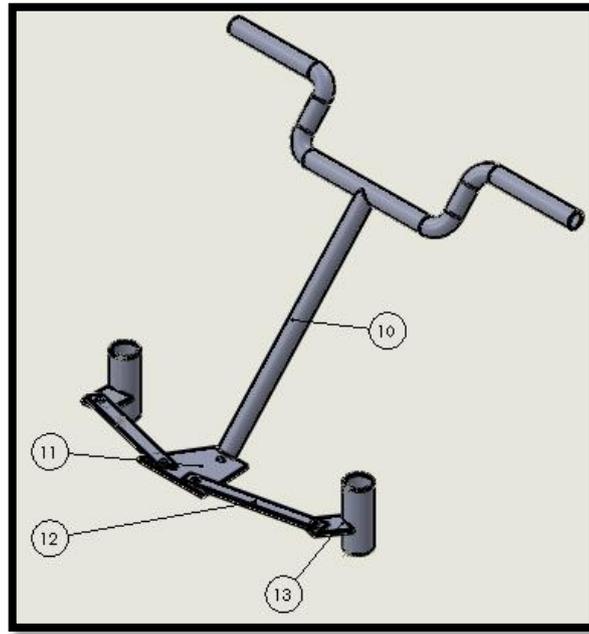


Figura 71-3: Ensamble del sistema de dirección

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.5.1 Lista de piezas

Tabla 28-3: Partes del Sistema de Dirección

N.º de elemento	N.º de pieza	Cantidad
10	15. Direc. (Volante)	1
11	16. Direc (Platina)	1
12	17. Direc. (Terminales)	2
13	18. Direc. (Platina)	2

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

3.4.5.6 Radio de Giro

Para determinar el radio de giro del vehículo nos basaremos en la geometría de Ackermann como se muestra en la siguiente figura.

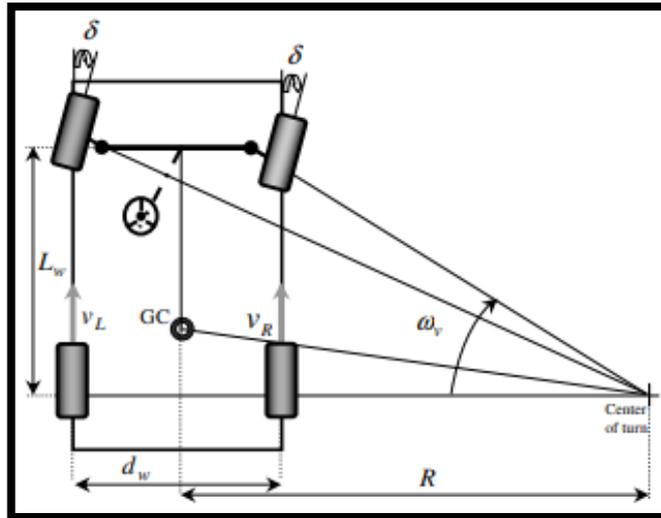


Figura 72-3:: Radio de giro

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Donde para calcular el radio de giro nos basamos en la imagen anterior.

$$\tan(\delta) = \frac{L_w}{R - \frac{d_w}{2}}$$

Donde:

δ : Angulo de dirección que se aplica a la rueda.

L_w : Distancia entre los ejes delanteros y traseros del vehículo.

R : Radio de curvatura que describe el vehículo.

Despejando el radio de curvatura se obtiene la siguiente formula.

$$R = \frac{L_w}{\tan(\delta) - \frac{d_w}{2}}$$

Para obtener el ángulo de dirección que se aplica a la rueda nos basamos en el diseño de SolidWorks para determinar el ángulo de giro que en este caso es de 11.39 grados

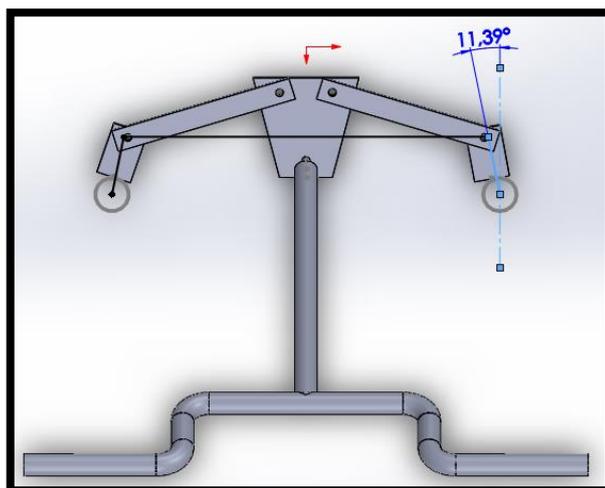


Figura 73-3: Ángulo de giro

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Donde se aplica la ecuación se obtiene el siguiente resultado de 6.88 m de radio de giro que tendrá el auto eléctrico.

Tabla 29-3: Datos de entrada para cálculo de Radio de Giro

Lw	0,85 m
dw	0,65 m
Ángulo	Radio de giro (m)
11,39	6,88

Realizado por: Bermeo, S;

Fogacho, L (2022)

3.4.6 Parqueo de un vehículo convencional

Según la normativa INE 2248., (2016), trata sobre el espacio de parqueo que debe tener un vehículo personal.

TIPO DE VEHÍCULO	DIMENSIONES MÍNIMAS (mm)			ver figura
	a	b	h	
L	2 400	2 400	2 200	6
N1 y M1	2 400	5 000	2 200	7
M2	2 400	5 400	2 600	8
SC	3 500	5 400	2 600	9

Leyenda

a ancho,
b longitud,
h altura mínima libre.

Figura 74-3: Dimensiones mínimas para plazas de estacionamiento vehicular

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Para cada tipo de vehículo se va a obtener dimensiones mínimas diferentes según indica la normativa INEN 2248. Para los vehículos de tipo N1 y M1 se tomará como referencia para determinar cuántos vehículos personales pueden entrar en esta zona de parqueo, donde tomara el ancho y la longitud como datos iniciales tanto como de la normativa y del vehículo eléctrico personal.

