



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

## **DISEÑO DE UN SCOOTER ELÉCTRICO COMO ALTERNATIVA DE MOVILIDAD ECOAMIGABLE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

### **AUTORES:**

**CHRISTIAN RODRIGO VALDIVIESO VALDIVIESO**

**LUIS IVÁN SALAMEA ORTEGA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO DE UN SCOOTER ELÉCTRICO COMO ALTERNATIVA  
DE MOVILIDAD ECOAMIGABLE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** CHRISTIAN RODRIGO VALDIVIESO VALDIVIESO

LUIS IVAN SALAMEA ORTEGA

**DIRECTOR:** Ing. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Christian Rodrigo Valdivieso Valdivieso & Luis Iván Salamea Ortega**

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

Nosotros, Christian Rodrigo Valdivieso Valdivieso y Luis Iván Salamea Ortega, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 17 de marzo de 2022



**Christian Rodrigo Valdivieso Valdivieso**  
**0301740890**






**Luis Iván Salamea Ortega**  
**0106974462**

**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 DE UN SCOOTER ELÉCTRICO COMO ALTERNATIVA DE MOVILIDAD ECOAMIGABLE**, realizado por los señores: **CHRISTIAN RODRIGO VALDIVIESO VALDIVIESO** y **LUIS IVÁN SALAMEA ORTEGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-03-17
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-03-17
Ing. Javier José Gavilanes Carrión <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-03-17

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular va dedicado a mi familia y amigos, ya que sin su apoyo tanto moral como económico, no habría sido posible alcanzar ninguna de las metas que me he ido planteando en el transcurso de mi vida diaria y académica.

**Luis**

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a Dios por darme fortaleza para seguir adelante y poder cumplir mi objetivo. A mis padres Rodrigo y Maricela, que arduamente estuvieron apoyándome moral y económicamente, siempre sus valores y sus consejos fueron de gran importancia para poder cumplir mis estudios. A mis hermanas Alison y Tatiana que las amo mucho. A mis Abuelitos Eduardo, Florinda, Carmela y Bolivar además de mis tíos y primos que siempre me brindaron su confianza, ayuda y consejos. Finalmente, para mis amigos y profesores con los cuáles he vivido una parte de mi vida que se han convertido en mi segundo hogar en este tiempo en las aulas y les tengo mucho aprecio, llevo muchos recuerdos y consejos que me servirán para la vida.

**Christian**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme brindado apoyo en los momentos más difíciles y también salud para poder terminar mi carrera además a mis padres y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz quienes fueron parte de mi formación académica y personal. También un profundo agradecimiento a nuestro director y asesor, que aportaron con sus ideas y experiencias para lograr realizar el proyecto encomendado, además de ayudarnos a crecer no solo en el ámbito profesional sino también como personas de bien para la sociedad.

**Luis**

Agradezco a mi familia por ser los pilares de cumplir este sueño propuesto, por ser los mejores consejeros y por su apoyo incondicional en las cosas que he necesitado, siempre han estado dispuestos a guiarme y llevarme por el buen camino. Agradezco también a esta noble institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y darme una oportunidad para poder crecer como persona y poder convertirme en un profesional competente que brinde su ayuda a todas las personas que lo necesiten. Finalmente quiero expresar un agradecimiento a todas las personas que conforman la Carrera de Ingeniería Automotriz, a mi director y asesor que ayudaron a realizar este proyecto, por sus consejos y conocimientos que nos servirán para aplicarlos en nuestra vida profesional.

**Christian**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxiii
RESUMEN.....	xxiv
SUMMARY .....	xxv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	3
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	9
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	9
1.5 <i>Hipótesis</i> .....	10
1.6 <i>Marco teórico</i> .....	10
1.6.1 <i>Contaminación ambiental por gases de escape</i> .....	10
1.6.2 <i>Contaminación acústica</i> .....	11
1.6.3 <i>Congestionamiento vehicular</i> .....	11
1.6.4 <i>Software de Simulación</i> .....	12
1.6.5 <i>Motor eléctrico tipo hub (in wheel)</i> .....	12
1.6.6 <i>Controlador</i> .....	13
1.6.7 <i>Batería de ion-litio</i> .....	14
1.6.8 <i>Frenos de disco</i> .....	15



1.6.9	<i>Suspensión</i> .....	15
1.7	<b>Estado del arte</b> .....	15
1.7.1	<i>Diseño y análisis de chasis en prototipos de vehículos eléctricos</i> .....	16
1.7.2	<i>Análisis ergonómico del scooter eléctrico</i> .....	22
1.7.3	<i>Aerodinámica del scooter</i> .....	28
1.7.4	<i>Tren de potencia en prototipos de vehículos eléctricos</i> .....	30
1.7.5	<i>Autonomía de baterías en prototipos de vehículos eléctricos</i> .....	42

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	58
2.1	<b>Métodos de investigación</b> .....	58
2.2	<b>Métodos científicos</b> .....	59
2.3	<b>Metodología cuantitativa</b> .....	60
2.4	<b>Resumen de proceso</b> .....	61
2.5	<b>Modelado de chasis (CAD/CAE) y ergonomía</b> .....	62
2.5.1	<i>Modelado 3D de alternativas de chasis (SolidWorks 2020)</i> .....	62
2.5.2	<i>Selección de material</i> .....	86
2.5.3	<i>Análisis estático en el chasis</i> .....	88
2.5.4	<i>Selección de chasis</i> .....	95
2.6	<b>Modelado 3D de componentes del scooter (Solidworks 2021)</b> .....	95
2.6.1	<i>Neumático trasero y motor</i> .....	95
2.6.2	<i>Frenos: de disco mecánico</i> .....	104
2.6.3	<i>Dirección y suspensión</i> .....	105
2.6.4	<i>Asiento del scooter</i> .....	108
2.7	<b>Ergonomía del scooter eléctrico (Nx 1926)</b> .....	111
2.8	<b>Aerodinámica del scooter eléctrico (Solidworks 2021)</b> .....	116
2.9	<b>Tren de potencia y Autonomía de batería (Matlab y Simulink)</b> .....	123
2.9.1	<i>Selección de motor DC, batería y controlador</i> .....	123
2.9.2	<i>Definición de parámetros base y cálculo de área frontal</i> .....	128

2.9.3	<i>Simulación y diagrama</i> .....	129
2.9.4	<i>Selección de ciclo de conducción</i> .....	130
2.9.5	<i>Dinámica del vehículo</i> .....	132
2.9.6	<i>Batería y pruebas de autonomía</i> .....	136
2.10	<b>Análisis de variables</b> .....	138

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	141
3.1	<b>Resultados del análisis estático de chasis</b> .....	141
3.2	<b>Discusión de resultados del análisis estático de las alternativas de chasis</b> .....	147
3.3	<b>Resultados del modelo final de scooter eléctrico y peso total</b> .....	151
3.4	<b>Discusión de resultados del modelado final de scooter eléctrico</b> .....	156
3.5	<b>Resultados del análisis ergonómico</b> .....	156
3.6	<b>Discusión de resultados del análisis ergonómico</b> .....	161
3.7	<b>Resultados del análisis aerodinámico</b> .....	161
3.8	<b>Discusión de resultados del análisis aerodinámico</b> .....	165
3.9	<b>Resultados del Análisis de autonomía de batería</b> .....	165
3.10	<b>Discusión de resultados de la autonomía de baterías</b> .....	175

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	18080
--	---------------------------	-------

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	1822
--	------------------------------	------

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Nivel de ruido según tipo de vehículo .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Exportación de scooters eléctricos desde china.....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Rigidez de los chasis analizados en acero. ....	16
<b>Tabla 4-1:</b>	Tensiones de los chasis analizados.....	16
<b>Tabla 5-1:</b>	Desplazamiento máximo de los chasis analizados .....	17
<b>Tabla 6-1:</b>	Masa de los chasis estudiados. ....	17
<b>Tabla 7-1:</b>	Esfuerzos y deformaciones en el espesor .....	21
<b>Tabla 8-1:</b>	Resultados de carga vertical y lateral .....	22
<b>Tabla 9-1:</b>	Evaluación ergonómica por posturas de conducción.....	23
<b>Tabla 10-1:</b>	Factores de diseño de mayor prioridad.....	25
<b>Tabla 11-1:</b>	Valor del factor de seguridad con diferentes cargas aplicadas .....	26
<b>Tabla 12-1:</b>	Parámetros de scooter eléctrico. ....	28
<b>Tabla 13-1:</b>	Rendimiento del scooter eléctrico .....	31
<b>Tabla 14-1:</b>	Velocidades de ascenso .....	32
<b>Tabla 15-1:</b>	Cálculos de cargas y potencia.....	40
<b>Tabla 16-1:</b>	Variación corriente, potencia y SOC, en diferentes fases de trayectoria.....	43
<b>Tabla 1-2:</b>	Detalles estadísticos de malla. ....	92
<b>Tabla 2-2:</b>	Características del motor. ....	123
<b>Tabla 3-2:</b>	Características controlador. ....	124
<b>Tabla 4-2:</b>	Características batería ion litio 36V y 7.8Ah. ....	124
<b>Tabla 5-2:</b>	Características batería ion litio 36V y 10Ah. ....	125
<b>Tabla 6-2:</b>	Características batería ion litio 36V y 15.6Ah. ....	125
<b>Tabla 7-2:</b>	Scooter niubility. ....	126
<b>Tabla 8-2:</b>	Scooter J&LILI.....	127
<b>Tabla 9-2:</b>	Scooter vespa.....	127
<b>Tabla 10-2:</b>	Parámetros de scooter.....	129
<b>Tabla 11-2:</b>	Análisis estático con acero estructural con carga de 120 kg. ....	139

<b>Tabla 12-2:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.	139
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis estático con acero estructural con carga de 120 kg.	141
<b>Tabla 2-3:</b>	Análisis estático con acero estructural con carga de 200 kg.	143
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis estático con aluminio aleado con carga de 120 kg.	144
<b>Tabla 4-3:</b>	Análisis estático con aluminio aleado con carga de 200 kg.	146
<b>Tabla 5-3:</b>	Propiedades físicas del scooter con asiento.	154
<b>Tabla 6-3:</b>	Propiedades físicas del scooter sin asiento.	155
<b>Tabla 7-3:</b>	Resultados de ángulos de confort.	160
<b>Tabla 8-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.	165
<b>Tabla 9-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.	166
<b>Tabla 10-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.	166
<b>Tabla 11-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.	166
<b>Tabla 12-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.	167
<b>Tabla 13-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.	167
<b>Tabla 14-3:</b>	Medias de autonomía para batería de 36V 7.8Ah.	168
<b>Tabla 15-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.	169
<b>Tabla 16-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.	169
<b>Tabla 17-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.	169
<b>Tabla 18-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.	170
<b>Tabla 19-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.	170
<b>Tabla 20-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.	171
<b>Tabla 21-3:</b>	Medias de autonomía para batería de 36V 10Ah.	171
<b>Tabla 22-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.	172
<b>Tabla 23-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.	173
<b>Tabla 24-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.	173
<b>Tabla 25-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.	173
<b>Tabla 26-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.	174
<b>Tabla 27-3:</b>	Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.	174
<b>Tabla 28-3:</b>	Medias de autonomía para batería de 36V 15,6Ah.	174

<b>Tabla 29-3:</b> Análisis de diferencias significativas. ....	177
---	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Congestionamiento vehicular.....	12
<b>Figura 2-1:</b>	Motor in wheel.....	13
<b>Figura 3-1:</b>	Controlador. ....	13
<b>Figura 4-1:</b>	Batería ion-litio. ....	14
<b>Figura 5-1:</b>	Frenos de disco. ....	15
<b>Figura 6-1:</b>	Análisis de miembro delantero. ....	18
<b>Figura 7-1:</b>	Análisis de miembro posterior. ....	18
<b>Figura 8-1:</b>	Análisis de estrés.....	19
<b>Figura 9-1:</b>	Análisis de deformaciones. ....	19
<b>Figura 10-1:</b>	Marco fijo y condición de fuerza. ....	20
<b>Figura 11-1:</b>	Esquema para análisis de ergonomía. ....	23
<b>Figura 12-1:</b>	Modelos base para el diseño del scooter eléctrico. ....	24
<b>Figura 13-1:</b>	Ángulos de ergonomía. ....	27
<b>Figura 14-1:</b>	Esquema de scooter eléctrico en Matlab.....	31
<b>Figura 15-1:</b>	Configuración preliminar de motor en rueda. ....	33
<b>Figura 16-1:</b>	Motor CC excitado en el control de corriente de arranque. ....	34
<b>Figura 17-1:</b>	Motor DC sin carga $T_L = 0$ N.m.....	35
<b>Figura 18-1:</b>	Diagrama de controlador de motor BLDC.....	37
<b>Figura 19-1:</b>	Esquema de lo que obtiene la MCU.....	39
<b>Figura 20-1:</b>	Diagrama de bloques del módulo de E / S de CC motor. ....	41
<b>Figura 21-1:</b>	Bloque de constantes para la configuración de la batería. ....	44
<b>Figura 22-1:</b>	Función en MATLAB de intensidad.....	44
<b>Figura 23-1:</b>	Función en MATLAB de carga. ....	45
<b>Figura 24-1:</b>	Bloque de carga.....	45
<b>Figura 25-1:</b>	Cálculo de carga y descarga.....	46
<b>Figura 26-1:</b>	Representación calorífica.....	47
<b>Figura 27-1:</b>	Diagrama de bloques de DSMO para estimación de SOC y SOH.....	49

<b>Figura 28-1:</b>	Vista general del modelo.....	52
<b>Figura 29-1:</b>	Circuito equivalente de la batería descargándose. ....	53
<b>Figura 30-1:</b>	Diseño y la simulación de la carga multiestado de batería ion-litio. ....	54
<b>Figura 31-1:</b>	Diagrama de proceso de optimización de parámetros del controlador PID. ....	55
<b>Figura 32-1:</b>	Circuito equivalente simple de la batería. ....	56
<b>Figura 33-1:</b>	Modelo simulink de sistema híbrido. ....	56
<b>Figura 1-2:</b>	Selección de plano alzado. ....	63
<b>Figura 2-2:</b>	Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 1. ....	64
<b>Figura 3-2:</b>	Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 2. ....	64
<b>Figura 4-2:</b>	Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 3. ....	65
<b>Figura 5-2:</b>	Croquis para extrucción de corte alternativa 1. ....	65
<b>Figura 6-2:</b>	Extrucción de corte en la base de alternativa 1. ....	66
<b>Figura 7-2:</b>	Croquis para eje de agarre frontal. ....	66
<b>Figura 8-2:</b>	Extrucción de plano medio alternativa 1. ....	67
<b>Figura 9-2:</b>	Redondeo en bordes del eje. ....	67
<b>Figura 10-2:</b>	Revolución 1. ....	68
<b>Figura 11-2:</b>	Croquis de extrucción para anclaje. ....	68
<b>Figura 12-2:</b>	Extrucción de corte para anclaje. ....	69
<b>Figura 13-2:</b>	Croquis de parte posterior. ....	69
<b>Figura 14-2:</b>	Extrucción de parte posterior. ....	70
<b>Figura 15-2:</b>	Croquis para extrucción de parte posterior. ....	70
<b>Figura 16-2:</b>	Extrucción de corte parte frontal. ....	71
<b>Figura 17-2:</b>	Croquis de guardabarros alternativa 2. ....	71
<b>Figura 18-2:</b>	Extrucción de croquis para guardabarros. ....	72
<b>Figura 19-2:</b>	Plano de referencia sobre guardabarros. ....	72
<b>Figura 20-2:</b>	Extrucción de corte para guardabarros. ....	73
<b>Figura 21-2:</b>	Redondeos en alternativa 2. ....	73
<b>Figura 22-2:</b>	Extrucción de corte en cara inferior del chasis. ....	74
<b>Figura 23-2:</b>	Redondeos en bordes inferiores. ....	74

<b>Figura 24-2:</b>	Croquis de eje delantero.....	75
<b>Figura 25-2:</b>	Extrucción de croquis de eje delantero. ....	75
<b>Figura 26-2:</b>	Croquis para unión de trinche. ....	76
<b>Figura 27-2:</b>	Extrucción de plano medio. ....	76
<b>Figura 28-2:</b>	Croquis de extrucción de corte para agujero de unión.....	77
<b>Figura 29-2:</b>	Redondeo en bordes del eje de agarre.....	77
<b>Figura 30-2:</b>	Redondeo en bordes delanteros.....	78
<b>Figura 31-2:</b>	Croquis para la extrucción de la base superior.....	78
<b>Figura 32-2:</b>	Croquis para extrucción de corte en cara inferior parte posterior.....	79
<b>Figura 33-2:</b>	Extrucción de corte en cara superior parte posterior.....	79
<b>Figura 34-2:</b>	Extrucción de corte en base inferior del chasis alternativa 3. ....	80
<b>Figura 35-2:</b>	Agujeros para pernos que sujetan la tapa inferior.....	80
<b>Figura 36-2:</b>	Croquis para insertar plano de referencia. ....	81
<b>Figura 37-2:</b>	Plano de referencia.....	81
<b>Figura 38-2:</b>	Croquis de unión para trinche. ....	82
<b>Figura 39-2:</b>	Plano inclinado a 30°. ....	82
<b>Figura 40-2:</b>	Extrucción hasta la cara superior e inferior.....	83
<b>Figura 41-2:</b>	Croquis para agarre de freno.....	83
<b>Figura 42-2:</b>	Extrucción hasta siguiente cara.....	84
<b>Figura 43-2:</b>	Croquis para agujeros de sujeción de freno. ....	84
<b>Figura 44-2:</b>	Extrucción de corte para eje de rueda. ....	85
<b>Figura 45-2:</b>	Alternativa de chasis 1. ....	85
<b>Figura 46-2:</b>	Alternativa de chasis 2. ....	86
<b>Figura 47-2:</b>	Alternativa de chasis 3. ....	86
<b>Figura 48-2:</b>	Cuadro de opciones para editar el material. ....	87
<b>Figura 49-2:</b>	Alternativas de materiales.....	88
<b>Figura 50-2:</b>	Selección del tipo de análisis Static Structural. ....	89
<b>Figura 51-2:</b>	Editar material.....	89
<b>Figura 52-2:</b>	Cargar librería general. ....	90



<b>Figura 53-2:</b>	Selección de material a utilizar en el análisis.....	90
<b>Figura 54-2:</b>	Importar geometría desde SolidWorks. ....	91
<b>Figura 55-2:</b>	Configurar el análisis de los modelos. ....	91
<b>Figura 56-2:</b>	Tamaño de malla.....	92
<b>Figura 57-2:</b>	Fixed support 1. ....	93
<b>Figura 58-2:</b>	Fixed support 2. ....	93
<b>Figura 59-2:</b>	Remote force.....	94
<b>Figura 60-2:</b>	Modelo simulink de sistema híbrido.....	94
<b>Figura 61-2:</b>	Croquis inicial para neumático. ....	96
<b>Figura 62-2:</b>	Croquis de parte derecha del neumático. ....	96
<b>Figura 63-2:</b>	Revolución de neumático.....	97
<b>Figura 64-2:</b>	Simetría para neumático. ....	97
<b>Figura 65-2:</b>	Croquis para el aro del neumático.....	98
<b>Figura 66-2:</b>	Croquis para marcas del neumático. ....	99
<b>Figura 67-2:</b>	Profundidad de 1 mm.....	99
<b>Figura 68-2:</b>	Matriz circular de marcas del neumático. ....	99
<b>Figura 69-2:</b>	Croquis para corte de aro. ....	100
<b>Figura 70-2:</b>	Croquis para el diseño del aro.....	100
<b>Figura 71-2:</b>	Neumático con aro terminado. ....	101
<b>Figura 72-2:</b>	Modelo inicial de motor hub.....	102
<b>Figura 73-2:</b>	Croquis inicial sobre el motor.....	102
<b>Figura 74-2:</b>	Matriz circular sobre el motor hub.....	103
<b>Figura 75-2:</b>	Croquis final para diseño de motor hub. ....	103
<b>Figura 76-2:</b>	Modelo final de motor hub. ....	104
<b>Figura 77-2:</b>	Disco de freno. ....	105
<b>Figura 78-2:</b>	Croquis para timón del scooter. ....	106
<b>Figura 79-2:</b>	Extrucción de croquis para timón. ....	106
<b>Figura 80-2:</b>	Croquis de corte por todo el tubo.....	107
<b>Figura 81-2:</b>	Croquis de corte final.....	107

<b>Figura 82-2:</b>	Sistema de suspensión.....	108
<b>Figura 83-2:</b>	Croquis inicial del asiento.....	109
<b>Figura 84-2:</b>	Extrucción de croquis 18 mm. ....	109
<b>Figura 85-2:</b>	Curva característica del asiento.....	110
<b>Figura 86-2:</b>	Croquis para el acople de la base con el scooter.....	110
<b>Figura 87-2:</b>	Modelo final de asiento.....	111
<b>Figura 88-2:</b>	Selección de herramienta (Human).....	112
<b>Figura 89-2:</b>	Configuración de Humano, a) Primer análisis b) Segundo análisis.....	113
<b>Figura 90-2:</b>	Variedad de posturas para el humano. ....	114
<b>Figura 91-2:</b>	Ajuste de articulaciones. ....	115
<b>Figura 92-2:</b>	Evaluación del confort. ....	115
<b>Figura 93-2:</b>	Túnel de viento. ....	116
<b>Figura 94-2:</b>	Selección de sistema de medidas. ....	117
<b>Figura 95-2:</b>	Tipo de análisis. ....	117
<b>Figura 96-2:</b>	Selección de gas a aplicar. ....	118
<b>Figura 97-2:</b>	Condiciones ambientales. ....	118
<b>Figura 98-2:</b>	Ajuste frontal de túnel de viento.....	119
<b>Figura 99-2:</b>	Ajuste lateral de túnel de viento.....	119
<b>Figura 100-2:</b>	Selección de fuerza en el eje X. ....	120
<b>Figura 101-2:</b>	Configuración de malla.....	120
<b>Figura 102-2:</b>	Proceso de simulación.....	121
<b>Figura 103-2:</b>	Configuración de Cut Plots.....	121
<b>Figura 104-2:</b>	Configuración de Flow Trajectories. ....	122
<b>Figura 105-2:</b>	Selección de caras frontales del scooter.....	122
<b>Figura 106-2:</b>	Esquema eléctrico del tren de potencia.....	126
<b>Figura 107-2:</b>	Configuración dummy. ....	128
<b>Figura 108-2:</b>	Área frontal. ....	129
<b>Figura 109-2:</b>	Diagrama de scooter eléctrico.....	130
<b>Figura 110-2:</b>	Ciclo de conducción ECE R15 (four cycles). ....	131

<b>Figura 111-2:</b>	Sección 1 ciclo de conducción.....	131
<b>Figura 112-2:</b>	Constantes fuerza de resistencia a la rodadura.....	132
<b>Figura 113-2:</b>	Constantes fuerza de arrastre aerodinámico.....	133
<b>Figura 114-2:</b>	Constantes fuerza de ascenso a pendiente.....	133
<b>Figura 115-2:</b>	Factor de masa, fuerza neta y potencia mecánica.....	134
<b>Figura 116-2:</b>	Potencia mecánica final, potencia eléctrica y corriente.....	135
<b>Figura 117-2:</b>	Configuración de la batería en simulink.....	136
<b>Figura 118-2:</b>	Conexión de la batería.....	137
<b>Figura 119-2:</b>	Energía consumida.....	138
<b>Figura 1-3:</b>	Deformación direccional con acero estructural y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	142
<b>Figura 2-3:</b>	Tensión equivalente con acero estructural y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	142
<b>Figura 3-3:</b>	Deformación direccional con acero estructural y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	143
<b>Figura 4-3:</b>	Tensión equivalente con acero estructural y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	144
<b>Figura 5-3:</b>	Deformación direccional con aluminio aleado 1060 y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	145
<b>Figura 6-3:</b>	Tensión equivalente con aluminio aleado 1060 y carga de 120 kg alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	145
<b>Figura 7-3:</b>	Deformación direccional con aluminio aleado y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	146
<b>Figura 8-3:</b>	Tensión equivalente con aluminio aleado y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).....	147
<b>Figura 9-3:</b>	Scooter final con asiento.....	152
<b>Figura 10-3:</b>	Peso total del scooter eléctrico con asiento.....	152
<b>Figura 11-3:</b>	Scooter eléctrico final sin asiento.....	153
<b>Figura 12-3:</b>	Peso total del scooter eléctrico sin asiento.....	153
<b>Figura 13-3:</b>	Centro de gravedad del scooter con asiento.....	154
<b>Figura 14-3:</b>	Centro de gravedad del scooter sin asiento.....	155

<b>Figura 15-3:</b>	Confort del scooter para una persona de 1.65 m de altura. ....	158
<b>Figura 16-3:</b>	Confort del scooter para una persona de 1.75 m de altura. ....	158
<b>Figura 17-3:</b>	Confort del scooter para una persona de 1.87 m de altura. ....	159
<b>Figura 18-3:</b>	Diagrama para cálculo de ángulos humano de 50% a), humano de 85% b)..	160
<b>Figura 19-3:</b>	Comportamiento del aire al chocar con el scooter. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 20-3:</b>	Rango de presión que ejerce el aire. ....	163
<b>Figura 21-3:</b>	Rango de velocidad del aire. ....	163
<b>Figura 22-3:</b>	Fuerza en el eje X. ....	164

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Relación capacidad y demanda eléctrica nacional .....	7
<b>Gráfico 2-1:</b>	$\eta=f(PN)$ plot for $p=1$ .....	33
<b>Gráfico 3-1:</b>	Corriente de Armadura versus Torque Inducido. ....	36
<b>Gráfico 4-1:</b>	Velocidad Angular vs Corriente de Armadura. ....	36
<b>Gráfico 5-1:</b>	Velocidad Angular versus Torque Inducido.....	36
<b>Gráfico 6-1:</b>	Corriente de campo frente a la velocidad del motor.....	42
<b>Gráfico 7-1:</b>	Ciclos vs profundidad de descarga. ....	47
<b>Gráfico 8-1:</b>	Barrido de carga a diferentes "C" .....	48
<b>Gráfico 9-1:</b>	Resultados de SOH estimados bajo JC08.....	50
<b>Gráfico 10-1:</b>	Resultados de voltaje y corriente.....	51
<b>Gráfico 11-1:</b>	Vida útil de batería vs temperatura.....	52
<b>Gráfico 12-1:</b>	Característica de descarga a la corriente nominal. ....	54
<b>Gráfico 13-1:</b>	Resultados de la simulación de carga en el nivel de batería voltaje, SOC y corriente de carga. ....	55
<b>Gráfico 14-1:</b>	Velocidad $W_{mech}$ resultante.....	57
<b>Gráfico 1-2:</b>	Porcentaje de descarga, voltaje y corriente de batería.....	137
<b>Gráfico 1-3:</b>	Deformación direccional con carga de 120 kg. ....	148
<b>Gráfico 2-3:</b>	Deformación direccional con carga de 200 kg. ....	149
<b>Gráfico 3-3:</b>	Tensión equivalente de Von Mises con carga de 120 kg. ....	149
<b>Gráfico 4-3:</b>	Tensión equivalente de Von Mises con carga de 200 kg. ....	150
<b>Gráfico 5-3:</b>	Peso total según el material para cada alternativa de chasis.....	151
<b>Gráfico 6-3:</b>	Comparación entre pesos reales vs simulado. ....	156
<b>Gráfico 7-3:</b>	Comportamiento de la fuerza a través de iteraciones. ....	164
<b>Gráfico 8-3:</b>	Análisis ANOVA batería 36V 7.8Ah. ....	168
<b>Gráfico 9-3:</b>	Análisis ANOVA batería 36V 10Ah. ....	172
<b>Gráfico 10-3:</b>	Análisis ANOVA batería 36V 15.6Ah. ....	175

<b>Gráfico 11-3:</b> Autonomía a diferentes ángulos de pendiente y pesos, Batería 36V-7.8Ah a), Batería 36V-10Ah b) y Batería 36V-15.6Ah c). .....	176
<b>Gráfico 12-3:</b> Promedio de autonomía a diferentes ángulos de pendiente y pesos, Batería 36V-7.8Ah a), Batería 36V-10Ah b) y Batería 36V-15.6Ah c). .....	178

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA ENERGÍA CONSUMIDA.
- ANEXO B:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA RODADURA.
- ANEXO C:** ALGORITMO PARA FUERZA DE ARRASTRE AERODINÁMICO.
- ANEXO D:** ALGORITMO PARA FUERZA DE ASCENSO A PENDIENTE.
- ANEXO E:** ALGORITMO PARA CALCULAR EL FACTOR DE MASA.
- ANEXO F:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA FUERZA NETA.
- ANEXO G:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA MECÁNICA.
- ANEXO H:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA FINAL MECÁNICA.
- ANEXO I:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA ELÉCTRICA.
- ANEXO J:** ALGORITMO PARA CALCULAR LA CORRIENTE.
- ANEXO K:** PLANOS PARA DISEÑO DE SCOOTER ELÉCTRICO.