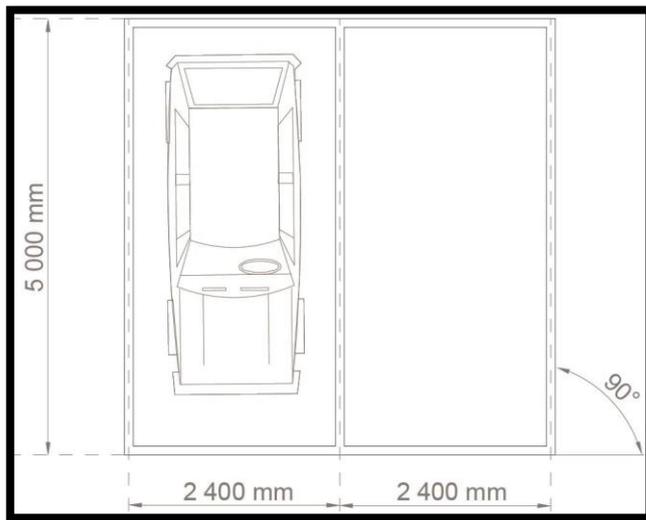


Figura 75-3: Dimensiones mínimas para vehículos de tipo N1 y M1

Fuente: ANET 2018. INEC (Lucero 2020)

Se procede a dividir el ancho del vehículo tipo N1 y M1 para el ancho que tiene el vehículo eléctrico personal para determinar cuántos vehículos entran a lo ancho en el espacio de estacionamiento de un vehículo personal, y lo mismo se procede hacer la división a lo largo respectivamente.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS.

4.1 Obtención de resultados.

4.1.1 Chasis

Como se observa en la imagen se obtiene valores críticos en el capo del chasis y en la parte del asiento donde en el capo del chasis se obtiene una deformación total de 1.439 mm, una presión directa en la parte inferior del asiento de 1.02 MPa y una máxima presión combinada en todo el chasis de 39.37 MPa.

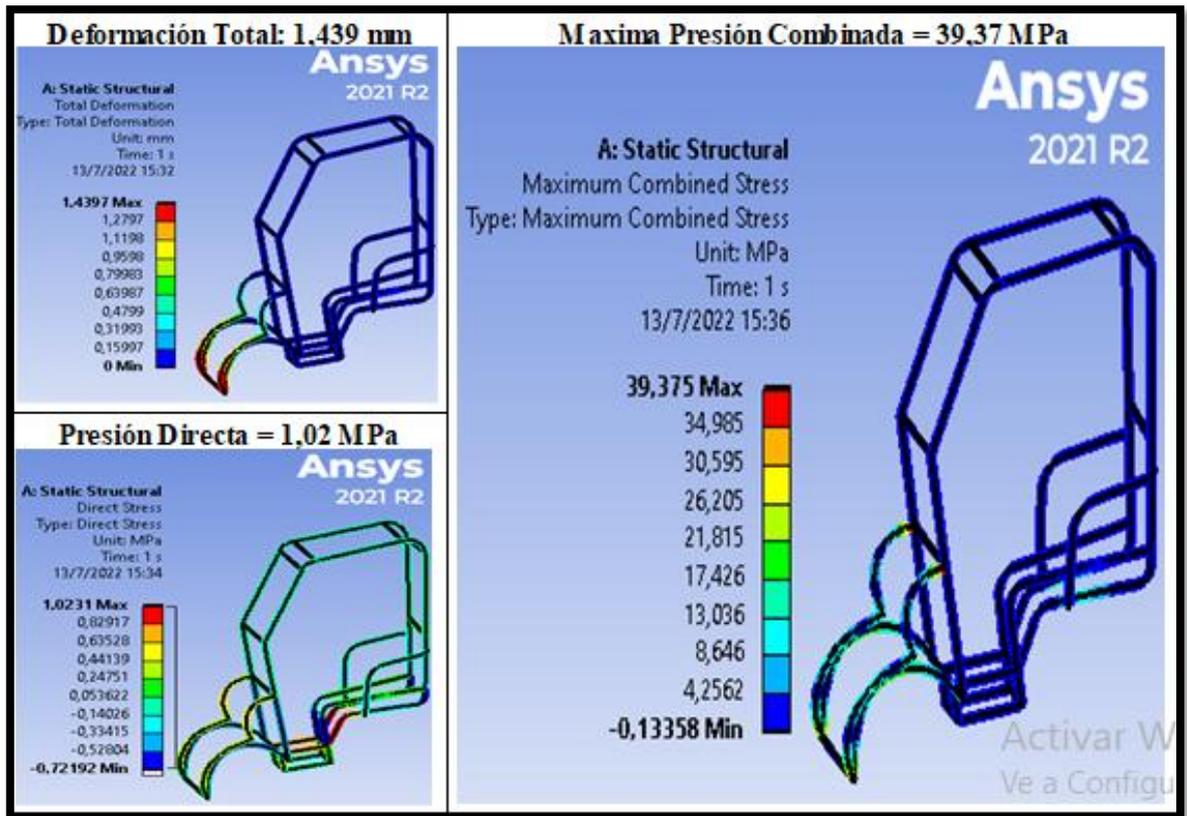


Figura 1-4: Deformación total, Presión directa y Máxima presión combinada

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.2 Sistema de suspensión.

4.1.2.1 Agarre superior

4.1.2.1.1 Resultados

Por medio del equivalente de von-mises se obtiene un esfuerzo máximo de 81.982 MPa dándonos un factor de seguridad de 3.05.

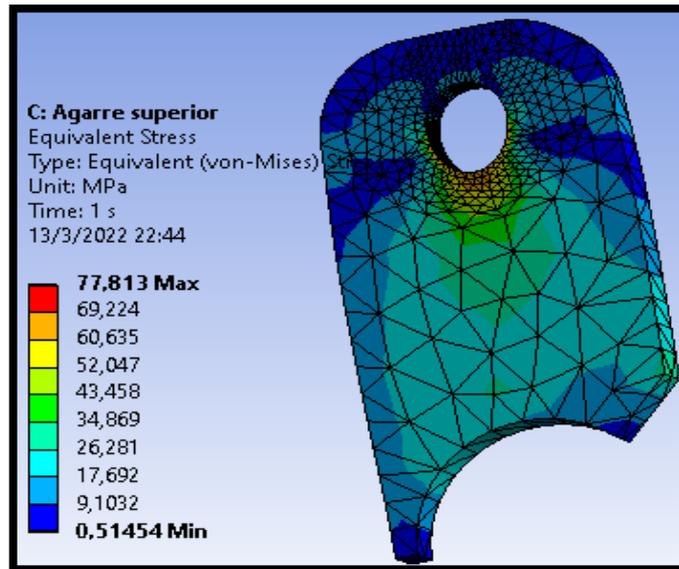


Figura 2-4: Análisis de deformaciones de agarre superior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.2.2 *Agarre inferior.*

4.1.2.2.1 *Resultados.*

Por medio del esfuerzo equivalente del von-mises se obtiene un esfuerzo máximo de 121,86 MPa dando un factor de seguridad de 2,05.

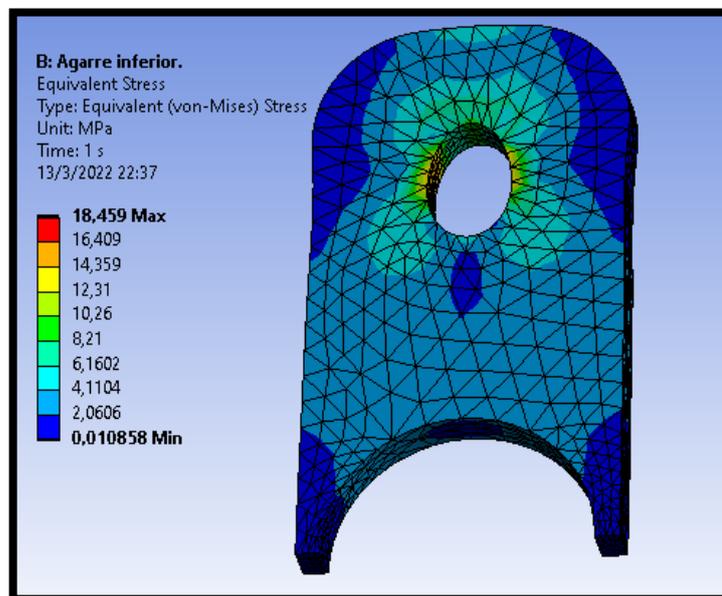


Figura 3-4: Análisis de deformaciones de agarre inferior

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.2.3 *Agarre en U.*

4.1.2.3.1 *Resultados.*

Mediante el esfuerzo equivalente de von-mises se obtiene un esfuerzo máximo de 141,71 MPa dando un factor de seguridad de 1.76.