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue el diseño de un scooter eléctrico, a través de un software de simulación asistida por computadora exponiéndola como una alternativa de transporte urbano eco amigable, se inició con el diseño de tres alternativas de chasis en el software Solidworks 2021, asignando y probando dos diferentes materiales: acero estructural y aluminio aleado 1060 para obtener la masa total de cada alternativa y se sometió a cada alternativa a un análisis estático en el software Ansys 19.2 obteniendo la deformación direccional y esfuerzo de Von Mises que produce las cargas de 120 y 200 kg analizando su comportamiento y resistencia. Se modeló el sistema de dirección, tren de potencia y demás componentes para obtener el peso total del scooter final con y sin asiento que fue de 15.35 kg y 16.77 kg respectivamente. Se obtuvo el coeficiente aerodinámico (cd) de 0.6, también se realizó el análisis ergonómico del scooter en el software NX 1926 para tres diferentes tipos de personas tomando como base el promedio de altura en el Ecuador que está entre 1.64 m y 1.67 m, para probar su comodidad. Para finalizar se realizó el análisis de autonomía del scooter con tres diferentes tipos de baterías en el ciclo de conducción ECE R15 full velocity, con una superficie de 0° y una velocidad máxima de 14 m/s, se concluyó que la batería de litio de 36V 15.6 Ah ofrece una autonomía superior con promedio de 55.58 km, la alternativa 3 con aluminio aleado 1060 es mejor ya que presentó menor peso y deformaciones con las cargas asignadas, también se demostró la comodidad del scooter. Se recomienda utilizar Aluminio Aleado 1060, utilizar el software Nx 1926 para realizar el análisis ergonómico y utilizar una malla de 6 mm o menos para el análisis estático.

**Palabras clave:** < SCOOTER ELÉCTRICO >, < DISEÑO DE CHASIS >, < SIMULACIÓN CAD >, < ERGONOMÍA >, < AERODINÁMICA >, < SOLIDWORKS (SOFTWARE)>.

0883-DBRA-UPT-2022





## SUMMARY

This project aimed to design an electric scooter, through computer-assisted simulation software, showing it as an eco-friendly urban transport alternative. It began designing three chassis alternatives in Solidworks 2021 software, assigning and testing two different materials: structural steel and 1060 alloy aluminum, to obtain the total mass of each alternative. Each alternative was subjected to static analysis in the Ansys 19.2 software, obtaining the directional deformation and Von Mises stress produced by loads of 120 and 200 kg, analyzing their behavior and resistance. The steering system, power train, and other components were modeled to obtain the total weight of the final scooter with and without a seat, which was 15.35 kg and 16.77 kg, respectively. The aerodynamic coefficient (cd) of 0.6 was obtained, and the ergonomic analysis of the scooter was also carried out in the NX 1926 software for three different types of people based on the average height in Ecuador, which is between 1.64 m and 1.67 m, to test its comfort. Finally, the autonomy analysis of the scooter was carried out with three different types of batteries in the ECE R15 full velocity driving cycle, with a surface of 0° and a maximum speed of 14 m/s. It was concluded that the 36V 15.6 Ah lithium battery offers superior autonomy with an average of 55.58 km, alternative 3 with 1060 alloy aluminum is better since it presented less weight and deformations with the assigned loads, and the comfort of the scooter was also demonstrated. It is recommended to use Alloy Aluminum 1060, use the Nx 1926 software to perform the ergonomic analysis, and use a mesh of 6 mm or less for the static analysis.

**Keywords:** <ELECTRIC SCOOTER> <CHASSIS DESIGN> <CAD SIMULATION>  
<ERGONOMICS> <AERODYNAMICS> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>.

0883-DBRA-UPT-2022



Lcda. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs.

C.C. 06036101-3

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone diseñar un modelo de scooter eléctrico con asiento, además de la simulación del tren de potencia y presentarlo como una alternativa de micro movilidad amigable con el medio ambiente. El cual cumpla con los estándares de seguridad, confort y autonomía acorde a la demanda que existe en el mercado.

Los vehículos eléctricos también conocidos como EV (por sus siglas en inglés) son una alternativa tecnológica que promete reducir los gases contaminantes ocasionados por los motores de combustión interna, otro punto a favor de los vehículos eléctricos es el bajo ruido que ocasionan, por lo que también estaríamos mitigando de cierta manera la contaminación acústica presente en las grandes ciudades del mundo que poseen gran afluencia de vehículos día a día.

Por otra parte, los vehículos eléctricos intentan reducir la necesidad que tiene la población en general de realizar menores viajes y recorrer distancias más cortas. Según datos se tiene que las ventas de vehículos eléctricos en el mundo se han incrementado exponencialmente desde su primera aparición hace más de un siglo. Los países desarrollados son los impulsores de ventas de vehículos eléctricos como medida ante la dependencia que se tiene de los combustibles fósiles y contrarrestar el cambio climático.

La investigación e implementación de nuevas tecnologías en los medios de transporte en los países desarrollados y subdesarrollados, además de las energías limpias permiten el desarrollo de nuevas formas para transportarse. El país más avanzado en el uso de vehículos eléctricos es Noruega, en el año 2020 logro un hito histórico al convertirse en el primer país del mundo en obtener más del 50% de vehículos eléctricos en las nuevas matriculaciones, obteniendo grandes avances en su objetivo de descarbonizar todos sus vehículos, meta que se platearon cumplir en el año 2025, esto gracias a la implementación de puntos de recarga gratuitos, exención del IVA, parqueo gratuito además del permiso de circulación por lo carriles exclusivos de bus.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

A lo largo de los años se ha ido desarrollando y perfeccionando los motores eléctricos para ser utilizados en los automóviles y demás medios de movilización, cabe recalcar que el vehículo eléctrico fue desarrollado incluso antes que el de combustión interna. El motor eléctrico puede ser de corriente continua o corriente alterna y por lo general es una maquina electromecánica que convierte la energía eléctrica en energía mecánica (Aula 21, 2020). El principio de funcionamiento de un motor eléctrico se basa en la rotación electromagnética descubierta por Faraday, la cual demuestra que al aplicar una fuerza cuando una corriente eléctrica se encuentra en un campo magnético, crea un esfuerzo de torsión haciendo que el motor gire. Sus componentes principales son el estator, que es un cilindro que se mantendrá fijo y se encargará de transmitir el movimiento hacia el rotor mediante un campo magnético giratorio, el cual va conectado a engranes mediante un eje, y así dar movimiento a todo el vehículo; por último la bobina es un conjunto de alambres de cobre, el cual genera un campo magnético opuesto al rotor y de esta forma generar movimiento (M. y SPUCH, 2021).

En sus inicios los vehículos eléctricos no tuvieron gran popularidad, esto debido al alto costo que presentaba el recambio de sus baterías, puesto que no se utilizaban baterías recargables, las cuales no llegarían hasta finales del siglo XIX debido a las grandes invenciones de Gastón Planté y Camille Fauré (Murias, 2019). Tener la característica de poder recargar una batería dio un plus al vehículo eléctrico, para empezar a producirse y comercializarse, pero no es sino hasta el año 2015 que se tiene un despegue en el vehículo eléctrico llegando hasta los 1.26 millones de unidades vendidas, siendo el año de mayor crecimiento de este segmento (Almela, 2017, p.3). Para ganar esta popularidad el desarrollo en las baterías fue clave para generar el confort que se siente al conducir un vehículo de combustión interna y a las distancias que se pueden recorrer. Otro punto que ha impulsado al mayor desarrollo de vehículos eléctricos es la gran contaminación que presentan los gases contaminantes emitidos por el escape del motor de combustión, ya que existen una gran cantidad de vehículos de combustión en todo el mundo, lo que deriva a problemas de salud,

congestionamiento, contaminación y estrés. La concientización en las personas por ayudar a cuidar el planeta aumenta y con ello la búsqueda por nuevas fuentes de energía amigables con el ambiente y que faciliten la movilidad de las personas hacia sus destinos. De esta forma nace la idea de la micro movilidad impulsada eléctricamente, un ejemplo claro es el scooter eléctrico, que cumple con las características que se necesitan para contribuir en la solución de los problemas ya antes mencionados.

La primera patente de un patinete eléctrico funcional data del año 1895, un año antes de la creación del primer scooter a gasolina (Patinete electrico, 2018). El patinete se planteó en sus inicios como un juguete para niños, sin embargo, en la actualidad el scooter se convirtió en un medio de transporte de micro movilidad ideal para utilizar en las grandes ciudades del mundo. En los años 90, el uso del patinete como medio de transporte se encontraba consolidado, por lo que había que adaptarlo a los avances tecnológicos de la actualidad, de esta forma se le incorporo un motor eléctrico para minimizar el esfuerzo físico que implica su uso. Hoy en día, existen numerosas empresas que fabrican patinetes eléctricos, que con el tiempo van innovando e introduciendo mejoras constantemente, con el fin de satisfacer las necesidades y la demanda del mercado, teniendo en cuenta que a diferencia de los primeros modelos de patinetes eléctricos lanzados al mercado, los actuales son más económicos, ligeros y sobre todo sostenibles (Torres, 2019).

La batería es esencial en un scooter eléctrico ya que es la encargada de almacenar la energía eléctrica que luego será consumida por el motor de corriente continua, luces y controladores que posee el scooter (A, 2021). La gran mayoría de scooters eléctricos que existen en el mercado poseen un paquete de baterías de ion litio, esto debido a su densidad de energía, larga vida útil, ausencia del efecto memoria y muy ligera en comparación a otros tipos de baterías utilizadas en este modelo de vehículos monoplaça (Securame, 2017).

## **1.2 Planteamiento del problema**

La contaminación ambiental a medida que avanzan los años representa un tema de primordial importancia, ya que esto produce efectos perjudiciales para la salud de las personas e influye directamente en los drásticos cambios climáticos, esto debido al aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI), en especial por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) afectando principalmente a los países en desarrollo por su baja capacidad de adaptación. Estos gases emitidos principalmente por la gran cantidad de vehículos de combustión interna en el mundo. Esto genera congestionamiento vehicular sobre todo en horas pico causando también contaminación auditiva.

El rápido crecimiento del parque automotor en Ecuador y la existencia de un gran porcentaje de vehículos de mayor edad que combinados con la frecuente falta de espacios viales en el sector urbano y la gestión ineficiente del tránsito, genera contaminación ambiental, congestionamientos en las ciudades, aumento de estrés, problemas respiratorios y problemas de salud en general.  
¿El diseño de un scooter eléctrico permitirá aportar con una alternativa de micro movilidad y contribuir en la reducción de contaminación ambiental, la fácil movilidad en las zonas urbanas con mucho tráfico y la contaminación auditiva?

SITUACION PROBLEMÁTICA

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

FORMULACIÓN (Pregunta de Investigación)

OBJETO DE ESTUDIO

La implementación de scooters eléctricos como alternativa de micro movilidad eco amigable.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un scooter eléctrico, a través de un software de simulación asistida por computadora exponiéndola como una alternativa de transporte urbano eco amigable.

CAMPO DE ACCIÓN

El congestionamiento vehicular en los centros históricos de las principales ciudades del Ecuador, universidades, hospitales y parques.

PREGUNTAS CIENTÍFICAS

- ¿Cómo iniciar el diseño de un scooter eléctrico?
- ¿Cuál sería el mejor tren de potencia que se puede implementar para un mejor diseño de scooter eléctrico?
- ¿Cómo determinar si el chasis del scooter eléctrico resiste a las cargas ejercidas por parte de los usuarios?
- ¿Cuál sería la mejor opción para determinar el movimiento y la aerodinámica del scooter eléctrico?
- ¿Cómo ayudar a la reducción de contaminación ambiental causada por la emisión de gases de escape, disminuir la contaminación auditiva y el congestionamiento vehicular?
- ¿Cómo contribuir con los usuarios para la fabricación de sus propios scooters eléctricos?

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un diseño conceptual del scooter, partiendo desde el chasis, sus diferentes sistemas, tren de potencia y carrocería a través de la bibliografía adecuada y bajo los criterios de diseño de un vehículo.
- Modelar todos los componentes del scooter, utilizando un software CAD y CAE.
- Analizar el comportamiento estructural mediante un software de simulación asistida por computadora, para observar los esfuerzos que producen las cargas del motor, pasajero y conjunto de baterías.
- Simular movimiento del ensamble general y sub ensambles, ergonomía y aerodinámica utilizando la paquetería de movimiento y análisis CFD.
- Presentar una alternativa de micro movilidad que disminuya la emisión de gases contaminantes y evite la contaminación auditiva.

HIPÓTESIS

La implementación de vehículos eléctricos va a ser una innovación en la forma de transporte personal, su producción genera nuevas fuentes de empleo y cambios en la matriz productiva del Ecuador. Además de reducir las emisiones de gases contaminantes y la contaminación auditiva.

CATEGORÍAS

Vehículos Alternativos  
Micro movilidad  
Diseño Asistido por Computadora  
Consumo de Energía

La contaminación ambiental a medida que avanzan los años representa un tema de primordial importancia, ya que esto produce efectos perjudiciales para la salud de las personas e influye directamente en los drásticos cambios climáticos, esto debido al aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI), en especial por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) afectando principalmente a los países en desarrollo por su baja capacidad de adaptación (Andrade-Castañeda et al., 2017, p.105).

Cabe recalcar que en Ecuador la calidad de los combustibles es muy baja. La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), informó que en Ecuador se venden combustibles que cumplen con las exigencias de la norma Euro 2, y por lo tanto es uno de los combustibles con más baja calidad en la región, el diésel en cambio solo cumple con los requisitos para la norma Euro 1. En Europa, ya se planea implementar la norma Euro 7 y, en nuestra región, Chile planea implementar la norma Euro 6 entre el 2022 y 2024, lo que quiere decir que Ecuador tiene un retraso de más de 20 años y los motores que se utilizan tienen una tecnología que requiere trabajar con combustibles Euro 3 o superior (COMUNICACIÓN, 2020, p.33).

Otro factor es la contaminación acústica que puede llegar a provocar estrés, fatiga, nerviosismo, trastornos del sueño, entre otros. Afectando así la salud de las personas que diariamente están expuestas a este tipo de contaminación. El objetivo del uso de los vehículos eléctricos es una manera de reducir la contaminación acústica y de tener una libre circulación sin ninguna restricción, en la tabla 1-1 se puede observar el nivel de ruido según los vehículos. Por ejemplo, en ciudades de Europa, se prohibió el ingreso de vehículos de combustión interna a los centros históricos de las ciudades, esto debido al ruido y gases contaminantes que estos generan (Vélez Sánchez, 2017).

**Tabla 1-1:** Nivel de ruido según tipo de vehículo

<b>TIPO DE VEHICULO Y FUNCIONAMIENTO</b>	<b>L. Db (A)</b>
Ciclomotores	73
Motocicletas	78
Automóviles	
Motor a gasolina	70.5
Motor a diésel	72
Furgonetas	
Motor a gasolina	72.5
Motor a diésel	75
Autobuses	
Arranque	77
Acelerado (Vel: 30-40 km/h)	82.5
Camiones	
Potencias = 105 kw	79.5
Potencias = 150 kw	82.5
Potencias > 150 kw	85

**Fuente:** (Vélez Sánchez, 2017).

El rápido crecimiento del parque automotor en Ecuador y la existencia de un gran porcentaje de vehículos de mayor edad que combinados con la frecuente falta de espacios viales en el sector urbano y la gestión ineficiente del tránsito, genera congestionamientos en las ciudades, aumento de estrés, problemas respiratorios y problemas de salud en general.

La infraestructura de Transporte Sustentable (STI) se está desarrollando rápidamente en todo el mundo. Para reducir la creciente demanda de combustibles fósiles y eliminar la contaminación ambiental y la emisión de ruido, los sistemas de transporte ecológicos se están volviendo cada vez más célebres. Su virtud comparativa es la eficiencia evidente, ya que para los motores a gasolina tienen una eficiencia de 25 – 28%, y un diésel hasta el 40%, un motor eléctrico de inducción en corriente alterna tiene una eficiencia del 90% y no emite gases contaminantes (Chowdhury et al., 2018, p.2).

Un nuevo medio de transporte para el mercado alemán son los vehículos eléctricos ligeros particulares (PLEV). Gracias a su diminuto tamaño y portabilidad, los PLEV poseen un potencial relevante para la interconexión de diversos medios de transporte en una cadena de viajes intermodal; ejemplificando, es viable tomar un PLEV en transporte público o en carro. Como resultado de esta propiedad, esta modalidad de transporte es ideal para superar el problema del primer y último kilómetro (Edel et al., 2021, p.12). El término de ciudad verde es una de las realidades del futuro. Las interrelaciones entre carros, viviendas, ferrocarriles o cualquier otro elemento de la localidad inteligente, no son el exclusivo componente que coopera a la formulación de este concepto; a partir de un criterio energético, se necesita que los elementos usen energía verde para no contaminar el medio ambiente (Miraftabzadeh et al., 2021, p.1).

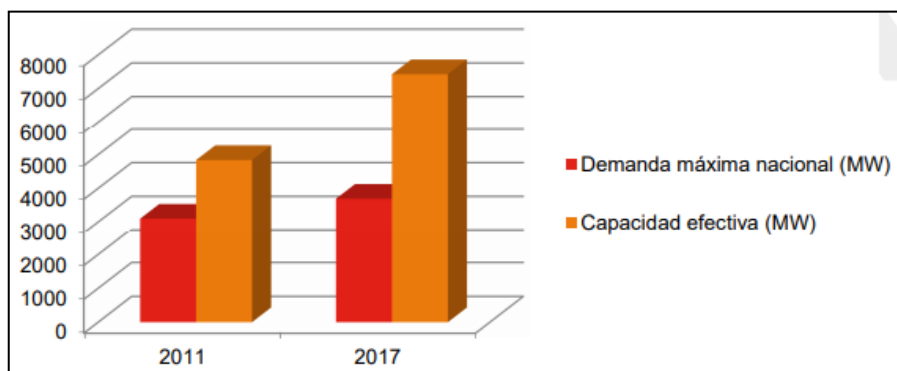
Ya que los patinetes eléctricos casi no necesitan esfuerzo físico para acelerar, con la función de conseguir velocidades más altas que las bicicletas, su uso frecuente ser menos oneroso que la utilización de una bicicleta, además los patinetes eléctricos tienen la posibilidad de tejer por medio del tráfico congestionado, volviéndose competitivo en la zona urbana. Por consiguiente, sus ventajas hacen que el scooter eléctrico sea adecuado y competitivo transporte urbano, con un beneficio adicional de sostenibilidad ambiental comparativamente con la movilidad privada usual y el carsharing que consume más energía (Baek et al., 2021, p.1).

### **1.3 Justificación**

El transporte público y privado evoluciona año tras año, pero los gases que emiten los autos son una fuente de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero (Leguísamo Milla et al., 2020,

p.1). Por esta razón la industria automotriz se está inclinando cada vez más por vehículos eléctricos, siendo estos considerados una buena alternativa a la creciente concientización de la población referente a la minimización de gases contaminantes al medio ambiente y sobre todo porque los diseños y formas que tienen son muy similares a los vehículos convencionales.

Ecuador tiene varios proyectos hidroeléctricos y con la implementación de 5 de las 8 hidroeléctricas, más del 80% de la energía que se consume proviene de fuentes hidrológicas (Quishpe Gaibor, 2019). En Ecuador se registró una producción de 28049.846 GWh según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad. La capacidad efectiva en generación de energía que tiene el Ecuador tuvo un gran aumento positivo debido a las 27 centrales eléctricas que entraron en operación hasta el 2017. Esto provoca una capacidad efectiva de más de 7000 MW, frente a la demanda máxima nacional, que está en torno a los 3692 MW, supone un desaprovechamiento de energía de casi el 50% (García Nieto, 2018, p.2).



**Gráfico 1-1.** Relación capacidad y demanda eléctrica nacional

**Fuente:** Plan Maestro De Electrificación 2013-2022 (Paredes y Pozo, 2020)

Para aprovechar mejor este tipo de energía se debe implementar nuevas industrias que tengan como fuente principal la energía eléctrica. La cobertura eléctrica del Ecuador para el año 2018 fue de 97.05%, destacándose como uno de los mejores posicionados en cobertura eléctrica en la región Latinoamérica, así que desde el punto de vista energético el Sociedad Ecuatoriana de Estadística (SEE) estará en la capacidad de suplir el recambio tecnológico, teniendo en consideración lo establecido en la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE), donde se menciona que a partir del año 2025, los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial en el Ecuador, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico (Paredes y Pozo, 2020, p.92).

Para estos vehículos el motor eléctrico es un instrumento que está creciendo en importancia al mismo tiempo que el combustible fósil se acaba y el motor de combustión llega a su fin. Estos



motores son los favoritos debido a su falta de polución, bajo ruido y gran capacidad para generar potencia con alta eficiencia (Vega Pascual, 2019, p.12). El desarrollo en su autonomía, los tiempos de cargas, y el precio con el que se ofrecen al mercado los ha vuelto muy comerciales ganando popularidad en los últimos años. En Ecuador en el año 2019 se registraron 2,3 millones de vehículos de los cuales el 23.7% (545100) pertenecen a motocicletas de diferentes modelos y marcas (INEC, 2019, p.9). Pero de estos una minoría son de propulsión eléctrica ya que para el Ecuador es relativamente nuevo este tipo de movilidad.

Tomando a China como mayor exportador de scooters eléctricos al mundo se obtuvieron la cantidad de scooters exportados a Ecuador hasta el año 2016, como se observa en la tabla 2-1. Cabe recalcar que Ecuador no es el principal destino para este tipo de vehículos, pero aun así es un país importante debido al potencial en crecimiento de importaciones para los próximos años. Se puede observar una variación en sus porcentajes desde el 2008 hasta el 2016 en sus exportaciones (Izquierdo Murillo, 2019, p.15).