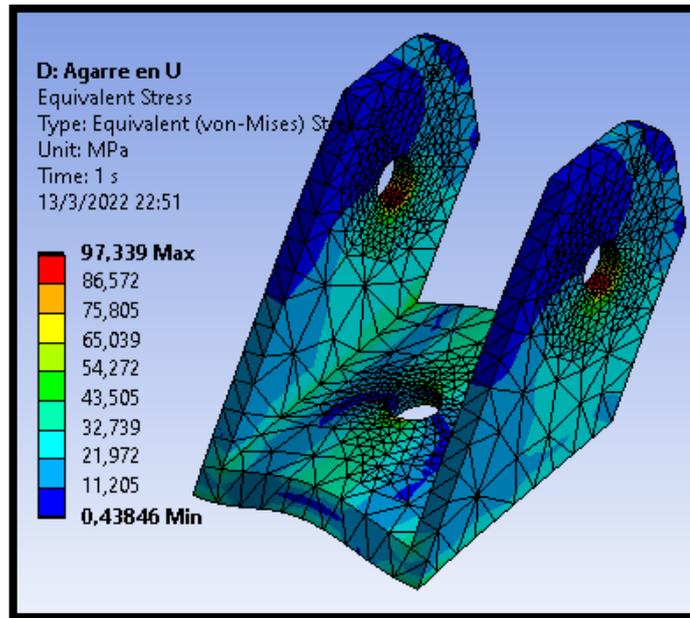


Figura 4-4: Análisis de deformación de agarre en U

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.2.4 *Agarre del muelle.*

4.1.2.4.1 *Resultados*

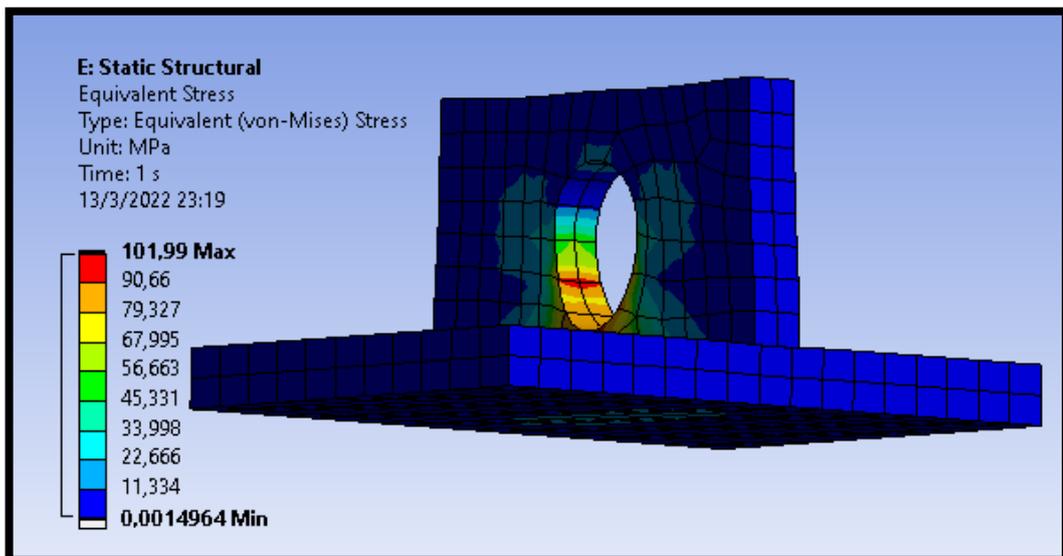


Figura 5-4: Análisis de deformación de agarre del muelle

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.3 Carrocería

4.1.3.1 Presión del viento en la carrocería

Para ver los resultados en la carrocería insertamos un contorno y ubicamos las paredes de las condiciones de frontera y como variable se selecciona la presión donde se obtiene un valor de 81.75 Pa en la parte frontal del vehículo.

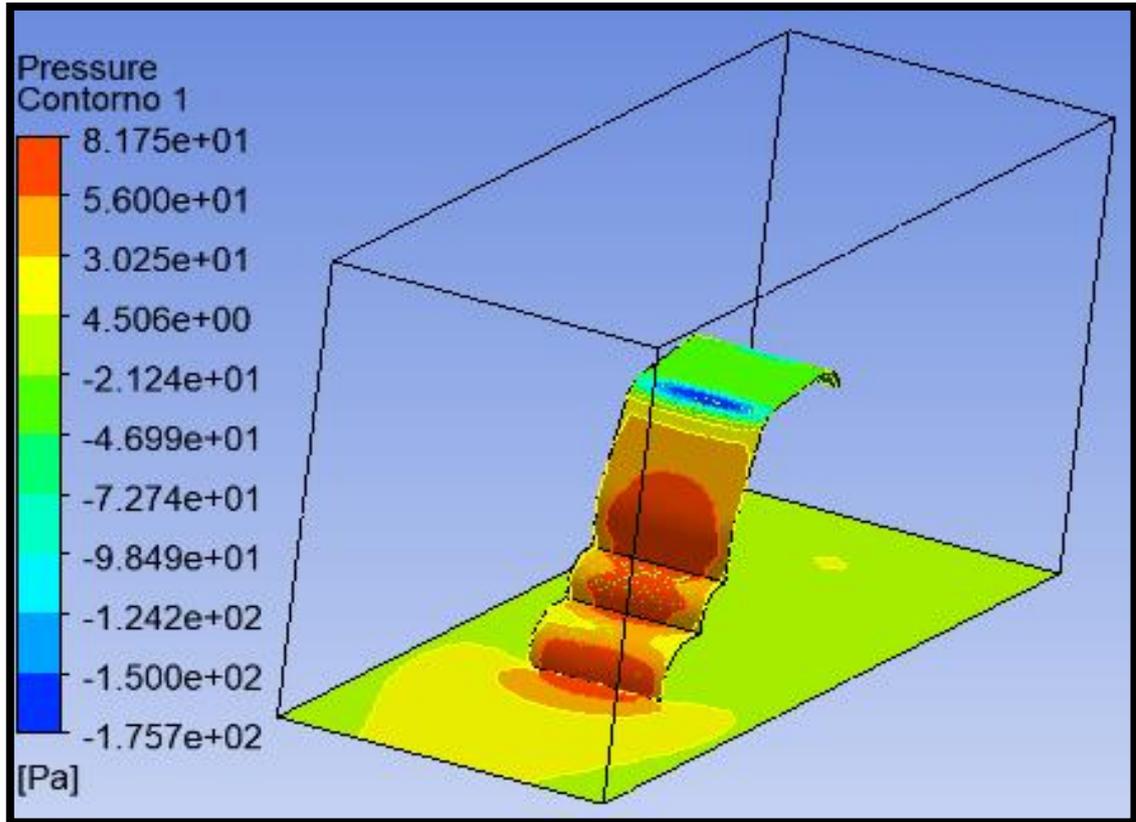


Figura 6-4: Presión del viento en la carrocería

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.3.2 Líneas de corriente

Se crea un plano para poder observar las líneas de corriente en la carrocería, y se observa que el viento a 40 Km/h no afecta al conductor por lo que el viento sigue la trayectoria que pasa por el contorno de la carrocería.

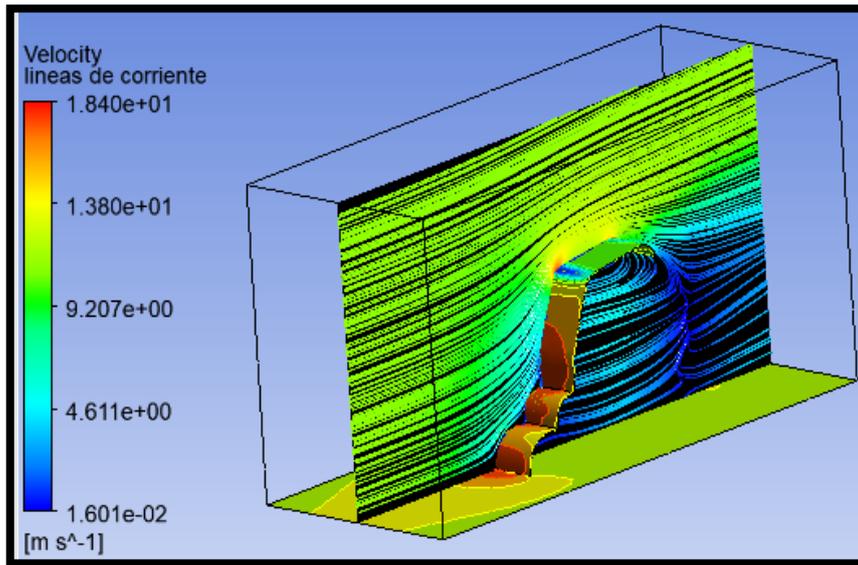


Figura 7-4: Líneas de corriente en la carrocería

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.1.3.3 Fuerza de arrastre

Por medio de la función Calcular se puede encontrar la fuerza que soporta la carrocería con una velocidad de 40 Km/h, donde la fuerza que actúa en la carrocería es de 47.18 N.

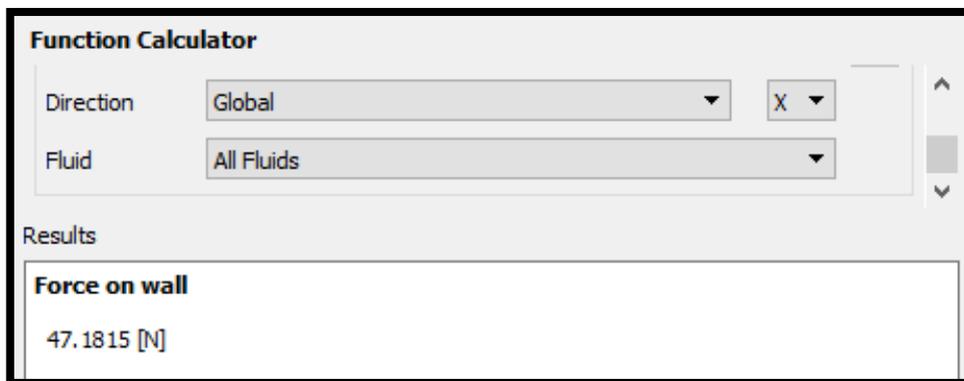


Figura 8-4: Valor de fuerza de arrastre con la función calcular de Ansys

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.2 Análisis de resultados.

4.2.1 Chasis

4.2.1.1 Deformación total

La deformación es de 1.439 mm que se da en la parte frontal del vehículo en la barrilla cuadrada de 10 mm en donde se encuentra el perfil del capo, esta deformación se da debido a la fuerza de arrastre que produce el viento a una velocidad de 40 km/h.

4.2.1.2 Presión directa

La deformación directa se da en el tubo de 25.4 mm que se ubica en el peso del asiento de la persona y las baterías, donde se obtuvo un esfuerzo directo máximo de 1.02 MPa

4.2.1.3 Máxima presión combinada

La deformación que se da en todo el chasis es de 39.37 MPa dándonos así un factor de seguridad de 6.35 en toda la estructura del chasis.

4.2.2 Sistema de suspensión.

Tabla 1-4: Análisis de resultados del sistema de suspensión

Sistema de Suspensión		
Esfuerzo Último	250	MPa
Piezas	Esfuerzo Max.	F.S
Agarre Superior	77,817	3,21
Agarre Inferior	18,459	13,54
Agarre en U	97,339	2,57
Agarre del Muelle	101,99	2,45

Realizado por: Berneo, S; Fogacho, L (2022)

4.2.3 Carrocería

4.2.3.1 Coeficiente aerodinámico

Se procede a calcular lo que es el coeficiente aerodinámico.

$$c_d = \frac{2F_d}{\rho v^2 A}$$

Fuerza de arrastre $F_d=47,1815$ N

Densidad del fluido $\rho=1,2$ kg/m²

Velocidad del objeto $v=40$ km/h = 11,11m/s

Área proyectada $A=0,834$ m²

$C_d = 0,763$

Se obtiene un coeficiente aerodinámico de 0.763 este dato se utilizará para el cálculo de la potencia del motor.

4.2.4 Resultados de espacio de estacionamiento

Se obtiene los resultados de cuantos vehículos entrarían en el espacio de cada tipo de vehículo, donde solamente se le toma en cuenta los números enteros sin decimales.

Tabla 2-4: Número de vehículos que ocuparía en los espacios de estacionamiento

Vehículo	Dimensiones mínimas (mm)		Largo	Ancho	Numero de vehículos.
	a	b			
L	2400	2400	3,43	1,85	4,00
N1 y M1	2400	5000	3,43	3,85	6,00
M2	2400	5400	3,43	4,15	7,00
SC	3500	5400	5,00	4,15	9,00
V. Personal	700	1300			

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

Se obtiene que 6 vehículos eléctricos personales entran en el espacio que ocuparía un vehículo de tipo N1 y M1, se determina que esta cantidad de vehículos eléctricos personales reducen el espacio de estacionamiento en un 16.66 % representando a un vehículo eléctrico personal.

4.3 Especificaciones técnicas.

Ficha Técnica del vehículo.

Tabla 3-4: Análisis de resultados de especificaciones técnicas

Ficha Técnica	
Distancia entre ejes lateral	94 cm
Ancho entre ejes frontal	62,5 cm
Ancho frontal	70 cm
Ancho lateral	130 cm
Altura	164 cm
Frenos	Tambor
Neumáticos	10''X 2,75
Motor	48V 500 W
Batería	12 V 20 A.h

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)



Figura 9-4: Ensamble total de monoplaza eléctrico

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

4.4 Manual de Mantenimiento del Vehículo.

Tabla 4-4: Manual del Mantenimiento del Vehículo

Manual de mantenimiento de monoplaza eléctrico	
Sistema de Chasis	
1	Lavado y engrasado de manera frecuente.
2	Limpiar las grasas sucias con el desengrasante del motor cada mes.
3	Remover la suciedad que puede causar el óxido de la parte inferior del auto, con cepillo o escobilla al menos una vez al mes.
4	Lubricar los componentes del chasis y repeler la humedad para evitar el óxido por cada remoción de suciedad.
5	Una vez realizado el proceso rociar toda la parte inferior con lubricante multiusos.
Sistema de Carrocería	
1	Moja la carrocería completa con agua tibia.
2	De forma separada disuelve champús para carrocería dentro de una cubeta.
3	Utiliza dicha preparación para enjabonar y a su vez limpiar la carrocería.
4	Quita el jabón con agua limpia y asegúrate de que quede limpio.
5	Si es posible seca la carrocería con toalla de algodón.