**Tabla 2-1:** Exportación de scooters eléctricos desde china.

Importadores	Valor exportado a en 2008	Valor exportado a en 2009	Valor exportado a en 2010	Valor exportado a en 2011	Valor exportado a en 2012	Valor exportado a en 2013	Valor exportado a en 2014	Valor exportado a en 2015	Valor exportado a en 2016
Mundo	253.240	233.112	394.582	411.540	435.685	553.671	744.337	1.593.425	1.808.530
Estados Unidos de	55.864	46.176	55.315	45.529	42.180	44.519	55.722	407.145	272.741
Italia	13.907	11.946	11.600	17.956	26.944	23.356	21.315	20.400	37.683
Hong Kong	243	181	330	693	478	2.460	1.983	141.886	56.469
China									
Paises Bajos	35.158	43.091	84.815	57.797	58.781	48.526	72.519	93.667	182.413
Emiratos Árabes	471	158	1.701	2.017	11.684	17.095	4.160	69.498	121.692
España	4.479	2.918	5.385	6.972	12.718	14.284	14.927	27.917	50.229
Ecuador	0	0	57	76	227	78	24	239	424

Fuente: (Izquierdo Murillo, 2019)

La micro movilidad, definida como transporte de corta distancia, está experimentando recientemente un crecimiento mundial. EL objetivo principal de esta nueva tendencia de movilidad es proporcionar opciones respetuosas con el medio ambiente para viajes que no se pueden lograr con el transporte público y reducir la dependencia del automóvil (Raptopoulou et al.,

2020). El Scooter eléctrico tiene diseños elegantes, una conducción sin problemas sobre cualquier superficie, son más baratos, ahorran tiempo y son una gran alternativa de transporte personal (Rawat, 2021, p.4). La implementación de este tipo de transporte proporciona menos contaminación auditiva, debido a que es particularmente muy silencioso, comparado con un motor de combustión interna. EL nivel sonoro de un vehículo eléctrico es diez veces menor a un vehículo convencional y debido a su tamaño permiten reducir el congestionamiento vehicular en las grandes ciudades, sobre todo en las horas pico.

Este proyecto tiene la finalidad de proporcionar una alternativa de movilidad limpia, libre de gases contaminantes y amigable con el medio ambiente, así mismo son muy fáciles de manejar debido a la ausencia de los cambios de marcha, reportan un bajo costo de sostenimiento al economizar en combustible y la reducción de mantenimientos, por lo cual es una gran alternativa para ser considerado como medio de transporte a futuro y de esta forma reducir el uso de los vehículos convencionales como principal medio de transporte en las diferentes ciudades del país.

La importancia de diseñar un vehículo pequeño y monoplaza es incuestionable, siendo el scooter, un medio de transporte ideal para el medio urbano, puesto que permite a los consumidores transportarse de una manera ágil y rápida (Daghero, 2019, p.9). Con un pequeño motor eléctrico y una plataforma sobre la que se para una sola persona, los scooters están diseñados para transportar a los usuarios distancias cortas por entornos urbanos (Hollingsworth et al., 2019, p.1). Los scooters eléctricos son prácticamente nuevos en la tendencia urbana de la micro movilidad, habiendo aparecido en las ciudades tan recientemente como en 2018, las opciones de micro movilidad están pensadas para ofrecer una opción de última milla cómoda y barata, es así que los scooters eléctricos ofrecen precisamente eso (Mason, 2019, p.3).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 *Objetivo General***

Diseñar un scooter eléctrico, a través de un software de simulación asistida por computadora exponiéndola como una alternativa de transporte urbano eco amigable.

### **1.4.2 *Objetivos específicos***

- Generar un diseño conceptual de tres alternativas de chasis utilizando un software de diseño CAD, para someterlos a pruebas estáticas que ayuden con la selección final.

- Analizar el comportamiento estructural mediante un software de simulación asistida por computadora, para observar los esfuerzos que producen las cargas vivas y muertas del scooter.
- Modelar los sistemas de dirección, suspensión, freno y demás componentes utilizando un software CAD, para conseguir el peso total del scooter.
- Analizar la ergonomía del scooter eléctrico utilizando un software de diseño CAD, para definir si el scooter es cómodo.
- Analizar la aerodinámica utilizando la paquetería de movimiento y análisis CFD, para encontrar el coeficiente aerodinámico.
- Simular el tren de potencia de forma determinística utilizando Matlab/Simulink, para analizar la autonomía del scooter eléctrico.

## **1.5 Hipótesis**

La implementación de vehículos eléctricos va a ser una innovación en la forma de transporte personal, su producción genera nuevas fuentes de empleo y cambios en la matriz productiva del Ecuador. Además de reducir las emisiones de gases contaminantes y la contaminación auditiva.

## **1.6 Marco teórico**

### **1.6.1 Contaminación ambiental por gases de escape**

Uno de los motivos principales de este tipo de contaminación son los vehículos que emiten gran cantidad de gases de efecto invernadero, pero esto no tomo lugar sino hasta finales de los años 50 y principios de los 60, donde se empezó a notar un foco de contaminación en algunas ciudades del mundo (Zavala Herrera, 2020, p.7). Desde entonces se ha prestado mayor atención a la problemática y a buscar posibles soluciones que permitan regular la contaminación causada por los gases de escape, algunos de las maneras de contener esta contaminación en la actualidad es la norma Euro la cual exige a los vehículos nuevos que cumplan con un rango mínimo de emisión de gases contaminantes y está en constante evolución.

#### **1.6.1.1 Principales gases contaminantes emitidos por el escape**

Entre los principales gases de efecto invernadero emitidos por los vehículos se encuentran son:

- Monóxido de carbono (CO): se lo puede relacionar con el exceso de aire en la mezcla.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): es un gas incoloro que se presenta por diversas actividades naturales como antropogénicas, es producto resultante de la combustión de combustibles fósiles, resultando así las fuentes móviles como las principales generadoras de contaminantes (Moncayo et al., 2018, p.3).

- Óxido de nitrógeno (NOX): son el resultado de una combustión a exceso de temperatura con una atmósfera rica en oxígeno, los vehículos a diésel son los que más generan este tipo de gas (Toyota España, 2020).
- Metano (CH<sub>4</sub>): este gas de efecto invernadero se produce durante los procesos de combustión en los vehículos, teniendo un potencial de calentamiento 21 veces más grande que el bióxido de carbono.
- Hidrocarburos (HC): este gas se produce en la combustión principalmente cuando existe un exceso de combustible en la mezcla.

### **1.6.2 Contaminación acústica**

Se puede entender a la contaminación acústica al exceso de ruidos o vibraciones que alteran las condiciones normales del ambiente en una zona determinada. La exposición prolongada en un ambiente con contaminación acústica puede traer graves complicaciones en la salud de las personas, produciendo: trastornos del sueño, estrés, complicaciones en los sistemas cardiovascular y metabólico, además de deficiencias cognitivas en los niños (European Environment Agency, 2020).

Una de las causas principales de la contaminación acústica está relacionadas con las actividades humanas como: el transporte, las obras públicas y privadas, las industrias, el uso indebido de bocinas, las alarmas antirrobo, la música de fiestas que se extienden hasta horas de la madrugada, entre otras. La OMS, considera que el límite de decibeles que el cuerpo humano soporta es de 70, cualquier ruido mayor a ese valor son nocivos para la salud mental y física de las personas, en países subdesarrollados se considera 55 como el límite de decibeles (dBa) deseables.

### **1.6.3 Congestionamiento vehicular**

El congestionamiento vehicular es un problema que afecta a la red vial del país, y se produce principalmente por el gran incremento de vehículos, se puede observar una representación en la figura 1-1, pero también se puede producir por la falta de obras viales como por ejemplo vías alternas, falta de señalización de tránsito y la falta de mantenimiento vial (Ashhad Verdezoto et al., 2020, p.1). Un ejemplo claro sería el de la ciudad de Quito, donde en las horas pico se movilizan diariamente alrededor de 450000 vehículos y la velocidad promedio no pasa de los 13km/h según estadísticas y mediciones de la Secretaría de Movilidad de la Alcaldía (El Universo, 2019). La producción de vehículos no para y cada año el incremento de ellos es inevitable por lo que algunas de las medidas tomadas para ayudar a este problema es la aplicación de la norma pico y placa, la cual restringe la circulación a un grupo de vehículos en la que su placa termine en un número par o impar dependiendo el día. Otro medio para ayudar con la disminución de congestionamiento

vehicular es la micro movilidad y que mejor con vehículos eléctricos que de paso contribuyan con la disminución de la emisión de gases de escape.



**Figura 1-1.** Congestionamiento vehicular.

**Fuente:** (La Hora, 2017)

#### **1.6.4 *Software de Simulación***

Un software de simulación es un programa computacional que mediante el uso de fórmulas matemáticas facilita el proceso de modelar un fenómeno del mundo real. Para el proceso de simulación es necesario un modelo matemático que se puede expresar de formas diferentes ya sea como un esquema, un diagrama de bloques, un diagrama de estado y en algunos otros casos en forma de código (F., 2021).

#### **1.6.5 *Motor eléctrico tipo hub (in wheel)***

Un motor integrado a la rueda (in Wheel), como se presenta en la figura 2-1, aporta características diferentes a los vehículos eléctricos que un motor eléctrico común, ya que este tipo de motor es más pequeño que otros motores utilizados en vehículos eléctricos, haciendo que ocupen menos espacio y por ende menos pesado. Además de esto este motor al ir en las ruedas, hace que se elimine la transmisión ganando hasta un 30% más de eficiencia que otros motores eléctricos y también logra una mejor recuperación de energía en las frenadas regenerativas (Criado, 2016).



**Figura 2-1.** Motor in wheel.

**Fuente:** (Green E-motion, 2021)

### **1.6.6 Controlador**

Los motores eléctricos tienen diferentes diseños, diferentes potencias, diferentes tamaños y diferentes aplicaciones, pero independientemente de cualquier característica que tenga el motor, necesitará de un mecanismo de control llamados controladores. El controlador, como el que se presenta en la figura 3-1, para un motor eléctrico más simple es un interruptor de encendido y apagado ordinario, que tiene la función de conectar al motor a su fuente de alimentación. Este interruptor puede ser manual o un relé conectado a un sensor automático con el fin de proporcionar elementos de lógica para arrancar o detener el motor (Toledano, 2020).



**Figura 3-1.** Controlador.

**Fuente:** (Bikelec, 2015)

Otras funciones que realiza el controlador es la de establecer la velocidad del motor, la dirección o controlar el par si es necesario y lo más importante es el cuidado y la protección primordiales que le brindan al motor ante cualquier situación adversa. Por lo general para un scooter eléctrico, el motor utilizado es el tipo hub o también conocido como motor in wheel, los cuales ya vienen con un controlador integrado que se encarga del manejo de velocidades y muestra de datos en una

pequeña pantalla digital que también viene incluida, gracias a esto no es necesario componentes adicionales para el manejo del acelerador (Rueda Jaime, 2017).

### **1.6.7 Batería de ion-litio**

Las baterías de ion litio, como la que se observa en la figura 4-1, presentan un cátodo compuesto de óxido de cobalto y un ánodo de un material llamado coque, que es similar al grafito. En el ánodo y el cátodo existe una disposición laminar que almacena litio. El litio se transportará de cátodo hacia el ánodo o viceversa a través del electrolito según se encuentre en su ciclo de carga o descarga (Tome, 2020).

#### **1.6.7.1 Ventajas de las baterías Ion-litio**

- Mas seguras (bajo riesgo de que exploten)
- Mayor densidad energética frente a las baterías de plomo-acido: Estas baterías con un mismo tamaño tienen la capacidad de almacenar hasta 3 veces más energía.
- Mayor voltaje: El litio al ser un elemento químico electronegativo, tiene una mayor capacidad para oxidarse. El plomo presenta 2 voltios en cambio el litio tiene 3.6 voltios.
- Mayor rapidez en los procesos de carga y descarga: Una batería de litio llega a cargarse en un máximo de 4 horas, en cambio una batería de plomo-acido necesita entre 8 y 12 horas para cargarse completamente.
- Sin carga optima:
- Mayor vida útil: Una batería de ion-litio presenta un total de 4000 ciclos con un 80% de profundidad de descarga, mientras que una batería de plomo-acido llegaría hasta los 4000 ciclos, pero con un 50% de descarga máxima.
- Mas livianas que otros tipos de baterías tradicionales (Carpio, 2018).

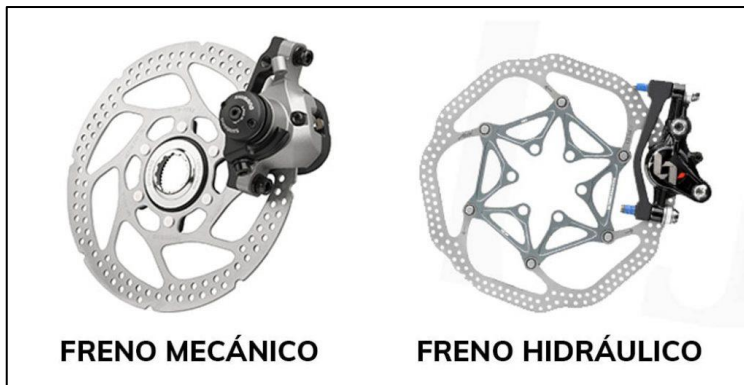


**Figura 4-1.** Batería ion-litio.

**Fuente:** (Cars 12V, 2017)

### 1.6.8 Frenos de disco

Este tipo de freno, como los de la figura 5-1, es un sistema en el cual las pastillas que se colocan en la pinza son empujadas sobre el disco unido a la rueda provocando su frenado al rozar. De este tipo de frenos se puede encontrar 2 el hidráulico y el mecánico (mtbpro, 2014).



**Figura 5-1.** Frenos de disco.

**Fuente:** (Oxia Cycles, 2020)

### 1.6.9 Suspensión

El sistema de suspensión de un vehículo debe presentar dos cualidades esenciales que son: la elasticidad, para evitar golpes en seco causados por las irregularidades del terreno, ocasionado daños en el chasis del vehículo, y la amortiguación, que debe asegurar que el balanceo de la suspensión no se transmita al resto del vehículo. La suspensión debe cumplir dos funciones fundamentales que son la de almacenar y absorber energía. El principal componente elástico de un sistema de suspensión son los muelles helicoidales o resortes. Dichos resortes se componen de un alambre de acero enrollado en forma de espiral, que es el encargado de absorber los golpes provenientes de los terrenos irregulares y asegurarse que no se transmitan hacia todo el vehículo. Estos elementos son los más comunes en los vehículos. Son fabricados normalmente por hilos de acero de muy alta resistencia y elasticidad (Dominguez., 2016, p.11).

## 1.7 Estado del arte

En este apartado se presentan varias investigaciones acerca del óptimo diseño de un scooter eléctrico tanto en su parte estructural como en su tren de potencia, que parten desde el campo internacional al campo nacional.



### 1.7.1 *Diseño y análisis de chasis en prototipos de vehículos eléctricos*

El diseño de un producto no solo debe satisfacer la calidad y las necesidades de los clientes, sino también garantizar que incluya valores innovadores. Por tanto, el estudio presenta un proceso para el caso del patinete eléctrico que se basa en el concepto de diseño concurrente. En el método, primero se aplica el análisis de árbol de objetivos para identificar las funciones y establecer los criterios de estructuración. Luego, se aplica el método del cuadro morfológico que permita generar y visualizar alternativas de conceptualización, varios métodos y enfoques para ayudar a los diseñadores a aclarar el problema oculto dentro de la caja negra y llegar a la solución óptima. Además, el procedimiento puede modificarse para diferentes situaciones, lo que hace que el usuario tenga más confianza a la hora de enfrentarse a los cambios del mercado al tener un control más eficiente en el desarrollo de los productos (Chang y Hsiao, 2017, p.1).

La base de un scooter eléctrico es muy importante en vista de que debe soportar el peso del usuario y sus componentes. El objetivo del siguiente artículo es el de diseñar un chasis de un scooter eléctrico, con la ayuda de dos softwares de simulación que son: SolidWorks y ANSYS, el primero para la simulación y el segundo para el análisis de la rigidez, resistencia a la tensión y menor peso, y otros parámetros que son necesarios de analizar a fin de asegurar que sus funciones de forma sean más eficientes. Como se puede observar en las tablas 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, cada tipo de chasis tiene sus diferentes características y su elección está condicionada por diversos factores. En el proceso de simulación se toma en cuenta las características necesarias para el chasis y elegir el modelo más óptimo que se adapte a las necesidades del cliente (Franco-Barragán, 2018, p.6).

**Tabla 3-1:** Rigidez de los chasis analizados en acero.

	<b>CHASIS ORIGINAL</b>	<b>CHASIS TUBULAR</b>	<b>CHASIS VIGA</b>	
<b>FRENADA</b>	377.08	5661.18	4979.53	<i>Nm/°</i>
<b>TORSIONAL</b>	267.78	7593.25	16617.35	<i>Nm/°</i>

Fuente: (Franco-Barragán, 2018).

**Tabla 4-1:** Tensiones de los chasis analizados.

	<b>CHASIS ORIGINAL</b>	<b>CHASIS TUBULAR</b>	<b>CHASIS VIGA</b>	
<b>FRENADA</b>	760.80	279.62	249.42	<i>MPa</i>
<b>CURVA</b>	93.64	93.07	39.63	

Fuente: (Franco-Barragán, 2018).

**Tabla 5-1:** Desplazamiento máximo de los chasis analizados

	<b>CHASIS ORIGINAL</b>	<b>CHASIS TUBULAR</b>	<b>CHASIS VIGA</b>	
<b>FRENADA</b>	59.14	0.93	1.23	<i>mm</i>
<b>CURVA</b>	5.84	1.37	0.25	

Fuente: (Franco-Barragán, 2018).

**Tabla 6-1:** Masa de los chasis estudiados.

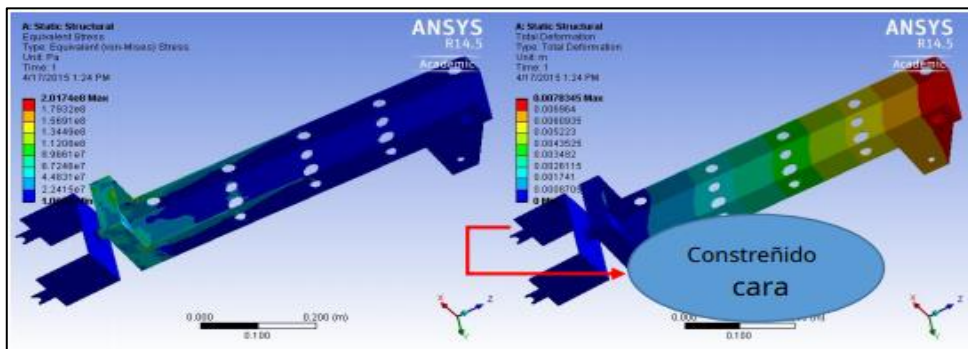
<b>CHASIS ORIGINAL</b>	<b>CHASIS TUBULAR</b>	<b>CHASIS VIGA</b>	
9981.50	9312.90	10809.22	<i>Gramos</i>

Fuente: (Franco-Barragán, 2018).

El objetivo principal del estudio fue diseñar y desarrollar un scooter eléctrico de tres ruedas que se utilizaría como medio de transporte multipropósito en el campus principal de la Universidad Estatal de Bulacán. El proyecto se desarrolla para reducir el estrés de personas de todos los ámbitos de la vida y circunstancias, se compone de materiales disponibles localmente y puede ser utilizado en interiores y exteriores. Es especialmente útil para uso en interiores, cerca de una escuela, universidad, tiendas y similares, destinado a un solo ciclista; tiene 2 partes muy importantes, el motor del cubo y el módulo controlador. El motor del eje es el que impulsa todo el conjunto del scooter, mientras que el controlador es el cerebro, que controla el eje, las luces, los sensores, etc. El scooter se alimenta con una batería recargable de 48 V y puede funcionar en dirección de avance y retroceso. El scooter puede pasar por una puerta de tamaño normal y está equipado con un sensor que le permite funcionar solo cuando hay un ciclista en la plataforma. El proyecto funcionó de acuerdo con las expectativas, siendo una alternativa más barata y amigable con el medio ambiente en comparación con sus contrapartes disponibles comercialmente. También proporcionó un enfoque rentable para proporcionar sistemas de transporte individualizados en una amplia variedad de aplicaciones (Asuncion y Galita, 2015, p.1).

Según Ganjapure, Kawale, Deshpande & Patil (2016) en su artículo, para el diseño y análisis del chasis de un scooter eléctrico, se emplea el material utilizado para hacer un chasis es acero dulce (SAE 1018) que tiene un módulo de 210 GPa, la presión aplicada en la cara frontal es de 17448 Pa, considerando la presión de la fuerza de impacto a una velocidad máxima de 13 km/h, la cara inferior del miembro está restringida, se alcanza el factor de seguridad 1.24 y la deflexión máxima

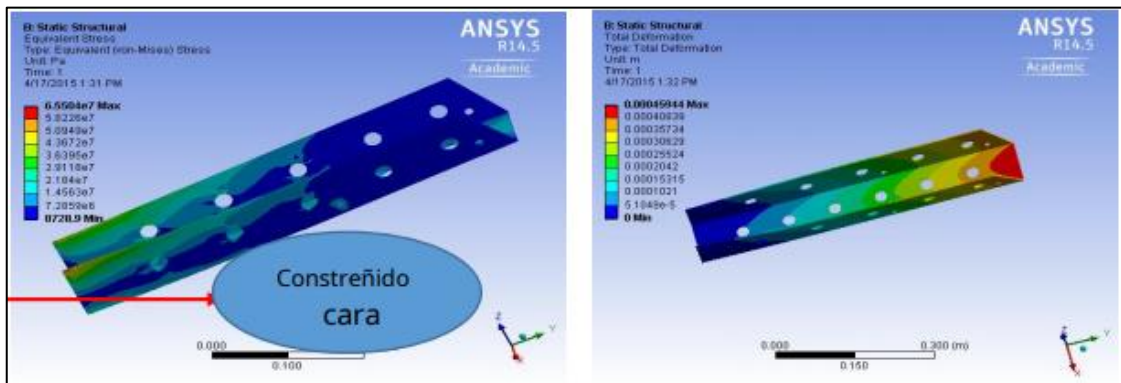
es de 7 mm, con estos datos se inició el análisis del miembro delantero como se puede visualizar en la figura 6-1 (Ganjapure et al., 2016, p.394).



**Figura 6-1.** Análisis de miembro delantero.

Fuente: (Ganjapure et al., 2016).

Para el miembro posterior el análisis que se aprecia en la figura 7-1, se realizó con las siguientes características: la fuerza aplicada es de 1710 N en la parte superior, la presión aplicada en la cara trasera es de 16.94 MPa, considerando la presión debida al peso de una persona de 80 kg y ciclomotores propio peso, la cara inferior está restringida, por último se alcanza un factor de seguridad de 3.78 y la deflexión máxima es de 0.45 mm (Ganjapure et al., 2016, p.394).



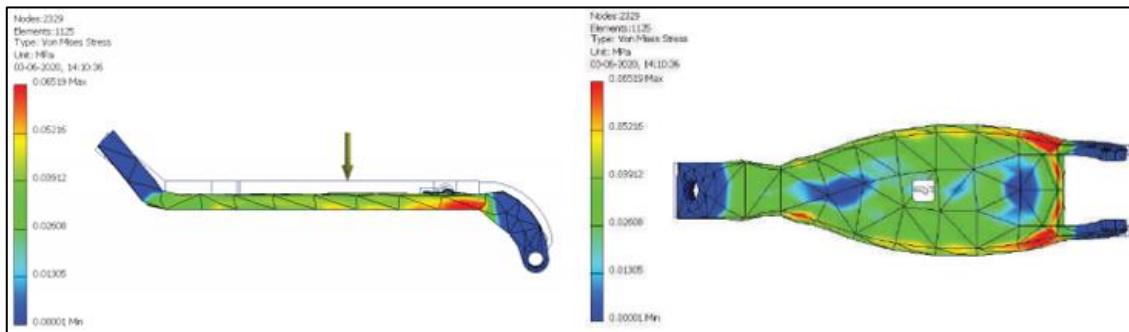
**Figura 7-1.** Análisis de miembro posterior.

Fuente: (Ganjapure et al., 2016).

Al observar los resultados de ANSYS de ambos miembros, se puede decir que es mucho más seguro usar acero dulce (SAE 1018) como material de chasis, tiene una buena resistencia que reduce las posibilidades de falla de material. Los otros parámetros más importantes de cualquier ciclomotor eléctrico son la velocidad máxima, aceleración máxima y distancia de frenado. Las pruebas se realizaron en una carretera asfaltada plana con coeficiente de fricción estática = 0.75 y coeficiente de fricción de rodadura = 0.02. La inclinación de la carretera era de 30, en general

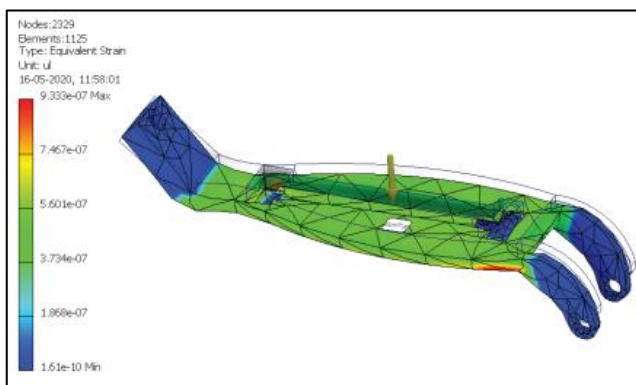
el rango de velocidad de los ciclomotores eléctricos que funcionan con un motor de 250 vatios y una batería de 24 V 7 Ah varía de 17 km/h a 21 km/h y el rango de aceleración varía de 2 m/s a 3 m/s. Dado que la prueba se realizó en un camino inclinado de 30 y el radio de las ruedas es bastante pequeño, se obtiene una pequeña desviación del valor deseado. El valor de la distancia de frenado obtenido es muy satisfactorio (Ganjapure et al., 2016, p.395).