Sistema de Dirección	
1	Observar el desgaste de los neumáticos para verificar si la dirección funciona correctamente, si el desgaste es irregular; se deberá revisar las rótulas y demás elementos de la dirección.
2	Revisar periódicamente las piezas más utilizadas en la barra de dirección como son los extremos de dirección, la cremallera de dirección y los bujes de guía de la barra.
3	Es importante estar atento a cualquier ruido o vibración proveniente del sistema de dirección del monoplaza eléctrico.
4	Verificar estas pruebas con el vehículo en movimiento.
Sistema de Frenos	
1	Cuidar el sistema de frenos.
2	Actualizar o reponer las piezas del freno.
3	Revisar continuamente las zapatas o mordazas de freno.
4	Inspeccione el tambor en busca de oxidación, deformaciones, grietas, ranuras o abolladuras para frenar con eficacia.
Sistema de Suspensión	
1	Revisar el engrasado de chasis constantemente.
2	Corroborar el estado de las uniones de suspensión con frecuencia.
3	Revisar que no existan partituras o deformaciones irregulares en los resortes y amortiguador.
4	Realizar alineación y balanceo con una frecuencia promedio de 10.000 kilómetros.
Otros mantenimientos básicos automotrices	
1	Revisar el estado de la batería con frecuencia.
2	Examinar sus bornes
3	Comprobar el estado de carga de las baterías.
4	Mantener los cables forrados y aislados.
5	Verificar que la presión de los neumáticos se encuentre entre los 12 y 14 PSI.
6	Revise continuamente la altura de los faros, luces de posición, indicadores de dirección y frenos.
7	Verifique el estado de todas las luces antes mencionadas y su intensidad de luz es la adecuada, caso contrario es recomendable cambiar los focos afectados.

Realizado por: Bermeo, S; Fogacho, L (2022)

CONCLUSIONES

- Se logró caracterizar el prototipo acorde a la realidad que vivimos, tomando como uno de los entes primordiales la contaminación, es así como nuestro proyecto, al ser eléctrico elimina casi en su totalidad la contaminación ambiental, a comparación de los vehículos a combustión interna, debido a que no emana gases a la atmósfera.
- Actualmente nuestro país no cuenta con ningún tipo de matrícula y permisos de conducción para este tipo de vehículos, es así como tanto su adquisición como manejo son relativamente ajenos en cuestiones a la ley, lo que facilita e incrementa su aceptación dentro de la sociedad.
- Al ser nuestro prototipo generado específicamente para entornos dentro de la ciudad, su velocidad también es reglamentaria a las velocidades promedio y máxima con las que un conductor debe de transitar cualquier tipo de automotor en estos lugares, de este modo se ha visto prudencial que dicho prototipo posea una velocidad máxima de 30Km/h así como una velocidad promedio de 22Km/h.
- En cumplimiento de los objetivos planteados, se generó el diseño vehicular con dimensiones de 70 cm de ancho y 130cm de largo, logrando de este modo reducir el tránsito vehicular, así como también disminuir el espacio de estacionamiento de dichos prototipos, en donde se comprobó que en el lugar ocupado por un coche convencional pueden ingresar 3 o 4 prototipos de este tipo, esto dependiendo del área utilizada por el vehículo convencional en mención.
- Al poseer un sistema de frenado similar al de una bicicleta y tener dos ruedas delanteras con sistema de tambor, se ideó un nuevo anclaje de cables, con la finalidad de que las dos ruedas delanteras frenen de forma simultánea, este sistema se generó a partir de dos platinas; en donde la platina superior posee una brecha para anclar el cable conectado al freno, mientras que la platina inferior consta de dos brechas acopladas a los cables que salen de cada uno de los tambores de las ruedas delanteras.
- Se generó un asiento para que pueda ser ajustado por el conductor a su gusto al manejar, debido a que no todos poseemos la misma capacidad o características de equilibrio, por ende, es necesario mover el asiento de arriba hacia abajo y viceversa para que la conducción sea confortable y a su vez adecuada.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable plantear la ruta de recorrida antes de partir con el prototipo, debido a que al ser creado para funcionar dentro de ciudades su autonomía es de 30 km, es decir que solamente se podrá recorrer durante este kilometraje antes de que la batería llegue a su fin y sea nuevamente necesaria su carga.
- Para la creación de estos proyectos con este tipo de características se recomienda poner una especie de topes tanto en suspensión como en dirección que limiten su funcionamiento en su máximo esplendor, esto debido a que al ser suspensión tilting, tiende a virarse la o trabar cualquiera de las ruedas delanteras en el sistema de dirección cuando se lo expone a su máxima capacidad de funcionamiento.
- Se recomienda, usar solamente un amortiguador para la suspensión en la parte frontal en el presente prototipo, la explicación es que al ser una suspensión de aproximadamente 50 cm de largo sus espacios internos son demasiado pequeños para acoplar dos amortiguadores, lo que dificulta este proceso e incluso facilita el viraje del vehículo si se lo llegara a implementar.
- Es recomendable tener el asiento a una altura prudente del piso, casi a su máxima capacidad. Sin embargo, puede también ser ajustado a medida del conductor, la causa es que la estabilidad del monoplaza eléctrico, es brindada por el conductor, y mientras más alto se encuentre el asiento el conductor tendrá más fuerza para controlar la dirección y por ende el prototipo en general.
- Se recomienda poner a prueba cada uno de los procesos con puntos de suelda, antes del acoplamiento final, con el objetivo de corroborar su funcionamiento paso a paso, esto por si algo no resulta lo esperado para minorar tiempos de corrección.

GLOSARIO

VTH: Vehículo de Tracción Humana; es decir, un vehículo de 2 o más ruedas que tiene como única fuente de propulsión la fuerza proporcionada por el piloto a través de sus piernas.

PACEJKA: modelo de neumático de Pacejka que describe la fuerza de frenado.

AERODINÁMICA: Es la parte de la física que estudia las reacciones del aire sobre los Cuerpos que se mueven en él. Viento: Es el aire en movimiento. Viento relativo: Viento que se crea con movimiento.

AUTONOMÍA: se denomina así a la distancia máxima que puede recorrer un vehículo sin repostar combustible, o sin recargar las baterías si se trata de un automóvil eléctrico.

ASTM: (American Society for Testing and Materials) es una de las mayores organizaciones internacionales de desarrollo de estándares.

SOLIDWORKS: Es un software 3D CAD (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y dibujos en 2D. Este software proporciona una amplia gama de soluciones que cubren todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos.

ANSYS: Es el software líder de simulación CAE multi-física para análisis y simulación de elementos finitos (FEA). Esto incluye las etapas de pre-procesamiento, pago y posprocesamiento en una única plataforma de trabajo.

ANÁLISIS DINÁMICO: El análisis dinámico incluye el análisis de fuerzas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones que ocurren dentro de una estructura o estructura como resultado de desplazamientos y deformaciones que ocurren dentro de la estructura o mecanismo.

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE.** SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS. 2021, No.55. , no. 55, pp. 1-15.
- ALBERTO, R., NÁJERA, V., CAMPOS, D.A., FELIPE, C., ESPINOZA, R., CORRAL, C.P., LEONARDO, C., PINZÓN, G., CABERTA, R.Ñ., RODARTE, J. y GONZÁLEZ, J.R.**, 2013. Diseño de chasis para un monoplaza formula SAE. *CULCyT*, vol. 2, no. 50, pp. 57-87.
- ANDREA, M.** Preparan normativa para uso de segwey, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas en Quito. , 2020.
- AREVALO, C., MEDINA, A. y VALLADOLID, J.** Estudio cinemático y dinámico del sistema de suspensión de un monoplaza de competencia eléctrico Formula Student. , 2018 [en línea], pp. 21. DOI <https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.09>. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2018000200096&fbclid=IwAR2lWH0Hmf8Zm30prJLHk2G01BuUw14USz-T2O5GU2dxPVY9SvDTvFQEkk0.
- AUTO MAGAZINE.** Municipio categorizará vehículos eléctricos de movilidad personal. *Auto Magazine*. 2021
- BLOG VENTAGENERADORES.** Todos los tipos de motores eléctricos. *VENTAGENERADORES* . 2015
- COBA, C.** En Ecuador el 35% de vehículos causan altos niveles de contaminación. *El telégrafo*. 2015
- CUNALATA CUNALATA, C.W. y TERÁN VACA, J.S.** Diseño Y Construcción Del Bastidor Y Carrocería , De Un Vehículo Eléctrico Biplaza Cad-Cae Manufactura Ecuatoriana . 2014, pp. 1-181.
- DÁVALOS, N.** Quito es la primera ciudad de Ecuador con ‘scooters’ de uso público. *PRIMICIAS*. 2019
- EC.E-SCOOTER.** BICAR 3.0. [en línea]. Disponible en: <https://ec.e-scooter.co/bicar-3/>. EC.E-SCOOTER, [sin fecha]. BI CAR 3.0. *ec.e-scooter*. EL COMERCIO, 2019. El Municipio de Quito trabaja en regulación para control de ‘scooters’. *EL COMERCIO*.
- EL TELÉGRAFO.** El transporte motorizado es el que más contamina. *El telégrafo*. 2021
- ELECTROBIKE.** Magnos. *ELECTROBIKE*.
- ELECTROBIKE.** VELOCIFERO – MAD TRUCK. *ELECTROBIKE*.
- ENRIQUE.DANS.** Perspectivas de futuro del vehículo eléctrico. *Enrique.dans*. 2017
- ESCOBAR LUNA, L.E. y OVANDO BURGA, N.A.** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17. 2018. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26832%0Ahttp://repositorio.uta.edu>.

ec/jspui/handle/123456789/29865.

FLORES YASIG, E. omar y **GANBOA EUGENIO, M.E.** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART ELÉCTRICO UTILIZANDO MATERIALES MISTOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA*. S.l.: s.n. 2014. ISBN 0503420077.

GONZÁLEZ, Y.E., VIOLET, M.A. y AGUDELO, H.D. Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamblaje al chasis de un vehículo de tracción humana de tres ruedas tipo recumbent como alternativa de transporte en la ciudad de Montería. *Entre ciencia e ingeniería*, 2014. vol. 13, no. 25, pp. 35-44. ISSN 1909-8367. DOI 10.31908/19098367.4012.

IEA. Consumo de electricidad, Ecuador 1990-2018. *IEA*. 2018

IPAC. *Catalogo IPAC 2019*. 2019. S.l.: s.n. , 2019

LLIVISACA AUCAPIÑA, C. aAfredo. “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DE UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA FORMULA SAE ELÉCTRICO”. , 2018

LUCERO, K., Mientras el transporte público sea deficiente, el parque automotor seguirá engordando. 2020.

LUIS, Q., GUASCAL, E., FÈLIX, M. y OSCAR, A. Diseño Y Construcción De Un Chasis Para El Vehículo Tipo Formula Sae. *Espe* [en línea], 2016, pp. 231. Disponible en: http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9398/AC-ESPEL-MAI-0508.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2Nvel3reUD4aeYuWfxG0j5Fc_9s1OzGOBhqWbG0Ws_1IRkTIN3qSAJKpI.

MALDONADO-PÁEZ, F.E., LLANES-CEDENO, E.A., GUERRÓN-LÓPEZ, G.E. y ROCHA-HOYOS, J.C. Caracterización del diseño de la suspensión inclinable para vehículos de movilidad personal. *Informacion Tecnologica*, 2020, vol. 31, no. 3, pp. 87-102. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642020000300087.