En el siguiente artículo que analiza el chasis de un scooter, se consideró para la simulación las partes principales, donde la carga actúa realmente y donde es necesario encontrar la tensión. Se simularon tres partes principales la cubierta, la rueda, tornillo y el cojinete es una caja opcional, ya que puede ser proporcionada por el fabricante junto con el motor. La fuerza aplicada en el chasis inicialmente era de 1410 N, como se puede apreciar en la figura 8-1, el esfuerzo máximo de von-mises en la plataforma es de 0.06519 MPa y el esfuerzo mínimo de von-mises es de 0.00001 MPa, en esta simulación, la cara inferior del tablero está restringida. En cambio, en la figura 9-1, se observa que la deformación de von-mises en el tablero, la deformación máxima es  $9.333\text{e-}07$  y la mínima es  $1.61\text{e-}10$ , en esta cara inferior de la simulación de la plataforma está restringida y la fuerza actúa verticalmente hacia abajo (Chang Ma y Kumar Darsi, 2020, p.81).



**Figura 8-1.** Análisis de estrés.

**Fuente:** (Chang Ma y Kumar Darsi, 2020).

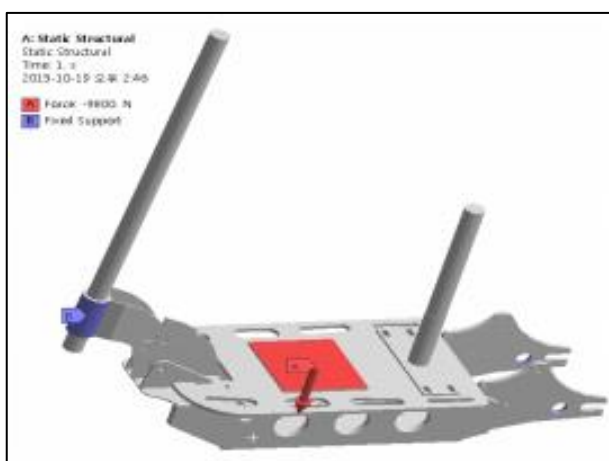


**Figura 9-1.** Análisis de deformaciones.

**Fuente:** (Chang Ma y Kumar Darsi, 2020).

Las personas discapacitadas suelen utilizar el scooter eléctrico como medio de transporte, sin embargo, el scooter eléctrico diseñado para discapacidades es demasiado voluminoso y no tiene una forma liviana. No solo es incómodo en la carretera, sino que también genera inconvenientes para los jóvenes con discapacidad. En la primera fase del estudio se recogió el patinete eléctrico con mayor cuota de mercado como referencia de diseño; posteriormente se procedió al análisis de escala de imagen para determinar la posición de mercado del scooter eléctrico. Combinando cada componente principal y obteniendo un diseño detallado del producto mediante el método de gráfico morfológico y el método de estructura finita (FSM), el presente estudio utiliza este método para completar el desarrollo del modelado y analizar la configuración del producto como función principal en la estructura y en el espacio, dejando que la función y la apariencia tengan la combinación eficiente, se utilizó el proceso de jerarquía analítica (AHP) para obtener resultados de decisión objetivos. El uso de la estrategia de diseño concurrente puede acortar eficazmente el proceso de desarrollo y aumentar las posibilidades de éxito del producto (Hsiao y Hsu, 2018, p.3).

El objetivo del siguiente estudio fue garantizar la seguridad del cuadro de un scooter mediante un análisis de estructura y vibraciones según el grosor del tubo y el peso del cuadro del scooter eléctrico. El marco del scooter fue modelado en el software de simulación 3D ANSYS como se observa en la gráfica 10-1, con él se realizó el análisis estructural usando un tamaño total del modelo igual a una longitud de 4.440 mm, ancho 570 mm, altura 4.050 mm y se experimentó con 3 diferentes espesores de marco 3 mm, 4 mm, 5 mm, un modelo de marco de rama obteniendo los resultados de la tabla 7-1 (Chun et al., 2016, p.117).



**Figura 10-1.** Marco fijo y condición de fuerza.

**Fuente:** (Chun et al., 2016).

**Tabla 7-1:** Esfuerzos y deformaciones en el espesor

Grosor	Carga (Kg)	Von-mises estrés (MPa)	Deformación (mm)
3 mm	100	30.342	0.13238
	200	45.514	0.19857
	300	60.685	0.26476
4 mm	100	11.208	0.026591
	200	16.812	0.039887
	300	22.416	0.053182
5 mm	100	9.601	0.019062
	200	14.402	0.028593
	300	19.202	0.038124

Fuente: (Chun et al., 2016).

Según los resultados de este estudio, el mayor valor de desplazamiento 0.13238 mm apareció en el espesor de 3 mm al aplicar la carga de 100 kg según el espesor, y aparecieron 0.026591 mm y 0.019062 mm en los de 4 mm y 5 mm. espesores, respectivamente. La diferencia entre los valores de 4 mm y 5 mm fue de 0.007529 mm y mostró un desplazamiento bajo. Por lo tanto, el marco de más de 4 mm de espesor se consideró seguro. Además, el resultado experimental para la frecuencia natural del modo 1 al modo 6 en el análisis de vibración estuvo dentro de los 601.88 Hz. en el marco de 5 mm (Chun et al., 2016, p.120).

El siguiente artículo se analizó la tensión y la deformación desarrollada en el chasis durante los diferentes casos de carga e identifican los modos de falla mediante el análisis modal. Se partió del estudio de referencia de diferentes cuadros de scooter en el aspecto de la selección del material, las propiedades mecánicas y las secciones utilizadas en el mismo. Luego se llevó a cabo el análisis estructural y modal del marco bajo las diversas consideraciones de carga, se trata de modelado 3D en Pro-E, mallado en HyperMesh y análisis por ANSYS; de ahí que se completen los siguientes trabajos, cálculo de tensión y deformación utilizando FEA y sugerir las recomendaciones de diseño (Balaguru et al., 2019, p.1106).

Como punto de referencia se tomó diferentes marcos de scooter para el grosor y diámetro del tubo, y los soportes de posición de montaje. Modelando la estructura del marco en el PRO ENGINEER para diferentes dimensiones con un mallado de elementos finitos de estos modelos a realizar en HYPERMESH. En este artículo, los elementos y los parámetros de carga se definieron en HYPERMESH y los modelos mallados se incorporan al solucionador de ANSYS para su resolución, permitiendo registrar los resultados y analizar los mismos como se proyecta en la tabla 8-1 (Balaguru et al., 2019, p.1106).

**Tabla 8-1:** Resultados de carga vertical y lateral

Model	Stiffuess		vertical Load	Lateral load	Max vertical displacement (mm)	Max. Lateral displacement (mm)	Von misses stress (Mpa)
	Vertical (Nmm)	Lateral (Nmm)	(Kg)	(Kg)			
New model- 1.6mm thick. Elliptical	3.587	237	556	166	155	7	355
New model- 2 mm thick. Elliptical	4.448	272	556	166	125	61	260
New model- 1.6mm thick. Round	3.089	255	556	166	18	65	450
New model- 2 mm thick. Round	3.971	237	556	166	14	7	300

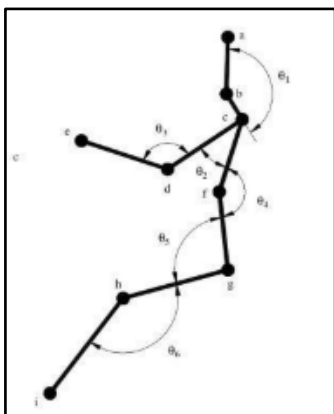
Fuente: (Balaguru et al., 2019).

Por lo tanto, un bastidor de scooter está diseñado para una sección transversal elíptica y redonda dentro de las condiciones de contorno geométricas especificadas. Los mismos fueron probados y verificados por FEA para condiciones de carga vertical y lateral. Se estudió la selección de materiales para el comportamiento del marco bajo diversas condiciones de carga, los esfuerzos cortantes generados son menores que el valor permitido, por lo tanto, el diseño es seguro. El uso de sección transversal elíptica aumenta así la rigidez vertical y también mejora los aspectos de fabricación en términos de soldadura de juntas de tubería. La forma elíptica es más fuerte y es menos probable que se deforme a lo largo de su eje mayor, también es más compacto, por lo que el tubo ocupa menos espacio. A lo largo del eje mayor proporciona más tierra, por lo tanto, añadir soportes mediante soldadura es más cómodo (Balaguru et al., 2019, p.1115).

### 1.7.2 *Análisis ergonómico del scooter eléctrico*

El objetivo que se plantea en el siguiente artículo es realizar un estudio ergonómico y análisis estático para un nuevo diseño de scooter eléctrico, estas actividades incluyen la creación, producción y desarrollo de un concepto de idea anterior donde se proponen algunos conceptos en base a la solución de los problemas definidos. Para ejecutar el concepto de diseño del mini scooter eléctrico se realizó un análisis de especificaciones de diseño, seleccionando los componentes principales, teniendo en cuenta todas las ideas que se generan a través de una tabla morfológica separado por ideas A, B y C, luego se continua con otra etapa donde se evalúa el concepto para cumplir con todos los objetivos de diseño, enumerando ventajas y desventajas de cada concepto mediante una matriz (Fadzly et al., 2017, p.1).

El paso siguiente es el estudio ergonómico, que describe la relación entre el hombre y su entorno de trabajo o las herramientas que utiliza, poniendo en práctica un diagrama de las partes del cuerpo, como el que se observa en la figura 11-1, donde se plantea los ángulos que se deben analizar para las articulaciones, factores que para la seguridad del consumidor es un aspecto importante de la ergonomía, como lo es el factor antropométrico, un área del tamaño de las propiedades de las dimensiones físicas y humanas de las extremidades, como el rango efectivo de la mano, un asiento espacioso y el peso que se pueda levantar. Los resultados obtenidos en general del mini scooter, como se plantea en la tabla 9-1, realizado cumplían con el plan, pero paulatinamente fue adecuado a pequeñas modificaciones que permitieron cumplir los objetivos del diseño para mantener la ergonomía dentro de los parámetros presentados en la tabla. Los materiales que se probaron para determinar la conformidad con el nuevo diseño de chasis es el acero, el acero aleado AISI 304, el acero aleado AISI 1020, el acero al carbono fundido y el acero aleado. El material preferido para el diseño seleccionado del chasis fue el AISI 304 (Fadzly et al., 2017, p.2).



**Figura 11-1.** Esquema para análisis de ergonomía.

Fuente:(Fadzly et al., 2017).

**Tabla 9-1:** Evaluación ergonómica por posturas de conducción.

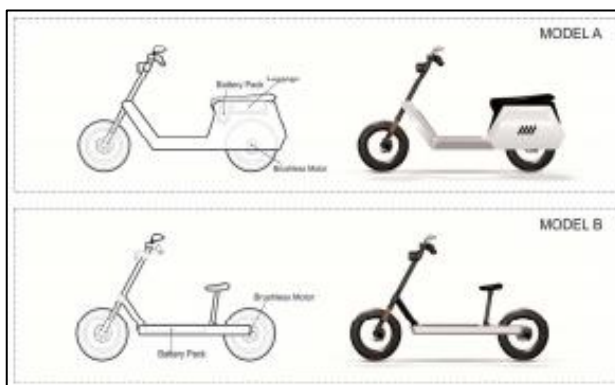
Parte del cuerpo	Ángulos característicos	Conductor 1	Conductor 2	Conductor 3	Conductor 4
Cuello	$157.7^{\circ} < \theta_1 < 160.9^{\circ}$	Y	8.9	Y	16.49
Hombro	$37.2^{\circ} < \theta_2 < 42.2^{\circ}$	8.72	23.92	-2.44	-8.36
Codo	$133.5^{\circ} < \theta_3 < 146.9^{\circ}$	Y	19.58	-15.2	-18.2
Parte inferior de la espalda	$166.6^{\circ} < \theta_4 < 173.0^{\circ}$	3.72	3.81	-1.32	Y
Cadera	$99.5^{\circ} < \theta_5 < 107.3^{\circ}$	-17.3	-13.6	-26.5	-19.9
Rodilla	$74.3^{\circ} < \theta_6 < 82.1^{\circ}$	Y	Y	-5.86	-12.9

Fuente:(Fadzly et al., 2017).



El desarrollo de un vehículo depende de la popularidad entre los usuarios, debido a esto el siguiente documento se apoya en un análisis para la utilización del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la localidad de Cuenca con la intención de plantear una movilidad distinta, amigable con el medio ambiente, observando el efecto que tiene el mismo en la ciudadanía con respecto a la circulación vehicular tanto en calles como aceras de la localidad, se obtuvo que el 83% usaría este medio de transporte para recorridos cortos en la urbe y tan solo el 17% expresó que no ve probable movilizarse en un scooter eléctrico por componentes como: inseguridad que representa el movilizarse con el tráfico, la no realidad de una vía idónea o única para transitar y otros componentes que representan un ligero problema es su transporte, gracias a las condiciones físicas del scooter eléctrico, las magnitudes o proporciones en grupo con el peso del mismo ocasionan un ligero descontento en la ciudadanía encuestada (Aguirre-Chuncho y Ortega-Cabrera, 2020, p.13).

El diseño preliminar del scooter eléctrico como alternativa de transporte turístico sostenible, incluye la mayoría de las etapas de los proyectos de estructuración tales como la definición, evaluación de alternativas de diseño hasta su generación, dejando a un lado la validación de los resultados. Este estudio realiza una lluvia de ideas para el desarrollo de las alternativas hasta llegar a un diseño simple y fácil, procediendo a la selección de dos opciones A y B en la figura 12-1, el modelo B es más representativo de lo simple y fácil para este tipo de movilidad, en cambio el modelo A es por el contrario más formal y presumiblemente más apropiado para el funcionamiento de área de la ciudad (Kusuma Sya'bana et al., 2019, p.31).



**Figura 12-1.** Modelos base para el diseño del scooter eléctrico.

**Fuente:** (Kusuma Sya'bana et al., 2019).

Se procedió a la selección del modelo B, en el cual se instaló un paquete de baterías en el piso del scooter, la almohadilla para un smartphone se coloca en el manillar para la fácil manipulación de parte del conductor con el fin de observar la información de velocidad y carga del scooter en tiempo real. El análisis de ergonomía se realizó mediante simulación por computadora a la par

con el scooter, también un análisis biomecánico y el análisis de desempeño de tareas que miden la facilidad de uso del sistema como el uso de la prueba del tiempo de recreación. En conclusión, esta investigación definió que el diseño del sistema del scooter eléctrico es necesario ya que el área operativa para vehículos en la isla es pequeña y el rediseño del scooter debe acomodar el valor del ecoturismo en la sostenibilidad ecológica, como este diseño se encuentra solo en la parte preliminar, se puede tratar de mejorar antes de su construcción consultando con otros investigadores, así como evaluar la viabilidad tecnológica para crear el prototipo y realizar pruebas (Kusuma Sya'bana et al., 2019, p.31).

La evaluación ergonómica y los factores críticos de diseño para patinetes eléctricos, empezó por una encuesta a los consumidores que utilizan este tipo de vehículos, sobre la conceptualización del scooter y una evaluación de las posturas de conducción durante el uso del mismo. Se evaluó en ángulos el hombro, codo, parte inferior de la espalda, cadera para varias estaturas, utilizando un scooter de dimensión 1.730 mm x 690 mm x 1215 mm y una altura de 745 mm, el peso total incluido las baterías es de 112Kg con una potencia máxima de 6400w a 3250 rpm y se determinó puntos y ángulos característicos que serán evaluados. Los principales factores evaluados son el diseño del panel, de control del vehículo, la comodidad y conveniencia, como se encuentra proyectado en la tabla 10-1 (Hsu et al., 2016, p.2).

**Tabla 10-1:** Factores de diseño de mayor prioridad

Factores	%
Función BraNe	77.2
Tamaño del vehículo	76.7
Capacidad de TrunN	76.7
Forma del vehículo	76.1
Capacidad de escalar colinas	76.1
Rango de equitación	75
Brillo de luz	68.3
Velocidad máxima	58.6
Caballos de fuerza	58.3
Comodidad del asiento	58.3
Diseño de mando	56.4

Fuente: (Hsu et al., 2016).

Las dimensiones de diseño por factores de análisis, la evaluación ergonómica basada en ángulos característicos también se evaluó. Con todos estos resultados se determinó que el scooter eléctrico es un tipo de motocicleta ligera y su diseño debe basarse en los cuatro factores principales para lograr que sea manejable por un motor eléctrico con ruedas pequeñas, asiento bajo y un cuadro fijo sin dejar de lado la comodidad de viaje y conducción (Hsu et al., 2016, p.10).

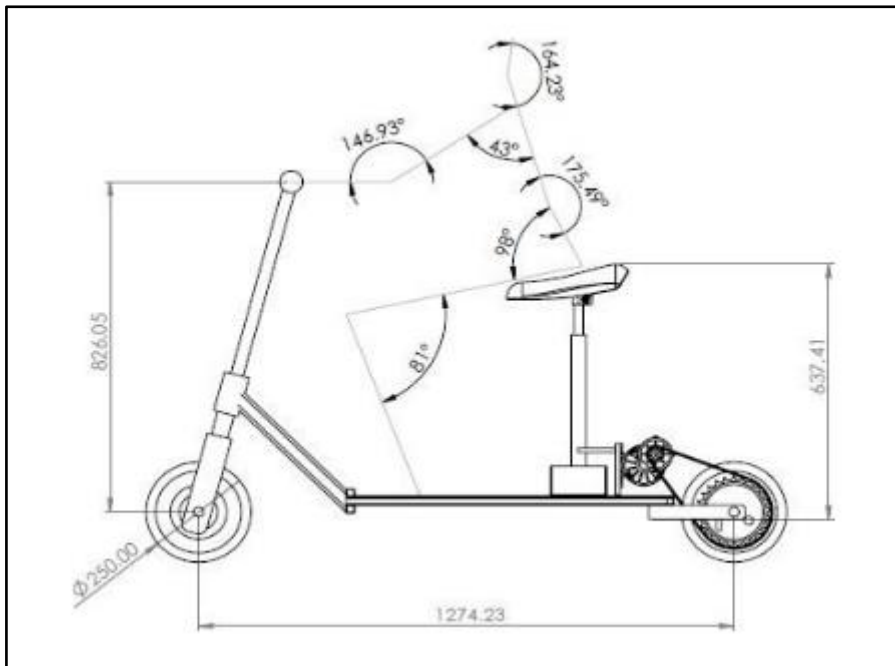
El siguiente artículo tiene como objetivo diseñar y construir de una forma ergonómica un prototipo del asiento de una motocicleta de 125cc de cuatro tiempos de modelo tipo scooter. En la simulación del asiento se aplicaron las cargas del peso del ocupante y de las aceleraciones negativas de frenado, obteniendo los resultados expuestos en la tabla 11-1. Se observa que, al tener dos ocupantes, las cargas del peso y frenado en curva, el factor de seguridad es más bajo que en los otros casos analizados (Chérrez-Escobar y Villacís-Escobar, 2015, p.87).

**Tabla 11-1:** Valor del factor de seguridad con diferentes cargas aplicadas

NÚMERO DE OCUPANTES		Una persona	Dos personas
<b>Factor de seguridad</b>	solo el peso	11,58	5,79
	peso y aceleración	10,67	5,33
	peso y frenado	3,06	1,53
	peso y frenado en curva	2,64	1,3

Fuente: (Chérrez-Escobar y Villacís-Escobar, 2015).

La antropometría es una técnica de análisis que se ocupa de la medida de la escala y de las características físicas delimitadas del marco. Los conocimientos antropométricos se emplean en la tecnología para especificar las dimensiones físicas de los espacios de trabajo, los puestos de trabajo y los instrumentos para hacer más sencilla y fácil la interacción humana en torno a ellos. La postura de conducción es además relevante para la estatura de los jinetes, que es uno de los temas vitales de la ciencia de la ingeniería en la medición, además de un pensamiento vital dentro del estilo de los vehículos de máquinas simples. En el modelado de la postura, el movimiento del cuerpo es comúnmente delineado en términos de ángulos formados por segmentos del cuerpo en lugar de tratar de modelar las coordenadas de las articulaciones directamente (Ganesh Murali et al., 2021, p.621). Los resultados del análisis ergonómico para el scooter se presentan en la figura 13-1.



**Figura 13-1.** Ángulos de ergonomía.

**Fuente:** (Ganesh Murali et al., 2021)

El siguiente artículo habla acerca de la exposición prolongada a las vibraciones mientras se conduce o viaja como pasajero en un automóvil se ha asociado con malestar, una mayor prevalencia de dolor lumbar y otros trastornos musculo esqueléticos. Los informes subjetivos de malestar a menudo se consideran precursores de lesiones, y gran parte del trabajo experimental sobre los efectos físicos de la vibración de todo el cuerpo ha utilizado calificaciones subjetivas de malestar como método experimental. Los factores que afectan la incomodidad pueden incluir la forma física del asiento, el ajuste del asiento al ocupante, los materiales de los que está hecho el asiento (que determinarán su rigidez), el entorno térmico al que está expuesto el ocupante, la exposición a vibración de todo el cuerpo y / o golpes mecánicos, oportunidad de cambiar de postura (cambiando así los grupos musculares que soportan el peso corporal) y el tiempo que el ocupante ha estado sentado en el asiento.

Se completaron dos pruebas de laboratorio y una prueba de campo para estudiar la contribución relativa de los factores estáticos, dinámicos y temporales de incomodidad para diferentes asientos de vehículos y contextos experimentales. Cada estudio utilizó la exposición a la vibración y el tiempo sentado como variables independientes y medidas de malestar utilizando la escala de calificación de confort de 7 puntos de Porter cada 10 minutos como variable dependiente. Se pidió a los sujetos que "calificaran la comodidad / incomodidad de una parte del cuerpo de acuerdo con Escala de 7 puntos para cada parte del cuerpo en el mapa"; no se hizo ninguna referencia específica a la "incomodidad por vibración", ya que esto no habría sido válido para las condiciones

de control. Para cada parte del cuerpo, los sujetos dieron una respuesta verbal del número relacionado con su comodidad en cada momento de muestra después de que el experimentador lo solicitara. Para cada uno de los conjuntos de resultados del estudio, el malestar medio aumentó con la duración y aumentó con la magnitud de la vibración. El efecto de estar sentado a largo plazo está de acuerdo con los hallazgos de Gyi y Porter, y el efecto de la magnitud de la vibración está de acuerdo con Ebe y Griffin (Mansfield et al., 2014, p.2).

### 1.7.3 Aerodinámica del scooter

La investigación presentada a continuación habla sobre la tecnología en la rueda del Sistema de Propulsión Eléctrica [EPS] aplicable al Scooter Eléctrico Moderno hace uso del accionamiento del motor PMBLDC, encontrando los parámetros adecuados para el óptimo funcionamiento del motor que se pretende aplicar. Esto se debe a los rápidos desarrollos y mejoras en los materiales de imanes permanentes, el avance de la microelectrónica y el control y las mejoras significativas en los sistemas de almacenamiento de energía El objetivo principal de los MES es proporcionar un amplio rango de velocidad, alta eficiencia, controlabilidad y seguridad. El circuito magnético multipolar con ranura fraccionada es capaz de lograr una alta densidad de potencia, una alta eficiencia con un par de arrastre insignificante. Se ha llevado a cabo el MEF para conocer la distribución de flujo en varias partes del motor.

Este proyecto se centra en los aspectos de diseño magnético y eléctrico del motor. El motor PMBLDC de flujo radial con configuración de rotor exterior tiene una disposición compacta con alta eficiencia y baja relación potencia-peso que puede ser fácilmente integrado con el sistema de accionamiento directo del scooter eléctrico. La configuración del rotor exterior del motor PMBLDC de 3 fases y 8 polos, el motor tiene 21 ranuras y el diagrama de devanado para el mismo. Los polos del rotor están formados por 8 piezas de imanes permanentes. El número fraccionario de ranuras por polo es de  $21/8$ . Esta disposición elimina el par de arrastre del motor. Los parámetros del scooter obtenidos para el diseño del motor son los que se muestran en la tabla 12-1 (Shenoy y Kumar, 2016, p.1543).

**Tabla 12-1.** Parámetros de scooter eléctrico.

SI. No	Parámetros	Valores	Unidades
1	Masa total del vehículo, persona	200	Kg
2	Aceleración máxima	0.65	m/s <sup>2</sup>

3	Coeficiente de resistencia a la rodadura normal de los neumáticos	0.013	
4	Densidad del aire	1.23	Kg/m <sup>3</sup>
5	Coeficiente aerodinámico	0.6	
6	Área frontal	0.8	m <sup>3</sup>
7	Ángulo de inclinación	12	grados

**Fuente:** (Shenoy y Kumar, 2016).

En el siguiente trabajo de tesis tiene el propósito de sondear el potencial de CFD (Computational Fluid Dynamics) en el estudio del flujo y en la estimación de las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre un scooter. En particular, se hizo referencia a un modelo actualmente en producción, el Piaggio X10, cuya aerodinámica externa se ha puesto a través de una campaña de pruebas en el túnel de viento, con el fin de comparar los resultados de las simulaciones numéricas con los proporcionados por las mediciones experimentales (Lombardi et al, 2015, p.3).

En conclusión, se ha demostrado que los CFD tienen todo el potencial para convertirse en una herramienta muy útil también en el diseño de vehículos de dos ruedas de grandes series. En particular, proporcionará una importante Contribución en la comparación entre diferentes geometrías, tanto a nivel más general definición de las líneas del vehículo, tanto en el desarrollo de detalles, como el parabrisas u otros apéndices: esto con el fin de obtener la solución que ofrece los mejores resultados generales en términos de contención de la resistencia aerodinámica y, por tanto, consumo de combustible, y comodidad aerodinámica ofrecida a los ocupantes (Lombardi et al, 2015, p.70).