MARTÍN, J. BiCar, un vehículo monoplace de motor eléctrico destinado al carsharing. *Hibridos y Electricos*. 2018

MARTINEZ, W., CORTES, C.A., MUNOZ, L.E. y YAMAMOTO, M. Design of a 200 kW electric powertrain for a high performance electric vehicle. *Ingenieria e Investigacion* [en línea], 2016, vol. 36, no. 3, pp. 66-73. ISSN 22488723. DOI 10.15446/ing.investig.v36n3.53792. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v36n3/v36n3a09.pdf?fbclid=IwAR2e6gFOTEPCHONiYZVH9b1gXTtG-iJnOCvfsecIyPlbkHq5TZ_-pJ8c0I0.

MECAFENIX. ¿Qué es una batería y como funciona? *Mecafenix*. 2021

MOGGIO ANDRÈS. *DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN DE UN VEHÍCULO DE FÓRMULA SAE* [en línea]. 2019. S.l.: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17987/u729085.pdf?sequence=1>

&fbclid=IwAR3DYtZyXzQhFh6BR-
RE7wtJjhaBF4hTTi8A1lajvgFeT22JZPTfMnXBcNY.

MOLINA REDROBÁN, R.D., JIMÉNEZ GONZÁLEZ, E.L. y CHICA CASTRO, L.A..

Diseño mediante simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica. *REVISTA CIENTIFICA DOMINIO DE LAS CIENCIAS*, 2019, vol. 5, no. 1, pp. 28-43. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i1.991>.

MURIAS, D. Historia de los coches eléctricos. *Motor Pasión*. 2019

PÉREZ DARQUEA, D.G. Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales.

Universidad Internacional del Ecuador, 2018. vol. 3, no. 3, pp. 23-34. DOI <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>.

PLACHAR, G. *Diseño y Cálculo de la Carrocería de un vehículo monoplaza para personas con Paraplejía* [en línea], 2012. S.l.: UNIVERSIDAD TÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Disponible en: [file:///C:/Users/Stalin Bermeo/Downloads/UPS-CT002508.pdf](file:///C:/Users/Stalin%20Bermeo/Downloads/UPS-CT002508.pdf).

ROCHA-HOYOS, J., TIPANLUISA, L.E., REINA, S.W. y AYABACA, C.R. Evaluación del sistema de tracción en un vehículo eléctrico biplaza de estructura tubular. *Informacion Tecnologica*, 2017, vol. 28, no. 2, pp. 29-36. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642017000200004.

ROMERO, D. La regulación a los «scooter» en Quito será según el tipo de motor. *EL COMERCIO*. 2021

SÁNCHEZ, Y. Diseño y simulado del sistema de propulsión de un triciclo eléctrico. *Revista Cubana de Ingeniería*, 2017, vol. VIII, no. 1, pp. 46-52.

SOCIEDAD DE TÉCNICOS DE AUTOMOCIÓN. *El vehículo eléctrico*. Primera. Barcelona: s.n. ISBN 978-84-938910-0-8. 2011.

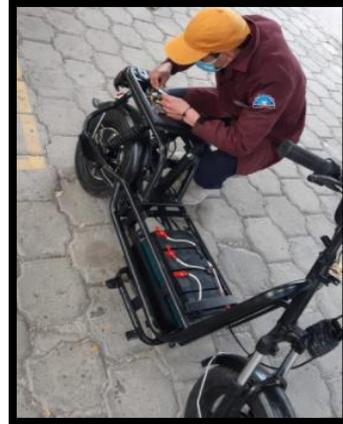
SUNTAXI, C., TORRES, G. y FÈLIX, M. Diseño y construcción de un sistema de dirección para un vehículo trimoto. [en línea], 2014, pp. 1-8. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/7738/AC-ESPEL-MAI-0452.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3L1Ii4V7vPS6Ju1kXm5t0-Sk-QJvsX4xfRMIuVh79A1v8JzItoAXBdCWU>.

TECNONE. El vehículo monoplaza Vector puede ser una solución a la congestión del tráfico en las ciudades. *Tecnoneo*. 2016

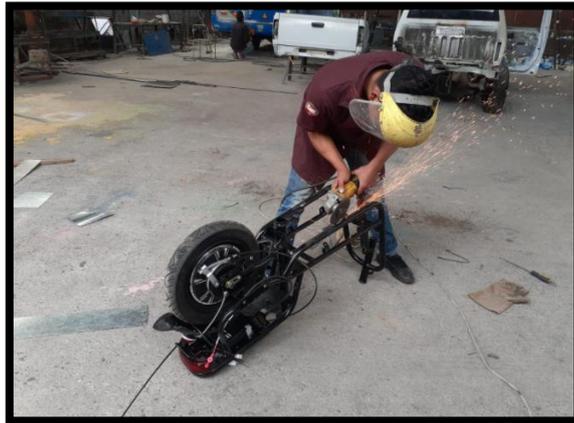
WASHINGTON, T. *Mantenimiento y Reparación del Sistema de Frenos de Aire en los Vehículos Isuzu a Diésel, dirigido a los Choferes de la Cooperativa de Transporte Trans Pusuquí* [en línea]. 2021. S.l.: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD. Disponible en: [http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23822/1/UCE-FIL-TUFIÑO WASHINGTON.pdf?fbclid=IwAR2A1cQv1T_CqE2lwU57a5etVyEU9MwFqBfJ2BMTz1EQZurB1GqzRfLnws4](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23822/1/UCE-FIL-TUFIÑO%20WASHINGTON.pdf?fbclid=IwAR2A1cQv1T_CqE2lwU57a5etVyEU9MwFqBfJ2BMTz1EQZurB1GqzRfLnws4).

ANEXOS

ANEXO A: *Obtención del Scooter Eléctrico para sustraer su motor de 500W, y conjunto: rueda- mordaza automotriz*



ANEXO B: *Desmantelación de los sistemas automotrices del Scooter Eléctrico*



ANEXO C: Doblado y estructuración del chasis del monoplaza eléctrico



ANEXO D: Construcción de las partes por separado del sistema de Suspensión Automotriz



ANEXO E: Ensamble mecánico de los sistemas automotrices





ANEXO F: Acabado estético del Monoplaza Eléctrico