El siguiente trabajo utiliza el software XFlow <sup>TM</sup> para realizar estudios aerodinámicos en motos de campeonato universitario Motostudent <sup>TM</sup> utilizando simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD). Una vez que el archivo CAD se carga en el software XFlow <sup>TM</sup>, se realizan las pruebas iniciales para obtener el modelo básico de análisis e investigación por computadora. Basándonos en este modelo, se busca elementos que puedan mejorar la aerodinámica. Rendimiento de la motocicleta. La misión de mejorar la aerodinámica se centra en reducir la resistencia mediante la implementación de mejoras en las ruedas y las ruedas (Ezcurra y León, 2017, p.5).

El objetivo principal de este proyecto es utilizar la tecnología de simulación CFD para realizar estudios aerodinámicos en motocicletas, en particular Honda <sup>TM</sup> RS125, pero utilizar el software Xflow <sup>TM</sup> como herramienta para la investigación aerodinámica estudiando diferentes tipos de motocicletas. Se han realizado mejoras aerodinámicas para reducir la resistencia partiendo de un

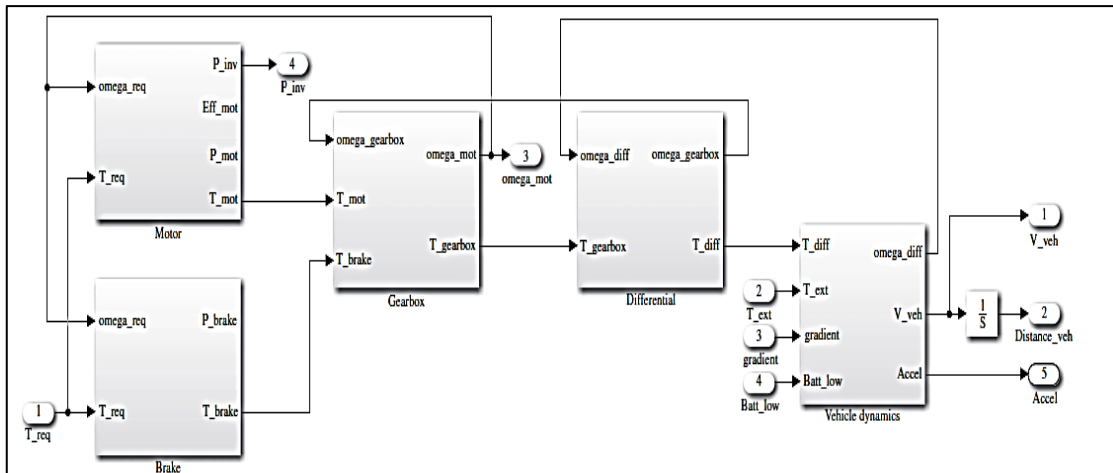
estudio de convergencia, lo que permite calcular el número de elementos necesarios para su uso en la rejilla del túnel de viento, obtener valores de coeficiente de arrastre similares al valor real y obtener tiempos de simulación relativamente cortos pero que a su vez ofrezca resultados confiables (Ezcurra y León, 2017, p.23).

#### **1.7.4 *Tren de potencia en prototipos de vehículos eléctricos***

India es el segundo mayor productor y fabricante de vehículos de dos ruedas en el mundo, se encuentra junto a Japón y China en términos de número de vehículos de dos ruedas ventas producidas y nacionales. La industria india de vehículos de dos ruedas adoptó el nuevo concepto de bicicletas y scooters eléctricos que son un modo de transporte personal muy popular en los países desarrollados. Este artículo estudia el diseño, desarrollo y la comparación de diferentes partes, también se explicó los componentes eléctricos de vehículos de dos ruedas como la batería, el cargador, motor BLDC, controlador y convertidor DC (Khande et al., 2020, p.1).

El circuito de accionamiento del motor eléctrico tiene un controlador de CC sin escobillas de 48V que se alimenta de la batería de 48V a través del MCB (disyuntor en miniatura). La función del MCB es proteger el circuito en condiciones de sobre corriente/sobretensión. El controlador suministra al motor en una secuencia especificada. El sensor de efecto hall conectado al eje del motor BLDC da una señal al controlador y así los respectivos devanados se energizan según la posición del eje del motor. El acelerador o el manillar de cambio de velocidad está conectado eléctricamente al controlador, por lo tanto, la velocidad variable se puede obtener mediante la aceleración de la barra, además, el sistema de frenado está conectado eléctricamente al controlador, tan pronto como se aplican los frenos, se abre el circuito y luego la batería se desconecta del motor, lo que provoca la reducción de la velocidad del motor y en un tiempo determinado el motor se detendrá. Para entender la tecnología de los vehículos eléctricos, este estudio ayuda a proporcionar un resumen de los vehículos eléctricos (scooters) y sus diversos componentes (Khande et al., 2020, p.1).

En el siguiente artículo se realizó la simulación de un motor de inducción (IM) y un motor de reluctancia conmutada (SRM), a temperatura constante, puesto que son los modelos de motores eléctricos más utilizados por los fabricantes de scooters ya que se demostró que este tipo de motores presentan un buen rendimiento, además de un buen par-velocidad. Se realizó un modelo de simulación dinámica, con la ayuda del software MATLAB/Simulink como se puede observar en la figura 14-1, que se basa en ecuaciones dinámicas del vehículo y del modelo energético de cada componente del mismo: batería, motor, inversor y caja de cambios (Tuan et al., 2020, p.1).



**Figura 14-1.** Esquema de scooter eléctrico en Matlab.

**Fuente:** (Tuan et al., 2020).

Como resultado y sabiendo que los motores SRM e IM presentan rendimientos máximos referentes a par máximo- velocidad, que son los que se utilizan en el algoritmo de control, son casi idénticas, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 13-1. La velocidad máxima del e-scooter alcanza los 81 km/h para un pasajero y disminuye ligeramente a 78 km/h con dos pasajeros, adoptando un par máximo moderado, necesitando de 7 a 10 s (uno y dos pasajeros, respectivamente) para acelerar desde 0 a 30 km/h. Llegando a la conclusión de que los sistemas de accionamiento SRM e IM para scooters eléctricos se estudian en los ciclos de conducción estándar ECE15, ECE R15, WMTC, y en los ciclos de conducción reales de la ASEAN en Bangkok y Hanoi, teniendo en cuenta el frenado regenerativo. Los sistemas proporcionan las prestaciones deseadas dentro de las limitaciones multicriterio similares. El IM, con una mayor eficiencia, tiene más autonomía por carga en todos los ciclos. El SRM es más ligero y menos costoso debido al menor coste de los materiales y al sencillo proceso de fabricación. También se fabrican los prototipos de los diseños SRM e IM. Los primeros resultados experimentales en el banco de pruebas confirman el diseño requerido. Ambos motores de bajo coste podrían considerarse adecuados para la aplicación de los scooters eléctricos urbanos en el mercado de la ASEAN (Tuan et al., 2020, p.7).

**Tabla 13-1:** Rendimiento del scooter eléctrico

Parameters (unit)	One passenger	Two passengers
Maximum speed (km/h)	80,96	77,86
Acceleration 0-30 km/h (s)	7,04	10
Max. Gradiente at 10 km/h (%)	50	33,5
Gradeability at 30 km/h (%)	18,7	12,8

**Fuente:** (Tuan et al., 2020)



**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

(Ringer, 2015, p.12) en su artículo plantea el objetivo de diseñar un scooter eléctrico con motores incorporados en sus dos ruedas, con el fin de tener una autonomía con un alcance de 59.5 km. Se seleccionó un motor de CC sin escobillas de imán permanente (PMBLDC), para lograr la velocidad máxima de 35 km/h. Se decidió utilizar el mismo motor para ambas ruedas, delantera y trasera, el cual tiene una potencia de 350 W a 36 V con una velocidad máxima de 35 km/h, cumpliendo el objetivo de velocidad. Los motores están clasificados para una carga de 100 kg, los dos ejes dan una capacidad de carga total de 200 kg, que se adaptará fácilmente al peso promedio de un usuario de 135 kg. Se utilizó una eficiencia del 75%, además se supuso una carga total de 150 kg (ocupante y scooter), adicionalmente los motores van a exceder en un 200 % su potencia nominal, siendo esto algo muy común en motores eléctricos, recogiendo los datos que se presentan en la tabla 14-1. Los datos muestran que los dos motores utilizados en el diseño de este scooter alcanzaran la velocidad mínima de ascenso para todos los objetivos propuestos a excepción de la pendiente de 31.5%.

**Tabla 14-1:** Velocidades de ascenso

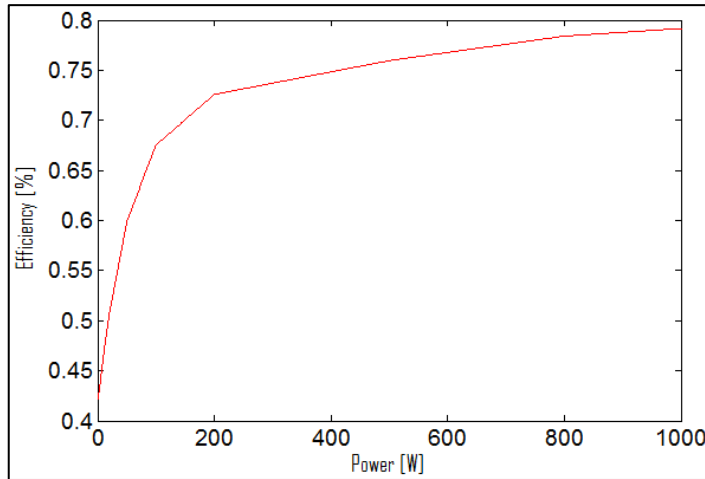
Power (W)	Grade (%)	Angle (°)	velocity (m/s)	Velocity (km/h)
700	7	4	5.12	18.43
700	14	7.97	2.58	9.27
700	31.5	14.48	1.19	4.28
1000	7	4	7.31	26.33
1400	14	7.97	5.15	18.55
1400	31.5	14.48	2.38	8.56

Fuente: (Ringer, 2015)

En el siguiente proyecto se propone una técnica de diseño de motor de CC sin escobillas y el diseño de un algoritmo que se desarrolló con la ayuda de dos paquetes de software distintos: Mathcad y Matlab. Un ejemplo es provisto para un motor de 450 W utilizado para conducir un mini scooter. Los principales requisitos de diseño para el motor CC sin escobillas (BLDC), considerados son: una potencia  $P_N = 450$  W, un voltaje nominal  $U_N = 27$  V, 15 pares de polos, la clase de aislamiento F y el nivel de protección IP-44. La metodología de diseño BLDC está inspirada en la literatura científica, considerando las modificaciones requeridas por los imanes permanentes (Marian-Ştefan et al., 2016, p.1).

En el proceso de diseño también es contabilizado para el tipo de bobinado, y sus dimensiones son calculadas con respecto al esquema del dispositivo de control disponible. Para el diseño del algoritmo del motor se supone que  $p = 1$  y se proporciona al programa como un vector de 10

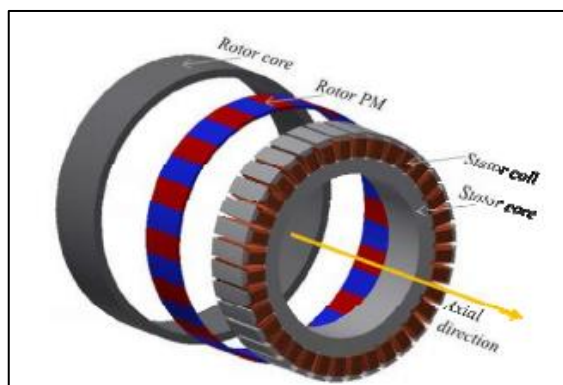
elementos, usando la interpolación lineal, se puede graficar la eficiencia en función de la potencia nominal. Los resultados son obtenidos con el paquete de software Matlab y representados en el gráfico 2-1. El valor final de la eficiencia resulta de la interpolación entre dos paralelas y es de 0.754 (Marian-Ştefan et al., 2016, p.2).



**Gráfico 2-1.**  $\eta=f$  (PN) plot for  $p=1$

**Fuente:** (Marian-Ştefan et al., 2016)

El sistema de accionamiento del motor que coloca los motores junto a la rueda o construye motores directamente en ellas también se puede aplicar a varios sistemas de transporte, como bicicletas eléctricas, sillas de ruedas eléctricas con dos ruedas y automóviles eléctricos con cuatro ruedas. En este artículo se utilizó un motor PM sin escobillas como motor en las ruedas para un scooter eléctrico como se observa en la figura 15-1 (Lee et al., 2017, p.2307).



**Figura 15-1.** Configuración preliminar de motor en rueda.

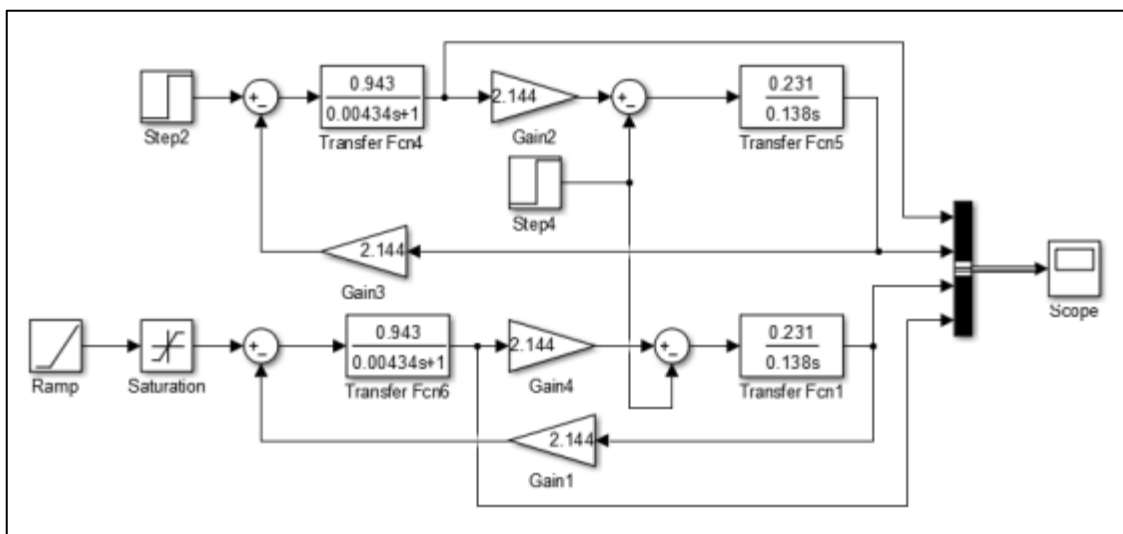
**Fuente:** (Lee et al., 2017).

Las especificaciones de salida del motor en la rueda de este diseño consideran que cumple con los requisitos de la batería y el controlador, así como con el rendimiento propio del scooter

eléctrico. Aunque no contrasta estrictamente con los motores utilizados para el sistema de tren de potencia o la dirección de las ruedas en los vehículos de lujo, el par dentado de este, aplicando las dimensiones decididas por el proceso de diseño óptimo y construyendo un modelo para el análisis del campo magnético. Se presenta el proceso de diseño y los resultados del motor en la rueda para el scooter eléctrico considerando una producción económica. Las mayores limitaciones para el diseño se obtuvieron con evaluaciones analíticas y experimentales del motor de desarrollo preliminar (Lee et al., 2017, p.2308).

Para el modelado matemático, estático y dinámico de un motor (CC), en este artículo se utiliza el software Matlab, presentando la posibilidad de una mayor construcción de modelos de sistemas de accionamiento eléctrico con este tipo de motor. El motor de corriente continua por sus propiedades dinámicas equivalentes a un eslabón de segundo orden, las características estáticas aportan las ideas principales de las propiedades electromecánicas del motor en el funcionamiento nominal y en los esquemas expresos de encendido o el cambio de sus parámetros (Semenov et al., 2018, p.4).

En el cálculo de todas las características planteadas, se ejecutó en Mathcad el motor de corriente continua y se calcularon los coeficientes de los diagramas en el caso de una fuerza constante y una fuerza variable, el modelo matemático se construyó en Simulink de Matlab el cual se adaptó para instalaciones de elevación y tiene un impacto externo negativo en forma de período de resistencia. El encendido del motor va acompañado de una gran corriente de arranque, esta se puede reducir mediante la inclusión en la cadena del ancla del reóstato de arranque, como se observa en el esquema de la figura 16-1 (Semenov et al., 2018, p.4).



**Figura 16-1.** Motor CC excitado en el control de corriente de arranque.

Fuente: (Semenov et al., 2018).

Como resultado del trabajo se calculó las características mecánicas y electromecánicas a un flujo magnético constante y una resistencia variable de un ancla para un motor de CC excitado por separado, también se fijó las curvas de los fenómenos de transición a un flujo magnético constante y variable, construyendo las curvas de los fenómenos de transición de arranque del motor al ralentí y bajo carga. Todas las investigaciones del modo estático y dinámico del motor (dc) resultan útiles para el desarrollo de modelos matemáticos de sistemas de accionamiento eléctrico de este tipo de motor (Semenov et al., 2018, p.4).

En el siguiente artículo se realizó el modelado de un motor/generador de corriente continua con conexión independiente mediante el software MATLAB/SIMULINK. Se realizó un devanado de excitación, mediante las leyes de voltaje de Kirchhoff, la ecuación eléctrica del motor DC con conexión independiente cuando se encuentra en estado estable, tomando en cuenta la segunda Ley de Newton de la rotación dinámica y el momento de una fuerza (torque). Aplicando los datos y ecuaciones correspondientes en el programa Matlab/Simulink, e integrando todos los circuitos, ingresando los datos requeridos para la simulación del motor DC, el torque de carga mecánica de:  $0 \text{ N}\cdot\text{m}$ , con un tiempo de carga de 2s, el cual se refiere al tiempo donde se conecta la carga externa en el eje del motor DC, se armó el esquema visualizado en la figura 17-1 (Martínez-Peralta et al., 2020, p.362).

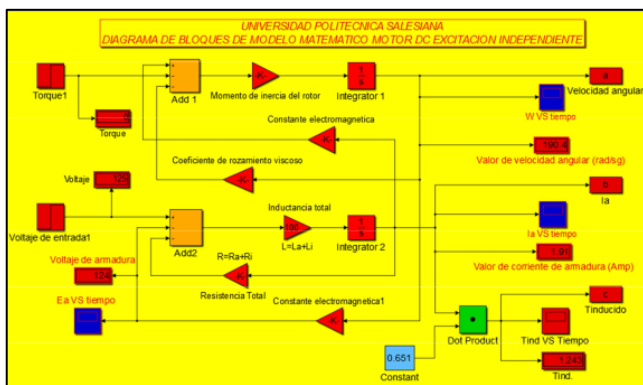
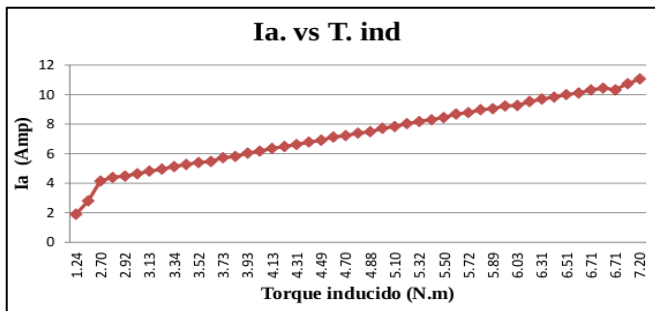


Figura 17-1. Motor DC sin carga  $T_L = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

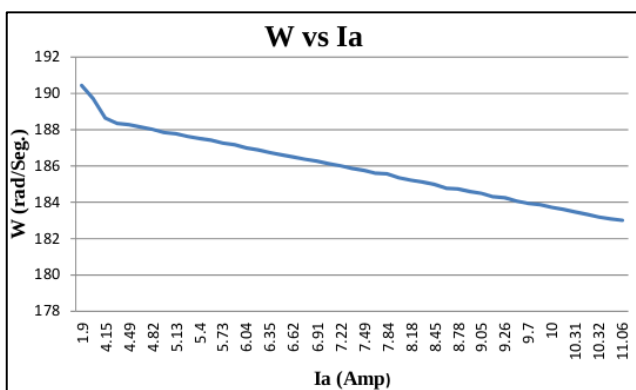
Fuente: (Meza-Weber y Ramos-Morales, 2015), (Martínez-Peralta et al., 2020).

En los gráficos 3-1, 4-1 y 5-1, se observa el comportamiento del motor DC, marca Hampden modelo DM-300, con los valores obtenidos de la simulación, evidenciando unas graficas lineales y una decreciente, esto debido a que al ser una simulación, no existen perdidas de energía de ningún tipo, ni problemas en las reacciones de la armadura de golpe, por lo que se podría decir que en el campo real los resultados pueden variar (Martínez-Peralta et al., 2020, p.372).



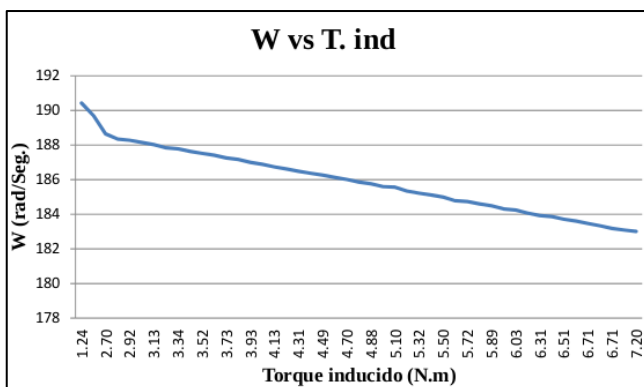
**Gráfico 3-1.** Corriente de Armadura versus Torque Inducido.

Fuente: (Meza-Weber y Ramos-Morales, 2015), (Martínez-Peralta et al., 2020).



**Gráfico 4-1.** Velocidad Angular vs Corriente de Armadura.

Fuente: (Meza-Weber y Ramos-Morales, 2015), (Martínez-Peralta et al., 2020).

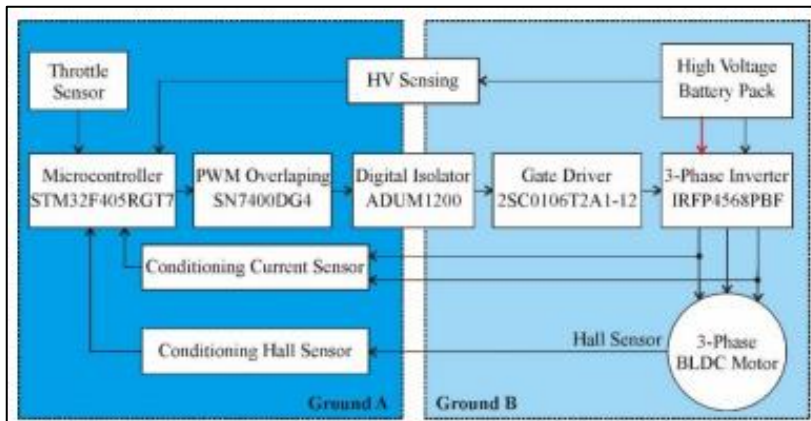


**Gráfico 5-1.** Velocidad Angular versus Torque Inducido.

Fuente: (Meza-Weber y Ramos-Morales, 2015), (Martínez-Peralta et al., 2020).

Un controlador de retroalimentación de un motor de corriente continua sin escobillas (BLDC) generalmente incorpora sensores de efecto Hall, señales de fuerza contraelectromotriz (BEMF) y sensores de corriente. Este artículo tiene la finalidad de explicar como la calidad del controlador se ve afectada por la precisión en la medición de corriente y las señales de retroalimentación; el

controlador de motor BLDC en este artículo está ilustrado por un diagrama de bloques como se observa en la figura 18-1. Un punto importante a considerar en el diseño de un inversor trifásico es que HV debe estar aislado con un suministro de microcontrolador, esto se hace para evitar picos de interferencia en el HV que pueden provocar un reinicio del microcontrolador (Yuniarto et al., 2019, p.4).



**Figura 18-1.** Diagrama de controlador de motor BLDC.

**Fuente:** (Yuniarto et al., 2019)

El rendimiento del controlador de motor BLCD se probó utilizando un dinamómetro de corrientes de Foucault, las señales BEMF son trapezoidales, por lo que esta técnica de control se denomina control trapezoidal. Se encontró una señal en el sensor de la sala de fallas, que estaba en el círculo rojo, misma que no afectó directamente a la lógica de conmutación porque no alcanza el nivel de entrada digital al ser bajo. El diseño sin un aislador digital puede causar una ondulación de la corriente que provocaría errores de cálculo de compensación en el controlador PID. La corriente de ondulación en el motor BLCD se redujo mediante un aislador digital, los resultados de las pruebas de rendimiento indican que el controlador es adecuado para aplicaciones de scooter eléctrico (Yuniarto et al., 2019, p.5).

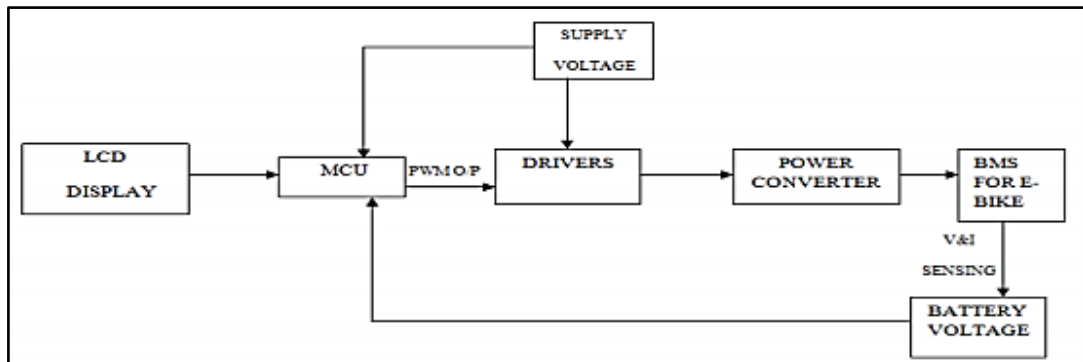
En el análisis comparativo de las características de rendimiento de los vehículos eléctricos de propulsión centralizada y distribuida, se encontró que el modo de propulsión para el motor del cubo de rueda de los vehículos eléctricos con propulsión distribuida tiene una estructura compacta, una alta relación de utilización del espacio interior del vehículo, un centro de gravedad más bajo, buena estabilidad de conducción, fácil control inteligente y muchas otras ventajas, por lo tanto, en línea con los nuevos requisitos para el desarrollo del rendimiento de conducción de vehículos eléctricos, y la conducción distribuida será el modo definitivo de vehículos eléctricos en el futuro (Sun et al., 2017, p.1).

La transmisión del motor de la rueda elimina por completo los componentes del tren de fuerza, integra al motor, sistema de suspensión y sistema de frenos en la llanta, logrando una estructura compacta del vehículo, un centro de gravedad más bajo y una estabilidad de conducción mejorada. El motor de la rueda se conecta a la batería de potencia y al controlador mediante un mazo de cables, esto permite una mayor flexibilidad en el diseño del espacio interior y ahorra más espacio para los ocupantes al tiempo que mejora la comodidad de conducción. Mientras tanto, el movimiento de cada rueda es independiente entre sí, sin una conexión rígida, la fuerza motriz de la rueda y la fuerza de frenado se pueden optimizar rápidamente, asignadas de manera precisa y arbitraria por los sistemas de control del motor y la computadora según el estado de conducción, fácil de implementar por dirección por cable, ABS, TCS, ESP y otras funciones, logrando una dirección flexible del motor, rendimiento cinético confiable y buena estabilidad de manejo. Además, la transmisión del motor in-wheel también puede lograr frenado eléctrico, compuesto electromecánico y realimentación de energía, con bajo consumo de energía y alta recuperación de energía de frenado, la eficiencia de conversión de energía puede alcanzar el 90% (Sun et al., 2017, p.5).

Se obtuvo como conclusión que los vehículos eléctricos que adoptan el modo de conducción del motor in-wheel tiene una estructura compacta, una alta relación de utilización del espacio interior del vehículo, un centro de gravedad más bajo del vehículo, una buena estabilidad de conducción, un control inteligente fácil y tienen ventajas únicas en cuanto a costos de mantenimiento, seguridad, alto -par de conducción y otros aspectos en comparación con otros modos de conducción. Por lo tanto, está en línea con los requisitos para el desarrollo de motores de accionamiento de vehículos eléctricos pequeños, alta densidad de potencia, alta confiabilidad, etc., que seguramente será el modo de manejo definitivo de vehículos eléctricos en el futuro (Sun et al., 2017, p.5).

En el diseño del scooter eléctrico se tomó en cuenta una pantalla LCD, en el sistema propuesto en el artículo, la pantalla proporcionará toda la actualización con respecto al estado del scooter eléctrico. También, obtuvieron el voltaje de suministro del dispositivo que es el motor y el voltaje de la batería con respecto su estado. Ahora, la salida obtenida del MCU, que se denomina unidad de microcontrolador, se proporcionó al circuito del controlador, que no es más que el valor PWM. El valor PWM no es más que un valor de voltaje promedio que se puede obtener como voltaje máximo y el mínimo (0V y 5V) respectivamente. El voltaje promedio obtenido de la salida PWM es de aproximadamente 2.5 V, que no se puede utilizar para impulsar el motor de CC sin escobillas, que tiene una clasificación de aproximadamente 48 V. El circuito del controlador incluye los MOSFET de potencia que pueden conducir el circuito sin problemas y también ayuda a obtener la posición del rotor, por tanto, la necesidad de un circuito conductor como el de la

figura 19-1, es muy importante para el correcto funcionamiento del patinete eléctrico (Sesa Balaji et al., 2020, p.2).



**Figura 19-1.** Esquema de lo que obtiene la MCU.

**Fuente:** (Sesa Balaji et al., 2020).

El desarrollo de software diseñado es mucho más eficiente y simple para el control del motor BLDC. Este método de desarrollo de software también se puede implementar en el control de varios otros dispositivos cuando se utiliza en el diseño del scooter eléctrico y también en el control del motor de CC sin escobillas. La mayor parte del diseño se realiza mediante el circuito de selección de potencia, son los más eficientes y se utilizan en diversas aplicaciones incluidos los scooters eléctricos (Sesa Balaji et al., 2020, p.3).

En el siguiente artículo se realiza el diseño de un motor de bicicleta eléctrica. El estudio se presenta de acuerdo con las dimensiones y características fundamentales mantenidas dentro de algunos límites determinados por medio de la potencia nominal del motor y limitaciones físicas que surgen de los tamaños estándar de bicicletas disponibles en el mercado. Después de definir los parámetros del motor y los materiales que se utilizan el diseño del motor se optimizó, los intentos se llevan a cabo mediante un solucionador analítico empleando cálculos numéricos y elementos finitos (FEM). Los diseños de motores se evalúan en función de producción de par, peso, eficiencia y facilidad de fabricación, el prototipo fabricado se probó mediante un examen especial que incluye un generador de carga de 500W, el cual está conectado a un banco de resistencias a través de un rectificador. En el estudio experimental, el par y la velocidad del eje de motor son monitoreados para diferentes niveles de carga incluyendo también condiciones de sobrecarga, además, se realizó una prueba de calentamiento a 250 W de potencia nominal del motor prototipo de acuerdo con las normas (Ustun et al., 2016, p.2).

El aumento de temperatura se obtuvo con 71.6 °K, que es adecuado para este tipo de motores, la prueba de calentamiento se basa en métodos de variación de la resistencia. Todos los hallazgos



son experimentales, el estudio indicó la validación del motor diseñado para aplicaciones de bicicletas eléctricas, los resultados obtenidos fueron buenos e implican la veracidad del diseño. Además, la temperatura de funcionamiento del motor para servicio continuo es admisible y el motor puede ser operado en condiciones de sobrecarga. El prototipo de motor BLDC para bicicleta eléctrica está diseñado y fabricado de acuerdo con la Norma europea EN15194, se realizó un análisis exhaustivo para obtener el diseño de motor óptimo que sea adecuado para propulsión de bicicleta eléctrica mediante la implementación de un diseño previo con cálculos y una evaluación detallada del campo magnético FEM (Ustun et al., 2016, p.2).

Con la masiva afición a la tecnología de automóviles eléctricos, todos los tipos extraordinarios de motores cambian hacia un enfoque verde. Este artículo explicó los componentes del tren motriz utilizados en el diseño del scooter eléctrico, empezando con el motor in-wheel que es un motor eléctrico CC que se integra en el aro de la rueda y lo conduce al mismo tiempo. Los vehículos síncronos suministran electricidad en forma de sección a través de un motor eléctrico cerrado. El controlador suministra los impulsos de bobinado del motor que regulan la velocidad y el par del motor, un controlador de velocidad no solo regula la velocidad de una bicicleta eléctrica, sino también actúa como freno dinámico (Kishore et al., 2021, p.1).

La conexión del controlador se realizó con los distintos componentes del scooter, el cable rojo negro/azul al regulador de velocidad 1-4V y al acelerador (Rojo: + 5v, Negro: -, Azul: Cable de señal), el amarillo/negro con el freno, el cable rojo/azul se conecta a la luz de freno, el amarillo/azul son las conexiones del motor, el rojo y negro (cable pequeño) para el cargador, el rojo y negro (cable grande): conexiones de la batería y el cable rojo y negro (cable pequeño) a la luz indicadora. La potencia requerida del motor eléctrico se calculó como se aprecia en la tabla 15-1 (Kishore et al., 2021, p.2).

**Tabla 15-1:** Cálculos de cargas y potencia

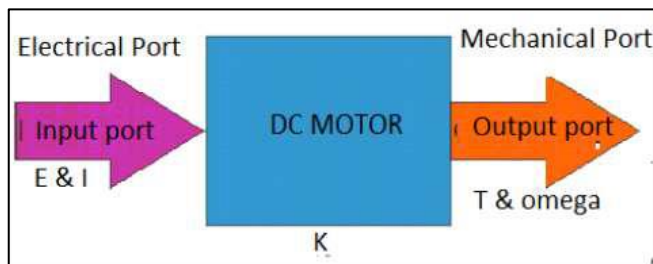
La carga promedio en el vehículo sigue el peso promedio de la persona:	$= 60\text{kg} \cdot 166667\text{mm} / \text{min} * 797.56\text{mmrpm}$ .
Para encontrar la potencia mínima del motor:	$\text{Trw} * \text{rpm} * ((2) / 60) = 208$
Peso de la bicicleta:	$= 40 \text{ kg} = 60 * 9.81 = 608.22\text{N} = 40 * 9.81 = 392.4 \text{ N}$ $= 13.26 * 208 * ((2 * 3.14) / 60)$
Otras cargas misceláneas	$= 5\text{Kg}$ $= 5 * 9.81 = 49.05 \text{ N}$
Carga total	$= (608.22 + 392.4 + 49.05)$ $= 1044.67\text{N}$
Para encontrar la reacción máxima en cada rueda	Fuerza (Ffw) = Fuerza (Frw) $= 1044.67 / 2$ $= 522.335\text{N}$
Para encontrar la reacción en cada rueda	Rfw = Rrw $= 0.2 * 522.33$

= 104.467 N
-------------

Fuente: (Kishore et al., 2021).

La carga autónoma del scooter híbrido actual que se modificó en el scooter eléctrico utilizado para el análisis es adecuada para todas las ciudades y carreteras, ya sean de cemento o grava. Este scooter resultó caro, más fácil de fabricar y se puede usar comúnmente para viajes de corta distancia, especialmente por escolares, estudiantes universitarios, trabajadores de oficina, agricultores, carteros y es apropiado para poblaciones más pequeñas y envejecidas (Kishore et al., 2021, p.4).

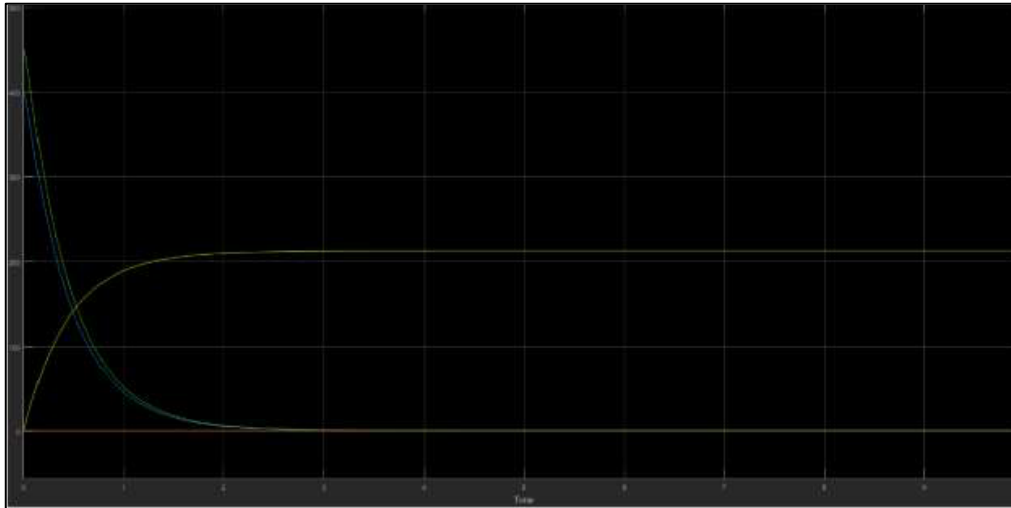
En el siguiente artículo se tiene como objetivo establecer la relación entre la velocidad del motor de CC y el par de carga a diferentes voltajes, así como investigar el rendimiento de los sistemas de bucle cerrado cuando se aplican diferentes voltajes al circuito de armadura del motor al momento de suministrar un voltaje constante al circuito de campo del motor. Al modelar el motor de CC controlado por armadura para este estudio, se empleó un circuito eléctrico simple del diagrama como se muestra en la figura 20-1 (Verma et al., 2021, p.239).



**Figura 20-1.** Diagrama de bloques del módulo de E / S de CC motor.

Fuente: (Verma et al., 2021).

Se realizó una discusión en este artículo sobre el motor de CC controlado en MATLAB-SIMULATION. Los diversos resultados analíticos gráficos muestran que el motor define con precisión el efecto del cambio en la corriente de campo en la curva de características frente a la velocidad de campo, como se observa en el gráfico 6-1, así como el par frente a la curva de velocidad del motor de CC diseñado y controlado en Matlab. Además, se puede decir que la respuesta en estado estable muestra que a diferentes velocidades de corriente de campo del motor de CC es directamente proporcional al par de carga. La respuesta transitoria muestra que, sin ninguna retroalimentación, el rendimiento de la respuesta también se puede mejorar (Verma et al., 2021, p.240).



**Gráfico 6-1.** Corriente de campo frente a la velocidad del motor.

Fuente: (Verma et al., 2021).

### 1.7.5 *Autonomía de baterías en prototipos de vehículos eléctricos*

Las baterías son la fuente de energía para cualquier vehículo eléctrico, el siguiente artículo tiene como objetivo ayudar a proporcionar un esquema de un scooter motorizado y sus diversos componentes. Los scooters eléctricos suelen estar limitados a una velocidad de 25 km/h, un vataje mayor aumenta el rango y puede aumentar el par de torsión ascendente, sin embargo, un vataje mayor no lo hace, se necesita una batería de tamaño compacto para instalar en el scooter. Al elegir el motor de accionamiento para el vehículo eléctrico, se deben tener en cuenta una serie de factores para ver el par máximo necesario y estos son la resistencia a la rodadura, la resistencia a la gradiente y la resistencia aerodinámica; la suma de estos factores da como resultado el factor total. El rendimiento del motor varía con la carga aplicada, es esencial elegir su clasificación de acuerdo con la carga, se asumió que el peso colocado en el motor es de 110 kg, siendo el total del conjunto del scooter que incorpora el motor, chasis, batería y adicionalmente el del usuario. El scooter contiene una batería de plomo-ácido de capacidad 24v, 10Ah; por lo tanto, se puede cargar de 200 a 250 Wh, funcionando a una velocidad adecuada de 15 km / h (Ganesh Murali et al., 2021, p.617).

El principal objetivo en el siguiente artículo es presentar el diseño de un scooter eléctrico de tres ruedas con autonomía extendida. Para ello se obtuvo un modelo impulsado por dos motores BLDC colocados en las ruedas traseras controlados independientemente por un controlador no lineal denominado Backstepping. De hecho, contiene un potente sistema diferencial para garantizar la seguridad del pasajero al circular por carreteras con curvas. El modelo estudiado se

simuló a través del entorno Matlab/Simulink, para ello la batería se sometió a diferentes condiciones (carga y velocidad) y llegó mostrar un resultado interesante, que se puede observar en la tabla 16-1 (Chergui et al., 2020, p.420).

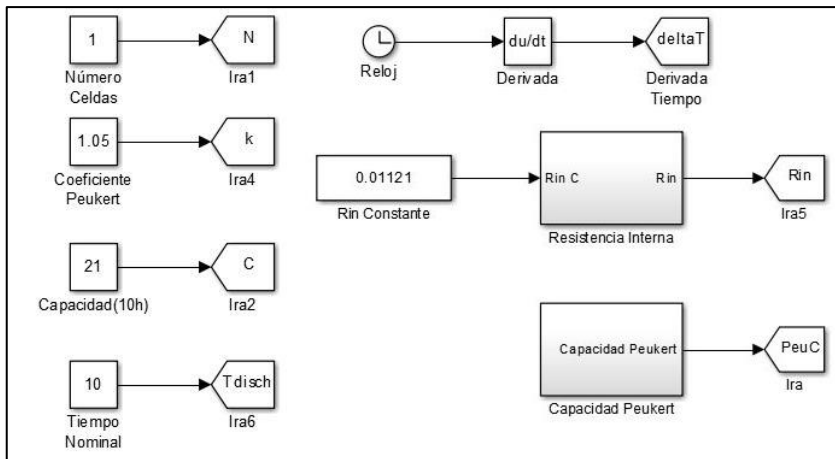
**Tabla 16-1:** Variación de corriente, potencia y SOC, en diferentes fases de trayectoria.

Tiempo (s)	CONSUMO DE BATERÍA					
	Intensidad (A)		Potencia (W)		SOC (%)	
	PI	Backstepping	PI	Backstepping	PI	Backstepping
0	0	0	0	0	50	50
1	6.72	4.31	1432	921	49.98	49.99
6	17.03	12.06	3561	2551	49.89	49.91
20,18	21.68	18.44	4454	3815	49.37	49.39
25,17	5.5	8.69	1144	1805	48.97	49

Fuente: (Chergui et al., 2020).

El aumento significativo sobre impulso en el PI condujo a un aumento en la aceleración, así como el par aerodinámico aplicado al scooter, lo que conduce a un incremento en la potencia de la batería en comparación con la consola de retroceso. La actuación del sistema cuya velocidad es gestionada por un controlador de retroceso no lineal se compara con un controlador PI clásico. Los resultados obtenidos muestran la respuesta muy rápida del sistema estudiado durante la aceleración, así como la alta capacidad de diferenciales electrónicos cuando el scooter entra en una carretera con curvas (Chergui et al., 2020, p.420).

El objetivo del siguiente artículo es simular un modelo global de vehículos eléctricos, con ayuda del software Matlab-Simulink, se comprobó de forma experimental el modelo mediante un scooter eléctrico. La simulación de una batería energética contribuyó a predecir el comportamiento que esta tendrá, cuando se encuentren funcionando en el vehículo eléctrico. El modelado de la batería es un proceso complejo, sus reacciones químicas son difíciles de predecir, y estas varían en función de ciertos parámetros como: la temperatura, el uso que se le haya dado, o también puede ser el tiempo que se mantengan funcionando, pero para este proyecto se utilizará un modelo sencillo que garantiza buenos resultados. Para calcular la tensión del circuito abierto, que depende de la profundidad de descarga (DoD), y del estado de carga (SoC), siendo  $SoC=1-DoD$ , el bloque de configuración de las baterías que viene dado por el esquema planteado en la figura 21-1 (Moreno, 2015, p.5).



**Figura 21-1.** Bloque de constantes para la configuración de la batería.

Fuente: (Moreno, 2015)

Luego se diferencia si la batería se descarga por demanda de energía o que la batería se cargue por el freno regenerativo, en otros casos la intensidad es cero, el desarrollo en MATLAB de la ecuación, está demostrado en la figura 22-1. Para el bloque de estado de carga o descarga, trata la cantidad de carga que se elimina o se suministra, va en función de la intensidad (I) y del coeficiente de Peukert ( $K_p$ ) y se encuentra representada por la siguiente formula:  $CRCS = I^k * \frac{\delta t}{3600}$ .

$$\frac{\delta t}{3600}$$

```
function out=Intens(E,Power,Rin)
if Power>0 % Se descarga la batería
    Intens = (E - ((E*E) - (4*Rin*Power))^0.5)/(2*Rin);
elseif Power<0 % Se carga
    Intens = (E - ((E*E) - (4*Rin*Power))^0.5)/(2*Rin);
else
    Intens=0;
end
out=(Intens);
```

**Figura 22-1.** Función en MATLAB de intensidad.

Fuente: (Moreno, 2015)

Se divide entre 3600 para transformar el tiempo en segundos, y el resultado viene dado en Amper/S, la ecuación expresada en MATLAB sería la planteada en la figura 23-1. Para ingresar en Simulink, se necesita integrar el resultado en función del tiempo, como se observa en la figura 24-1. Para el bloque de estado de carga, se necesitó dividir la carga entre la capacidad original de la batería, una vez realizados todos los bloques, se procedió a la unión de todos ellos, teniendo en

cuenta que es necesario unir la salida del estado de carga (SoC) con la entrada de tensión del circuito abierto y se tiene como resultado el porcentaje del estado de carga de la batería en cada instante del tiempo que dura la simulación (Moreno, 2015, p.7).

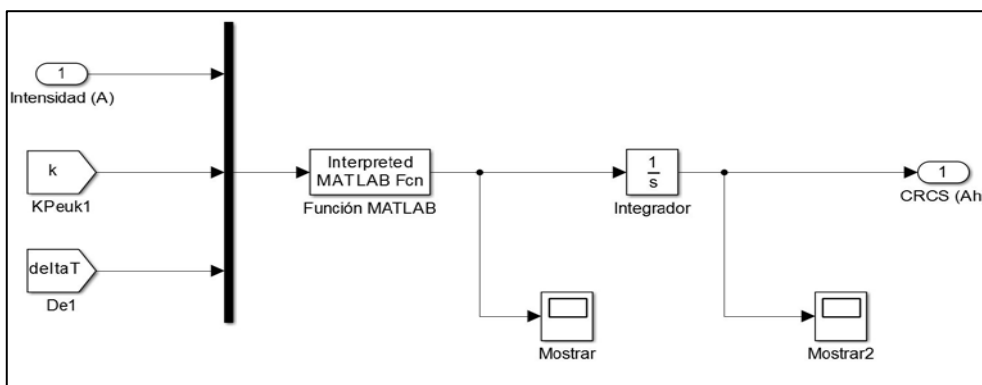
```
function out=borrar(I,Kp,deltaT)

if I>0 % Se descarga la batería (se elimina carga)
    CRCS=(I^Kp)*deltaT/3600;
elseif I<0 %se carga la batería (se suministra carga)
    CRCS=I*deltaT/3600;
else
    CRCS=0;
end

out=(CRCS);
```

**Figura 23-1.** Función en MATLAB de carga.

Fuente: (Moreno, 2015)



**Figura 24-1.** Bloque de carga.

Fuente: (Moreno, 2015)

En el proyecto realiza un análisis a 3 diferentes vehículos eléctricos pero se tendrá en cuenta únicamente el análisis a un scooter tipo motoneta vespa con una batería de 48V y 40 Ah, que al realizar la simulación obtiene como resultados que el estado de carga de la batería tras el recorrido es de 88.5% coincidiendo de manera razonable con el estado de carga de 89.2% ofrecido por el fabricante con una carga real (Moreno, 2015, p.7).

La base de la teoría de carga inmediata de la batería de plomo adopta la fuente de alimentación regulada del interruptor de alta frecuencia del convertidor de medio puente en la carga de la batería, y por medio del microordenador de un solo chip para controlar el proceso de carga. El artículo citado tiene como objetivo el diseño y simulación del circuito de carga del transporte

eléctrico basado en un procesador de un solo chip como núcleo, utilizando un módulo de detección de voltaje para probar el del terminal de la batería, por medio del módulo de conversión A/D para un microordenador de un solo chip. También el microcontrolador basado en el estado de carga del juicio de valor de voltaje actual, produciendo que al llenarse la carga, deje de cargarse automáticamente (Wang y Wu, 2016, p.1).

La batería del transporte eléctrico es el núcleo de la vida útil de la batería del vehículo eléctrico y la estabilidad del rendimiento, por lo cual el soporte o la caída de su rendimiento determina la calidad general del vehículo eléctrico. Los cargadores de automóviles eléctricos están afectando de manera directa la eficiencia y la vida útil de la batería. Este diseño utilizó el microordenador de un solo chip como control primordial, capacidad de control de microcontrolador confiable, el puerto de E/S y los beneficios de bajo voltaje y bajo consumo de energía. Este diseño realizó una carga rápida y pudo alimentar automáticamente el cargador del vehículo eléctrico analógico, para que el proceso sea más seguro, por lo cual se puede utilizar extensamente (Wang y Wu, 2016, p.3).

En el análisis de los factores que intervienen en el desgaste de las baterías de ion-litio, el siguiente artículo analizó el modelo teórico de una batería, para conocer las variables externas y de estado interna con el que se pudo estudiar el comportamiento de las celdas que componen una batería de ion-litio. Continuando con la parte del modelado teórico, se tomó en cuenta fórmulas que permitieron calcular las variables de las baterías que afectan a los parámetros eléctricos y térmicos de las celdas, como se observa en la figura 25-1, con la ayuda del programa Matlab Simulink (Pico et al., 2021, p.86).

$$E = f(SoC) = E_0 - k \cdot Q_{MAX} \cdot \left( \frac{100}{SoC} - 1 \right) + A \cdot e^{-B \cdot Q_{MAX} \cdot \left( 1 - \frac{SoC}{100} \right)}$$

$$R_{pol. \text{ descarga}} = f(SoC) = k \cdot \frac{100}{SoC}$$

$$R_{pol. \text{ carga}} = f(SoC) = k \cdot \frac{100}{1.1 - \frac{SoC}{100}}$$

$$U = E - (R_{OHM} + R_{pol})^i$$

**Figura 25-1.** Cálculo de carga y descarga.

**Fuente:** (Pico et al., 2021)

De estas fórmulas se especifica que (i) representan la corriente de la batería, (E) la tensión en los bornes, (E0) la tensión del circuito abierto, (K) es la constante de resistencia, (QMAX) es la máxima capacidad de la batería, (A) es la tensión exponencial, (B) es la capacidad exponencial y

el (SoC) es el estado de carga. También se toma en cuenta fórmulas para la representación calorífica en el simulado de batería como se observa en la figura 26-1 (Pico et al., 2021, p.86).

$$H = (E_0 - E) + T \frac{dE}{dT} \cdot i + (R_{OHM} + R_{pol}) i^2$$

$$E_0 = E_0(T_0) + \frac{dE}{dT} (T - T_0)$$

$$Q_{MAX} = Q_{MAX}(T_0) + \frac{dQ}{dT} (T - t_0)$$

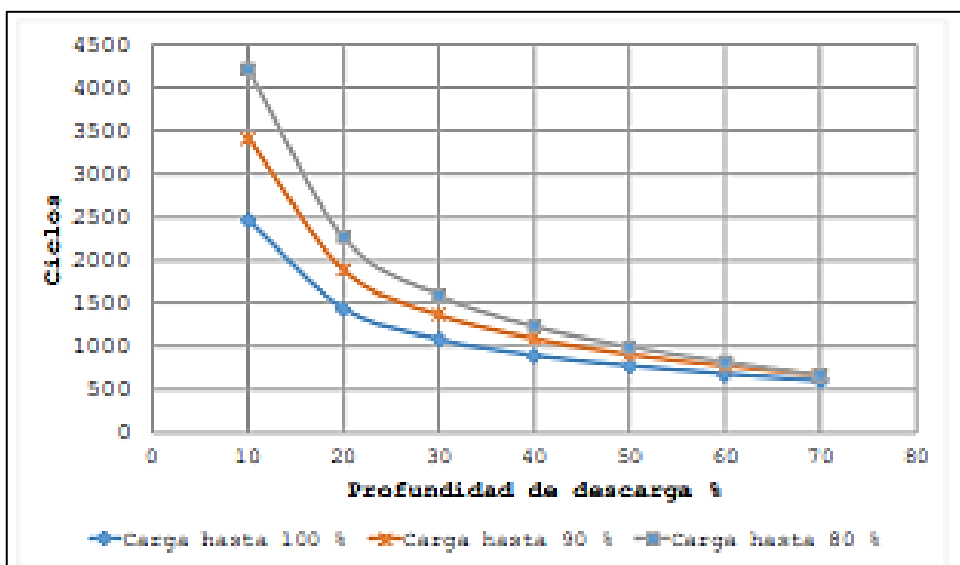
$$K(T) = R_{OHM}(T_0) \cdot e^{a \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_{OHM}(T) = R_{OHM}(T_0) \cdot e^{B \cdot \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

**Figura 26-1.** Representación calorífica.

Fuente: (Pico et al., 2021)

Se especifica que (H) es el calor que se genera y (T) es la temperatura de las celdas, éstas dos se las considera uniformes. La conexión de las celdas se puede dar en serie o en paralelo dependiendo los resultados que se necesite obtener de las baterías, para este estudio se utilizó la conexión en serie, luego se procedió a realizar las simulaciones en Matlab- Simulink, partiendo como base los datos especificados de 15 celdas con una conexión en serie y una intensidad de 55 Ah, que son con las que cuenta la batería utilizada para el estudio. La primera parte consistió en simular el desgaste prematuro de la batería teniendo en cuenta las diferentes profundidades de descargas con lo que se obtuvieron los resultados expresados en el gráfico 7-1 (Pico et al., 2021, p.88).



**Gráfico 7-1.** Ciclos vs profundidad de descarga.



Fuente: (Pico et al., 2021).

Las tres curvas tienen la siguiente descripción: curva celeste (100%), curva naranja (90%) y la curva gris (80%), sometiendo cada una a diferentes profundidades de descarga. Con esto se pudo deducir que con una carga de 90% y una descarga de 80% se pudo lograr 3408 ciclos. En otro caso se puede observar que cuando se carga 90% y se descarga un 20% se llegan a tener 662 ciclos. Estos análisis permitieron deducir que, cuando la batería se carga a un límite menor de su capacidad máxima, se obtendrá un mayor número de ciclos teniendo una vida más prolongada. Las curvas obtenidas en el gráfico 8-1, muestran que las baterías de ion-litio con la carga y descarga del (80%) al (30%), representada por la curva naranja, presentan un mayor número de ciclos, obteniendo así mayor duración que la curva celeste representada por un (80%) a (20%).

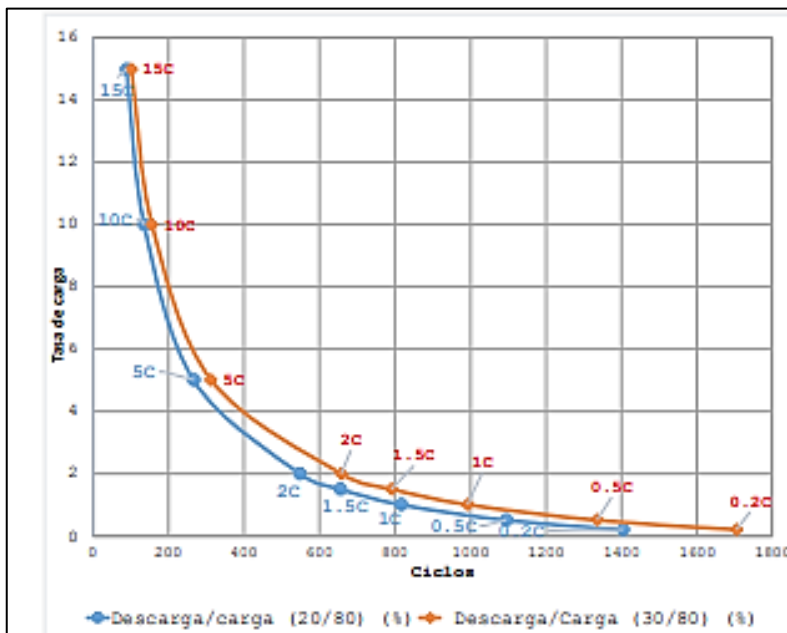
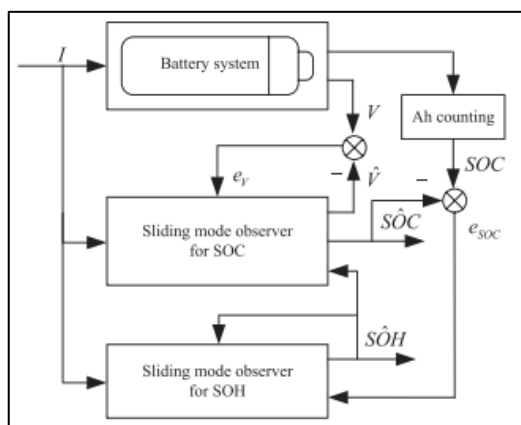


Gráfico 8-1. Barrido de carga a diferentes "C"

Fuente: (Pico et al., 2021).

Con los resultados obtenidos se demostró que cuando las pilas secundarias de ion-litio se someten a cargas y descargas muy rápidas, reducirán su vida útil drásticamente, por lo que recomiendan hacer una mezcla en su funcionamiento, si se realiza una carga con pocos amperios se debe realizar una descarga con muchos amperios, con esto se obtendrá el doble de ciclos de vida de una batería que si se realizara una carga y descarga con altas corrientes. También se confirmó que cuando las baterías funcionan a una temperatura bajo 0°C, los ciclos de vida también disminuyen en gran cantidad, así como también sucede en el caso de trabajar a altas temperaturas, concluyendo así que las baterías de ion-litio deben evitar ciclos de carga y descarga a temperaturas muy bajas o muy altas para poder prolongar su vida útil (Pico et al., 2021, p.89).

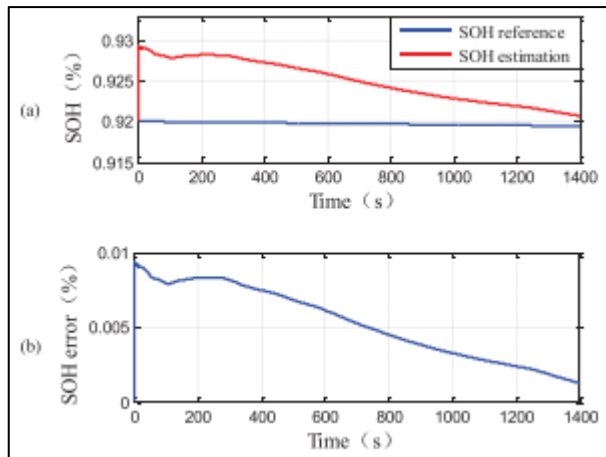
Las estimaciones del estado de carga (SOC) y del estado de salud (SOH) de la batería de iones de litio son importantes en un sistema de gestión de baterías. En este artículo, se presenta un método para la estimación conjunta de SOC y SOH basado en un observador de modo deslizante dual (DSMO) considerando el factor de desvanecimiento de la capacidad. Se construye un modelo de circuito equivalente con una red de condensadores y resistencias para representar los comportamientos dinámicos de las baterías de iones de litio. SOC y SOH no son variables medibles y deben estimarse, por lo tanto, los observadores deben reconstruir los estados y parámetros internos del sistema. El diagrama de bloques de DSMO para la estimación conjunta de SOC y SOH se muestra en la figura 27-1 (Chen et al., 2018, p.8).



**Figura 27-1.** Diagrama de bloques de DSMO para estimación de SOC y SOH.

**Fuente:** (Chen et al., 2018).

El modelo de batería propuesto y el DSMO son programados por Matlab / Simulink, debe verificar la viabilidad de la estimación conjunta de SOC y SOH basada en DSMO. Las simulaciones basadas en DSMO se llevan a cabo en el ciclo de pruebas urbanas estándar japonés JC08. El valor SOC de la batería disminuyó del 81,5% al 73,4%, el SOC estimado sigue de cerca la referencia y el error de estimación del SOC converge a 61%. Además, los resultados de la simulación de la estimación de SOH basada en DSMO se muestran en el gráfico 9-1. El error de estimación de SOH es cercano a cero, lo que significa que el DSMO propuesto tiene una alta precisión de estimación y un buen rendimiento de seguimiento (Chen et al., 2018, p.13).



**Gráfico 9-1.** Resultados de SOH estimados bajo JC08.

**Fuente:** (Chen et al., 2018).

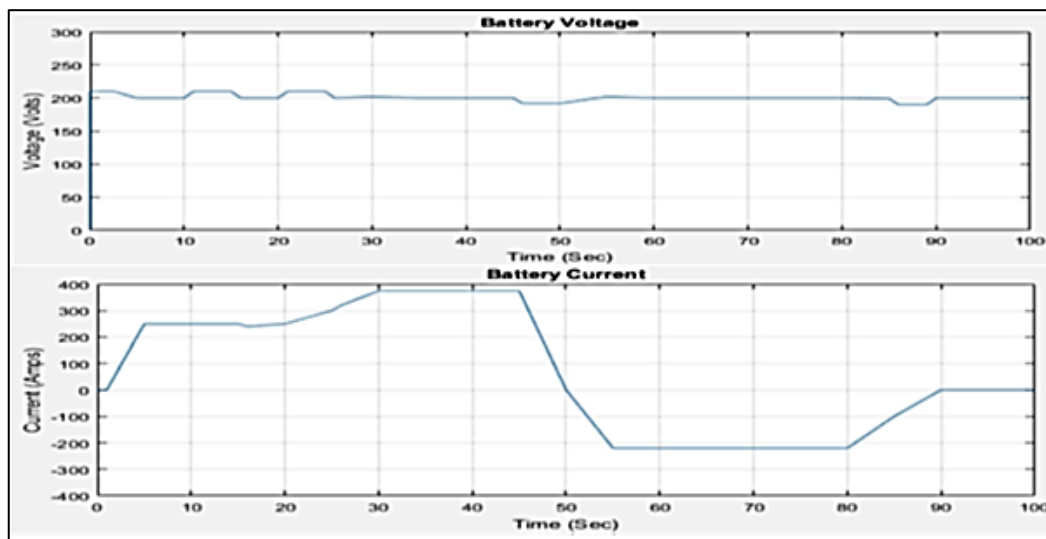
Los resultados de la simulación probados en Matlab / Simulink denotan la efectividad de DSMO y los errores de estimación de SOC y SOH son ambos inferiores al 2%. El DSMO diseñado también se prueba en base a la simulación AMESim y Matlab / Simulink, los resultados de la simulación muestran que el DSMO propuesto tiene un buen rendimiento y solidez en la estimación conjunta de SOC y SOH de la batería de iones de litio. En un estudio futuro, el factor de temperatura se considerará en la investigación de estimación conjunta de SOC y SOH de una batería de iones de litio, porque la temperatura tiene un efecto importante en el proceso de envejecimiento (Chen et al., 2018, p.14).

En el siguiente estudio, se simuló en la plataforma MATLAB-Simulink, los componentes relevantes del sistema eléctrico, así como se identificaron las ecuaciones correspondientes para la verificación del mismo. El controlador de carga de la batería es una herramienta responsable de la longevidad de las baterías, su importancia radica en emplear un sistema de gestión (BMS) de batería en el diseño de BEV's de sistema eléctrico. Un BMS muestra el voltaje de la batería, la corriente, temperatura, estado de carga (SoC), medición y el equilibrio celular. El estado de carga (SOC) es obtenido utilizando la ecuación (1), donde SOD es el estado de descarga,  $t$  es el tiempo,  $T$  es temperatura,  $e$   $i$  es actual. El estado de carga expresa la capacidad restante de la batería que podría verse afectada por la temperatura, la tasa de descarga y duración de la batería. La relación entre la carga residual disponible y la capacidad nominal es el SoC, como se ve en la ecuación (2) (Abulifa et al., 2018, p.1).

$$SOD = \frac{1}{Q_T} \int_0^t \alpha [i(\tau)] * \beta [T(\tau)] d\tau \quad (1)$$

$$SoC = \frac{Q(t)}{Q_{nom}} \quad (2)$$

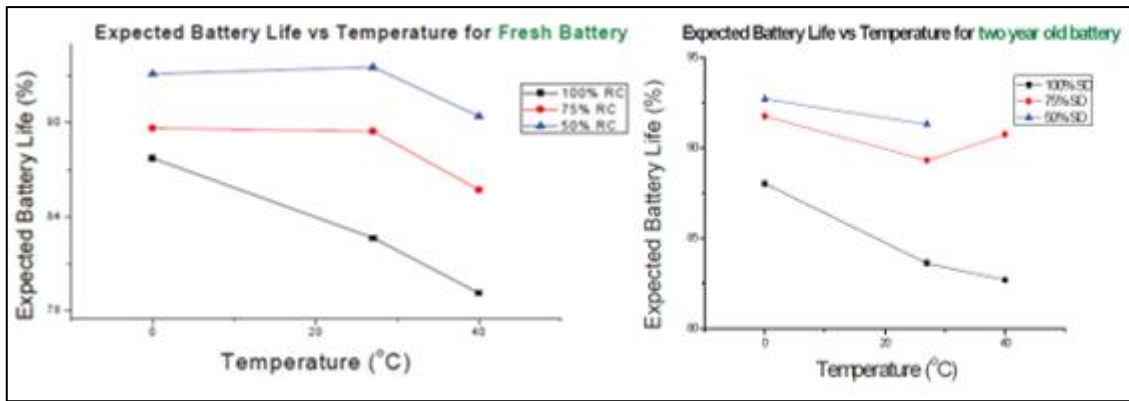
Donde  $Q(t)$  es la relación entre la carga residual disponible y  $Q_{nom}$  es la capacidad nominal. Matlab-Simulink utilizado para diseñar la batería eléctrica, componentes del vehículo e integrar todo el sistema. Además, Matlab-Simulink simula la batería del vehículo eléctrico y su correspondiente ecuación para su verificación, aparentemente todas las cifras mostraban que la simulación funciona en buenas condiciones. En el gráfico 10-1, el voltaje y la corriente de la batería está expuesta, la curva de corriente de la batería sigue al motor y las curvas de par requeridas vencen al aumento en la demanda de par, pudiendo notar el aumento de corriente de la batería (Abulifa et al., 2018, p.2).



**Gráfico 10-1.** Resultados de voltaje y corriente

Fuente: (Abulifa et al., 2018).

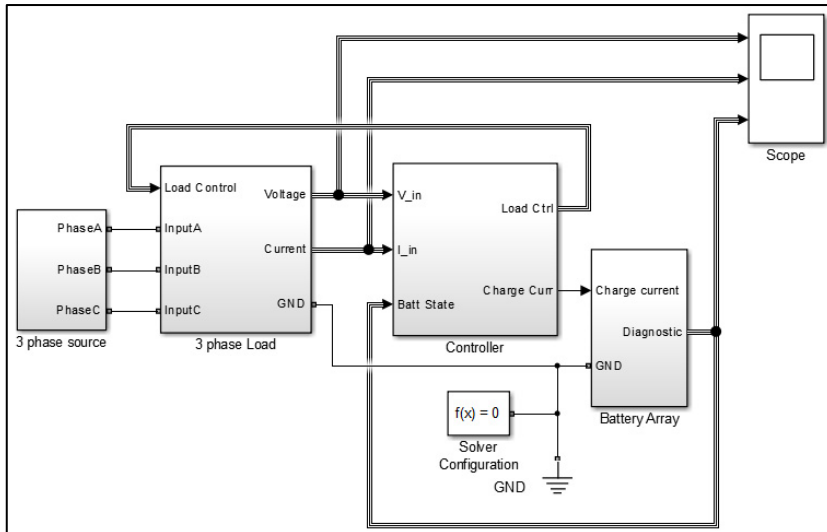
En la siguiente investigación se diseña y presenta la simulación de BMS, sistema que gestiona una batería recargable. Para vehículos eléctricos, todo el modelo y todos los demás bloques funcionales de BMS se implementan en la caja de herramientas Simulink de MATLAB R2012a. El BMS se implementó para proteger la batería y que funcione más allá de sus límites de seguridad, monitoreando su estado de carga (SoC) y su estado de salud (SoH). El FLC (Controlador de lógica Difuso) está diseñado para estimar la SoC de batería de plomo ácido, denotando que la vida útil de la batería se reduce con el aumento de temperatura, o a su vez esta se acorte según su tiempo de uso. Con los resultados obtenidos en el gráfico 11-1, se concluye que el modelo implementado en MATLAB, tiene un sistema de gestión muy eficiente para indicar el estado de la batería SoC y SoH (Kumar et al., 2016, p.1).



**Gráfico 11-1.** Vida útil de batería vs temperatura

Fuente: (Kumar et al., 2016).

Construir un modelo de controlador con la ayuda de S-Function usando un cargador de batería es el objetivo del siguiente artículo. La vista general del modelo se presenta en la figura 28-1, mismo que contiene los siguientes bloques principales: fuente trifásica para dispositivo de carga, carga trifásica, resistencias controladas para la simulación de carga y controlador que contiene el bloque de función S que se comunica con el programa de control en el lenguaje de alto nivel (Martyanov et al., 2015, p.1).



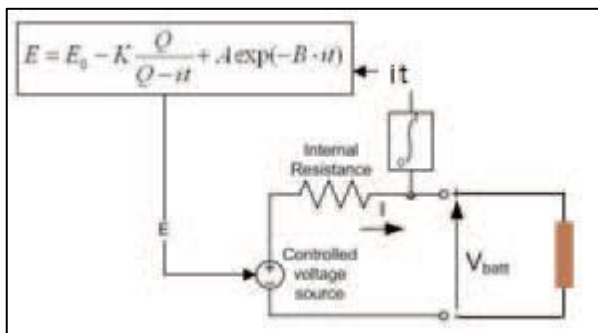
**Figura 28-1.** Vista general del modelo.

Fuente: (Martyanov et al., 2015).

El conjunto de batería que simula el comportamiento de una batería real y genera señales que llevan información sobre el estado de la batería para el controlador de carga, el alcance y configuración del solucionador requerido para los modelos correctos. El resultado práctico de la investigación es el modelo informático del dispositivo de carga de batería multifuncional

destinado a la prueba virtual de los parámetros del sistema de control bajo diferentes estrategias de carga y algoritmos de control (Martyanov et al., 2015, p.2).

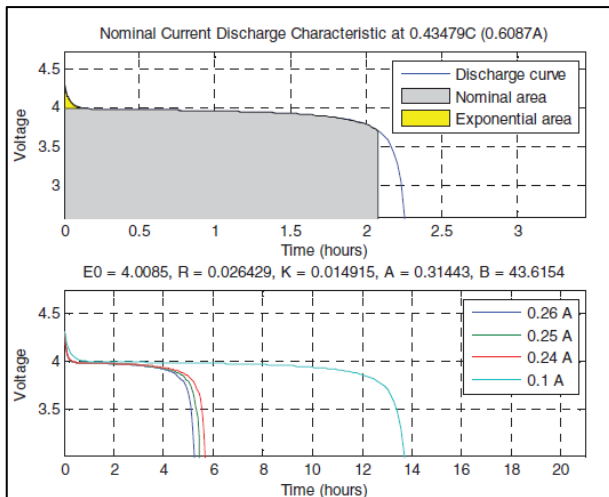
En el siguiente artículo se tiene como objetivo el análisis de datos para Li-Ion, los análisis basados en la entrada y salida de los parámetros de descarga se procesaron en SimulinkMATLAB. Calculando la carga actual que utiliza el teléfono celular, cuando se usa para llamadas, internet en WiFi y visualización de películas es de aproximadamente 0.24A, 0.25A y 0.26 A respectivamente. El esquema de voltaje de descarga para Li-Ion 3.7 V, 1400 mAh se puede ver en la figura 29-1. El esquema se trazó en la biblioteca Simulink con una corriente de descarga cargada de 0.24 A, 0.25 A, 0.26 A y 0.1 A, respectivamente (Kurniawan et al., 2016, p.1).



**Figura 29-1.** Circuito equivalente de la batería descargándose.

**Fuente:** (Kurniawan et al., 2016).

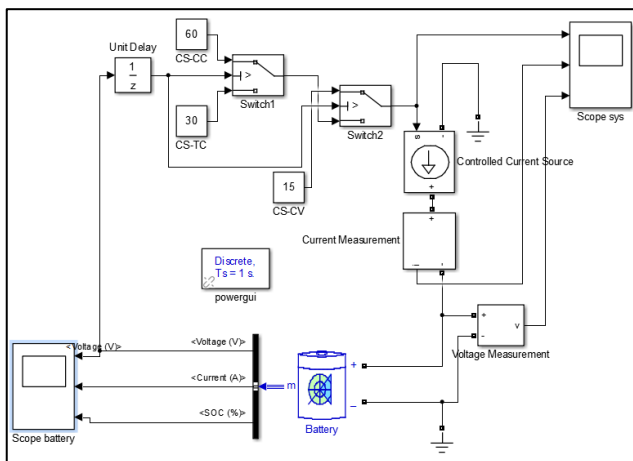
La primera sección representa la caída de voltaje exponencial cuando la batería está completamente cargada. El ancho de esta región es de unos veinte minutos, la segunda sección representa la carga que se pudo extraer de 1.2661 Ah, en más de dos horas. Simulink proporciona un entorno para el análisis de la descarga de la batería de iones de litio como se observa en el gráfico 12-1. Las baterías de iones de litio tienen ventajas en voltaje constante, voltaje exponencial y descarga de corriente nominal, la recomendación para futuros estudios e investigaciones es hacer un análisis completo, no solo de descarga sino también de las características de carga (Kurniawan et al., 2016, p.2).



**Gráfico 12-1.** Característica de descarga a la corriente nominal.

**Fuente:** (Kurniawan et al., 2016).

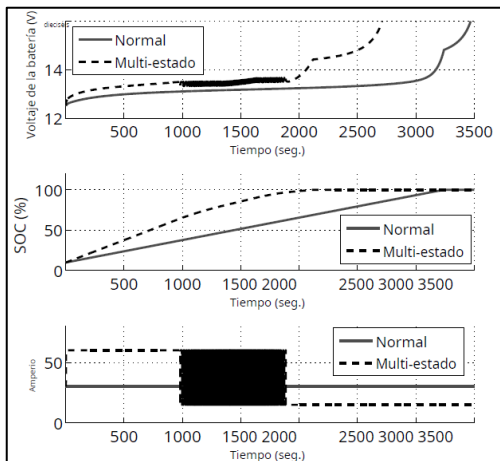
En el siguiente estudio se discute el estado de carga de la batería de iones de litio modelada por Matlab / Simulink. El diseño y la simulación de la batería de iones de litio de carga multiestado basada en el paquete de opciones con las que trabaja el software se muestra en la figura 30-1, en donde la característica del modelo de batería es de 12 voltios y 30 Ah (Poonsuk y Pongyupinpanich, 2017).



**Figura 30-1.** Diseño y la simulación de la carga multiestado de batería ion-litio.

**Fuente:** (Poonsuk y Pongyupinpanich, 2017).

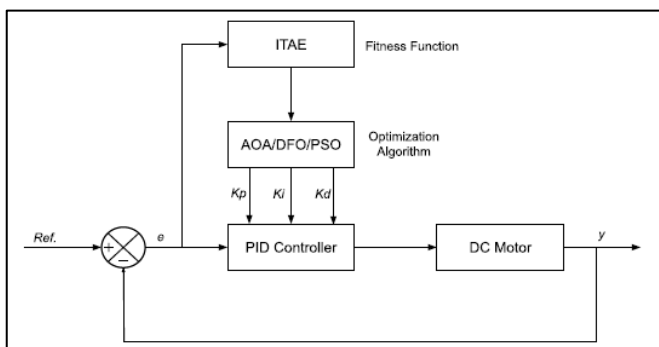
El estado de carga (SOC) se mide y se aplica para evaluar la característica de carga / descarga de la batería. Los múltiples estados de carga aplicados para llenar la capacidad de la batería se evalúan con el fin de lograr una alta eficiencia. Los resultados de la simulación de carga en el nivel de batería voltaje, SOC, corriente de carga normal y carga multiestado con  $V_{th} = 11.5V$  y  $V_{th} = 12.5V$  se pueden apreciar en el gráfico 13-1 (Poonsuk y Pongyupinpanich, 2017, p.1).



**Gráfico 13-1.** Resultados de la simulación de carga en el nivel de batería voltaje, SOC y corriente de carga.

**Fuente:** (Poonsuk y Pongyupinpanich, 2017).

El algoritmo de optimización de Arquímedes (AOA) y la optimización de moscas dispersivas (DFO) para sintonizar de manera óptima los parámetros de ganancia del esquema de control PID para regular la velocidad del motor de CC, es el objetivo del siguiente artículo. El modelado y la simulación se realizan en MATLAB / Simulink, el diagrama esquemático del controlador propuesto para el control de velocidad del motor de CC se ilustra en la figura 31-1. Finalmente, para la condición sin carga con el controlador de velocidad PID, se proporciona la función de transferencia de bucle cerrado (Acharya et al., 2021, p.822).



**Figura 31-1.** Diagrama de proceso de optimización de parámetros del controlador PID.

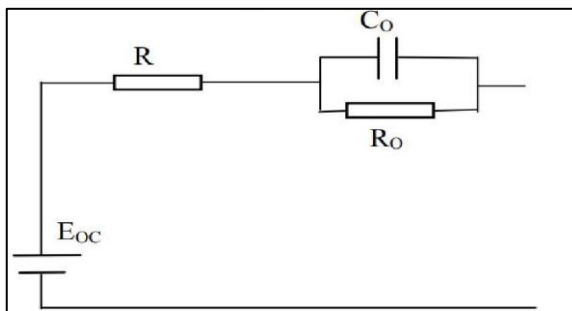
**Fuente:** (Acharya et al., 2021).

En este estudio, se presentaron dos nuevos enfoques para obtener un parámetro óptimo de ganancia del controlador PID para regular la velocidad de rotación de un motor de CC, por lo tanto, la técnica propuesta puede emplearse para garantizar un rendimiento óptimo del controlador



PID en grandes sistemas eléctricos, industria de procesos y sector de automatización, entre otros (Acharya et al., 2021, p.824).

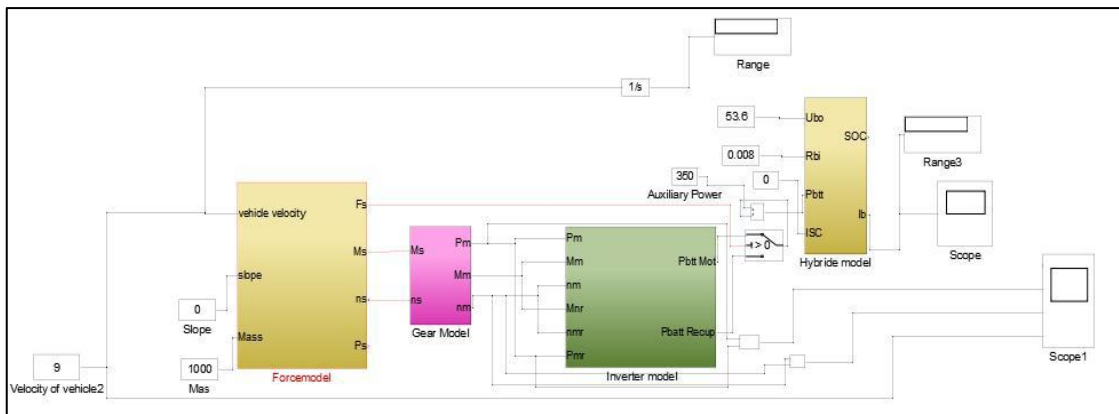
El siguiente artículo realiza la simulación de una batería ZEBRA mediante el entorno MATLAB/Simulink. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un procedimiento operativo estándar para el diseño, simulación y análisis de baterías para Vehículos Eléctricos Híbridos. Los resultados se consolidan en función del estado de carga de la batería, en los vehículos eléctricos el modelo de batería es el fuerte candidato que juega un papel vital como fuente de energía; el modelo de batería más simple se muestra en la figura 32-1 (VimalRaj et al., 2019, p.255).



**Figura 32-1.** Circuito equivalente simple de la batería.

Fuente: (VimalRaj et al., 2019).

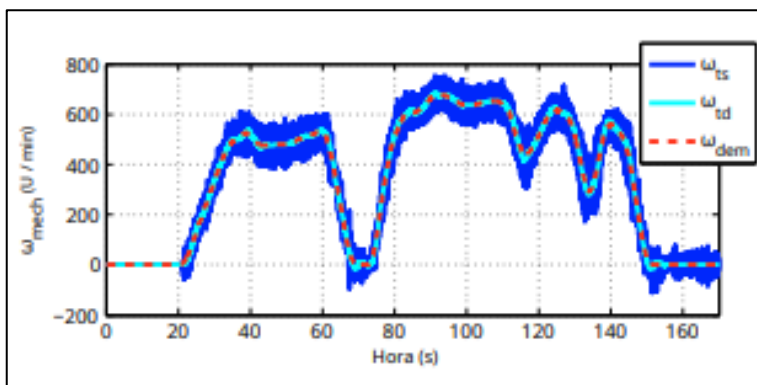
El modelo consta de una fuente de voltaje ideal (EO) y una resistencia en serie interna equivalente constante (ESR), así mismo puede aumentar la vida útil de la batería en un 15%, lo que a su vez tiene un gran impacto en el costo de mantenimiento de los vehículos eléctricos. El modelo de batería Zebra propuesto en la figura 33-1, se puede analizar en el futuro en el modo térmico para reducir la temperatura, lo que mejora aún más el rendimiento (VimalRaj et al., 2019, p.262).



**Figura 33-1.** Modelo simulink de sistema híbrido.

Fuente: (VimalRaj et al., 2019).

Como modelo de motor se utiliza un diseño de motor síncrono de imán permanente. En el siguiente artículo se presenta un modelo empírico de envejecimiento para una celda de óxido de litio y manganeso, que se basa en mediciones de envejecimiento. Los modelos brindan la posibilidad de evaluar el comportamiento de envejecimiento celular a largo plazo bajo ciclos de conducción realistas que tienen en cuenta los efectos del motor. Además del motor y la electrónica de potencia, se presenta un modelo de batería que incluye envejecimiento. Al principio, se comparan los dos modelos PMSM diferentes en cuanto a precisión y tiempo de cálculo, posteriormente los resultados del modelo de batería para el envejecimiento del calendario se comparan con el envejecimiento medido, al final se mostraron los resultados generales del modelo para el tren motriz. Los modelos PMSM se implementaron y probaron utilizando una parte del ciclo de certificación de emisiones de motocicletas armonizado en todo el mundo (WMTC), que se redujo para adaptarse a la potencia del scooter. En el gráfico 14-1, la velocidad de rotación resultante  $\omega_{mech}$  se visualiza, la línea punteada roja muestra la demanda de velocidad y la línea continua la velocidad alcanzada  $\omega_t$  cuando se usa el modelo sin inversor destinado a un horizonte de simulación largo (Rechkemmer et al., 2017, p.4769).



**Gráfico 14-1.** Velocidad  $\omega_{mech}$  resultante.

Fuente: (Rechkemmer et al., 2017).

Se presentó un modelo de tren motriz simple que consta de motor PMSM y batería. El envejecimiento de la batería se contabilizó mediante el uso de un modelo de envejecimiento empírico que ajusta al comportamiento de envejecimiento medido de las células de OVM. La validez del modelo de Schmalstieg también se mostró para la química de células de OVM y se agregó una implementación en línea mediante el uso de derivados; por último se mostraron los resultados de la simulación del modelo de tren motriz (Rechkemmer et al., 2017, p.4772).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Métodos de investigación

Uno de los métodos de investigación que se van a utilizar es el método inductivo, es un modelo de razonamiento en el cual se pasa del conocimiento de casos particulares a uno más general, reflejando la parte común en los fenómenos individuales. Su base es la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los aspectos habituales en un conjunto determinado, para llegar a conclusiones de los puntos que lo caracterizan (Rodríguez-Jiménez y Pérez-Jacinto, 2017, p.187). Este método sigue los siguientes pasos: la observación, experimentación, comparación, abstracción y la generalización (Plaza-Zambrano et al., 2019, p.33).

Esta metodología se empleará debido a que el diseño conceptual parte de modelos de scooters ya existentes en el mercado y se está considerando ciertas variables físicas del sistema con los que se definen los parámetros constructivos. Todos los parámetros obtenidos son utilizados en el modelado 3D que será realizado en SolidWorks. La primera parte es el modelado de 3 alternativas de chasis, las cuales varían en forma, materiales y peso. Una vez culminados los modelos de chasis, se obtendrán los datos específicos de cada uno, lo que permitirá realizar una comparación entre ellos y seleccionar la mejor opción. Luego se modelará cada componente del tren de potencia, los neumáticos y demás accesorios teniendo así el peso total del scooter final, el cual debe estar en un rango de 12 kg a 15 kg.

También se utiliza el método deductivo, que pasa de un conocimiento general a otro menos general, estas generalizaciones son puntos de inicio para realizar inferencias y llegar a nuevas conclusiones lógicas en casos particulares. Consiste en extraer soluciones o características concretas a partir de principios, leyes o definiciones universales, se trata de encontrar principios desconocidos, desde los conocidos o viceversa (Rodríguez-Jiménez y Pérez-Jacinto, 2017, p.188). Este método sigue los siguientes pasos: la aplicación, comprensión y demostración (Plaza-Zambrano et al., 2019, p.36).

Esta metodología se utilizará al momento de seleccionar el chasis más eficiente para el scooter eléctrico, el cual será optimizada tomando en cuenta el peso y la resistencia a los esfuerzos que se producen por el peso total del scooter eléctrico y el conductor. Estos esfuerzos son calculados por el método de Von Misses, el cual presenta el punto crítico de cada modelo y las cargas máximas que resisten. También se presenta en la ergonomía del scooter, comprendiendo las necesidades del usuario para un traslado cómodo y seguro, la cual se encarga de mejorar la posición del manubrio, la altura y el ancho del asiento.

Aplicamos también el método analítico, el cual consiste en separar las partes de un todo y estudiarlas de manera individual, agrupando después todos los elementos dispersos para estudiarlos en su totalidad. Es un proceso cognoscitivo por medio del cual una realidad es descompuesta en parte para su mejor comprensión, los pasos del proceso de análisis son la observación, descripción, examen crítico, enumeración, ordenación y conclusión (Plaza-Zambrano et al., 2019, p.40).

Este método se utilizará para la obtención de resultados en cada uno de los estudios planteados para la culminación de este proyecto. Al utilizar el software CAD 3D, se obtiene los esfuerzos y deformaciones a partir de datos proporcionados por el diseñador encargado, que pueden ir variando para conseguir el mejor modelo de chasis y su optimización. También se aplica al utilizar el programa Matlab ya que al variar los datos en las ecuaciones utilizadas y examinar los componentes eléctricos, se puede seleccionar el tren de potencia adecuado para el correcto funcionamiento del scooter. Para esto se propone un circuito del tren de potencia en SIMULINK, en él se puede cambiar valores de la potencia del motor y el voltaje de la batería. Otro dato que se puede variar son las condiciones en las que se quiere trabajar, ya sea el ángulo de inclinación de una pendiente, temperatura, etc. Los datos obtenidos permitirán conocer el torque y potencia del motor y los ciclos de conducción que permite una carga completa de la batería.

## **2.2 Métodos científicos**

El primer método científico a utilizar es la observación, que es una de las técnicas más comunes de investigación, ya que sugiere y motiva los problemas conduciendo a la necesidad de la sistematización de datos. La observación científica debe trascender una serie de limitaciones y obstáculos los cuales se pueden comprender por el subjetivismo, el etnocentrismo, los prejuicios, la paralización, la deformación, la emotividad, etc., se explica como la incapacidad de reflejar el objeto de estudio objetivamente y se refiere básicamente a la percepción visual; para este proyecto se utilizará principalmente la observación directa (Gómez-Bastar, 2012, p.14).

En este proyecto la observación es fundamental ya que con ella se puede modelar cada una de las partes que conforman el scooter eléctrico, permitiendo que todos sus componentes se encuentren correctamente ubicados, sin dejar de lado la ergonomía, la cual prioriza la comodidad del usuario en sus recorridos sin importar el tamaño que esta tenga. También es importante al seleccionar el mejor modelo de chasis, el sistema de dirección, amortiguación, neumáticos y accesorios en el software CAD, logrando una estética agradable a la vista.

El segundo método científico es la experimentación, la cual se define como el método científico de conocer, iniciando con la observación de fenómenos provocados para su estudio, por lo que existe un contacto directo entre el investigador y el objeto de estudio, así como los parámetros establecidos como guía, que pueden ser antecedentes teóricos, para determinar o evaluar los efectos del experimento. Para que un resultado obtenido por experimentación sea útil, es necesario comprobarlos y verificar su validez (Gómez-Bastar, 2012, p.17).

Este método es muy importante ya que se realizará varios análisis durante el proceso de diseño CAD, probando diferentes medidas, modelos, pesos o materiales que llevaran a la selección del mejor modelo de scooter que se adapte a las expectativas planteadas. También es esencial en la selección del tren de potencia y la autonomía de baterías, debido a que se van a presentar distintos datos o variables que mostrarán el rendimiento del motor, y los ciclos de conducción que ofrecerá una carga completa de la batería.

### **2.3 Metodología cuantitativa**

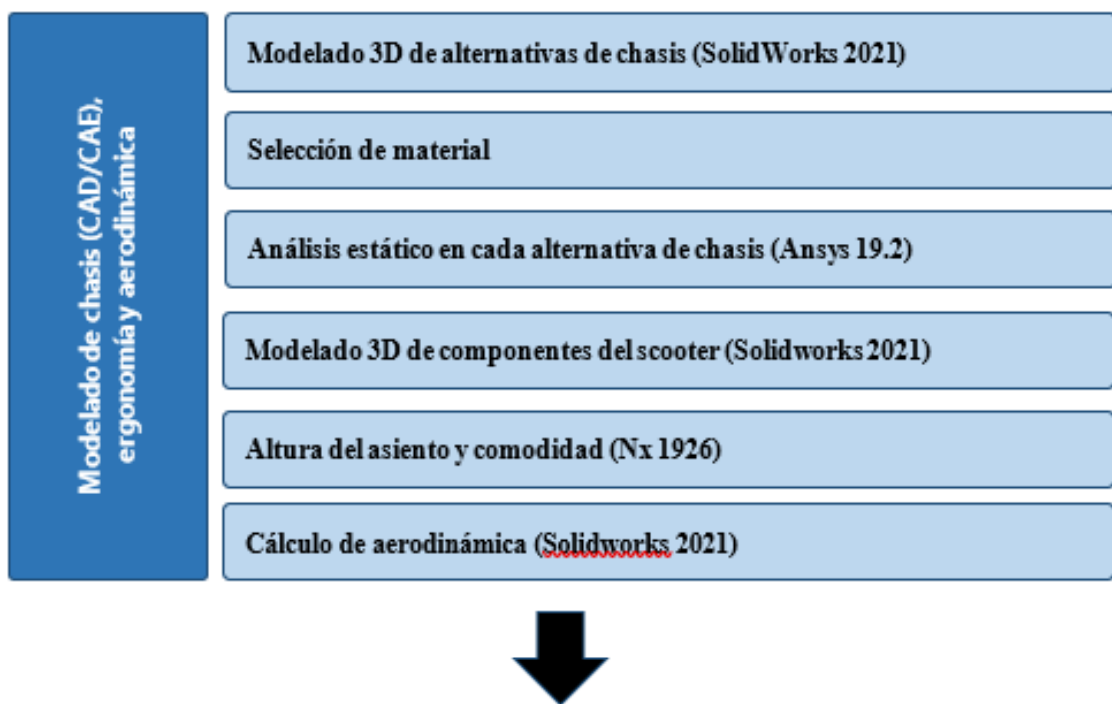
Para el proyecto se utiliza la metodología cuantitativa, este método cuantitativo tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo y el tratamiento estadístico. Para ello el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y su respectivo análisis, pudiendo así contestar a preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente (Ñaupas-Paitán et al., 2018, p.375).

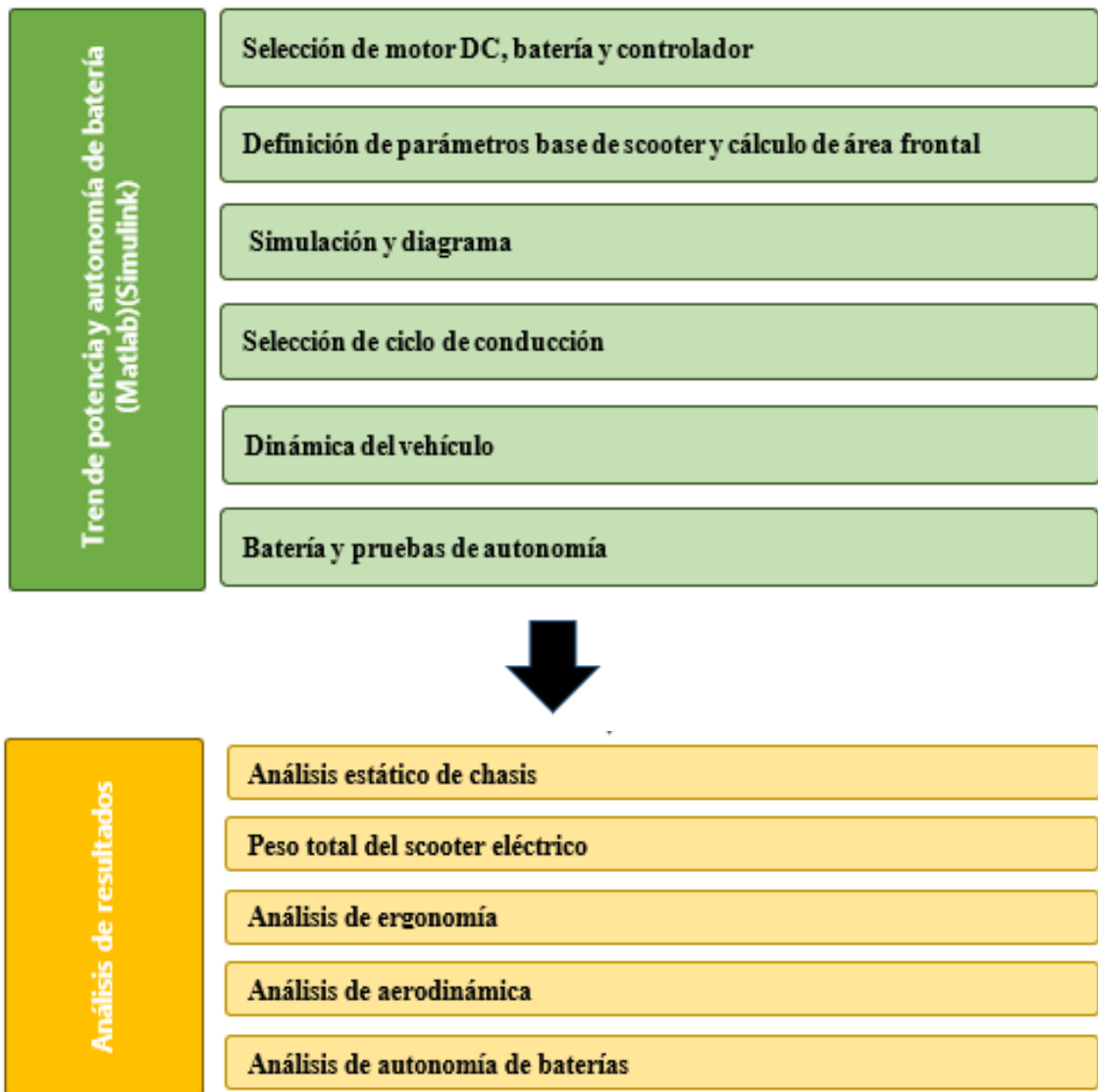
Es primordial este tipo de metodología en el proyecto ya que se trabaja constantemente con magnitudes y medidas que pueden variar mucho los resultados de los análisis, lo que puede ser esencial al momento de seleccionar la mejor opción de chasis o el mejor tren de potencia. Al cambiar el tipo de material se puede obtener diferentes pesos, puntos críticos y deformaciones, las cuales se calculan por el método de Von Misses. También es importante ya que para lograr un buen análisis ergonómico se necesitan la recolección de todos los datos medidos en el scooter y

así realizar modificaciones en el diseño para que el usuario se sienta cómodo al utilizarlo. Todos los datos obtenidos presentan una visión estadística más clara y completa que permitirá comprobar la hipótesis planteada en el estudio.

## 2.4 Resumen de proceso

En el siguiente mapa mental, se presenta el proceso para el diseño del scooter eléctrico, partiendo desde el modelado del chasis y demás componentes, analizar la ergonomía, la aerodinámica, hasta la modelación de su tren de potencia y cálculo de la autonomía de baterías.

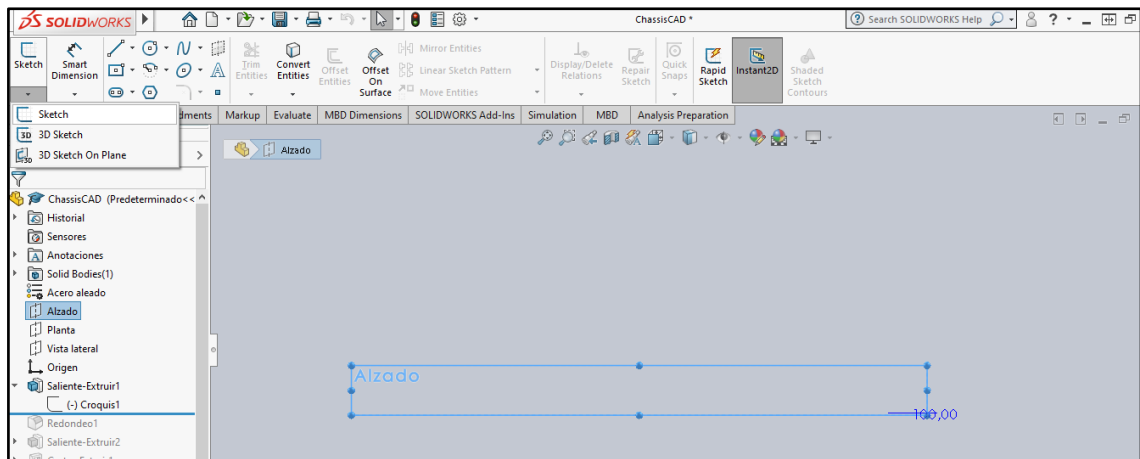




## 2.5 Modelado de chasis (CAD/CAE) y ergonomía

### 2.5.1 Modelado 3D de alternativas de chasis (SolidWorks 2020)

El modelado del chasis parte de un diseño conceptual existente en el mercado, lo que servirá de guía en la selección de configuración, forma del scooter, piezas que lo componen y también las medidas de largo y ancho de la base. Teniendo en cuenta estas indicaciones se procedió a realizar 3 tipos de chasis en el programa SolidWorks, cada una de ellas con una configuración similar, pero modelos diferentes. El modelado de cada chasis se iniciará con un croquis en el plano alzado y utilizando el sistema de medidas MMGS tal como se presenta en la figura 1-2.



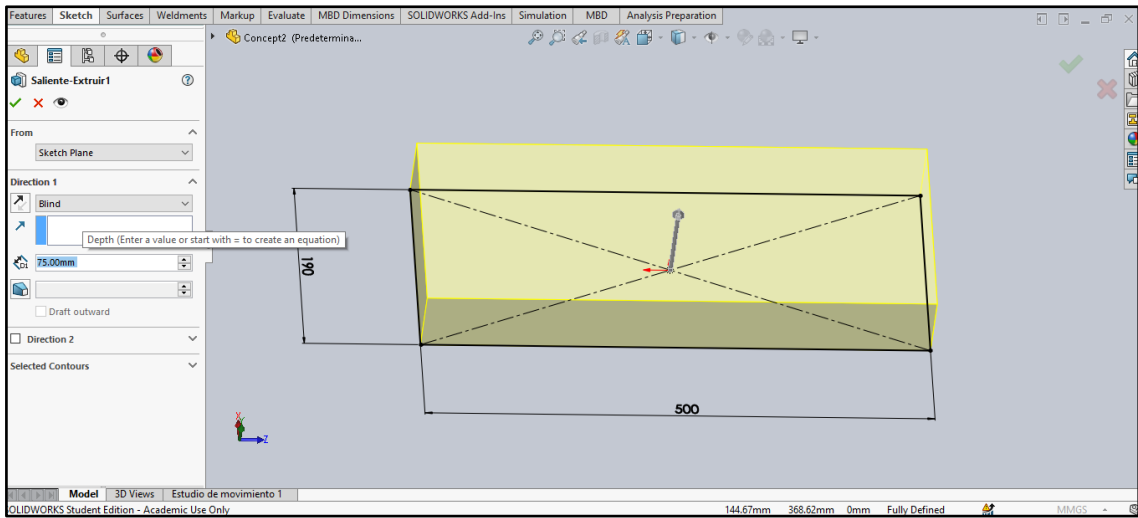
**Figura 1-2.** Selección de plano alzado.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El primer paso es el modelado de un sólido con las medidas de largo y ancho de la base, teniendo en cuenta la distancia entre ejes, el avance del anclaje delantero, el diámetro exterior de la cubierta, etc. luego, con ayuda de las operaciones de corte, extrucción, unión y demás, se dará la forma deseada. El siguiente paso se concentra en el diseño de los anclajes y uniones para las partes que se sujetan al chasis, la principal función del chasis es unir todos los demás componentes, desde el manubrio hasta las llantas, de manera que conformen un solo modelo, por lo tanto, es importante obtener una estructura liviana y resistente que no aumente en gran cantidad el peso del scooter y sea capaz de soportar una carga de hasta 120 kg.

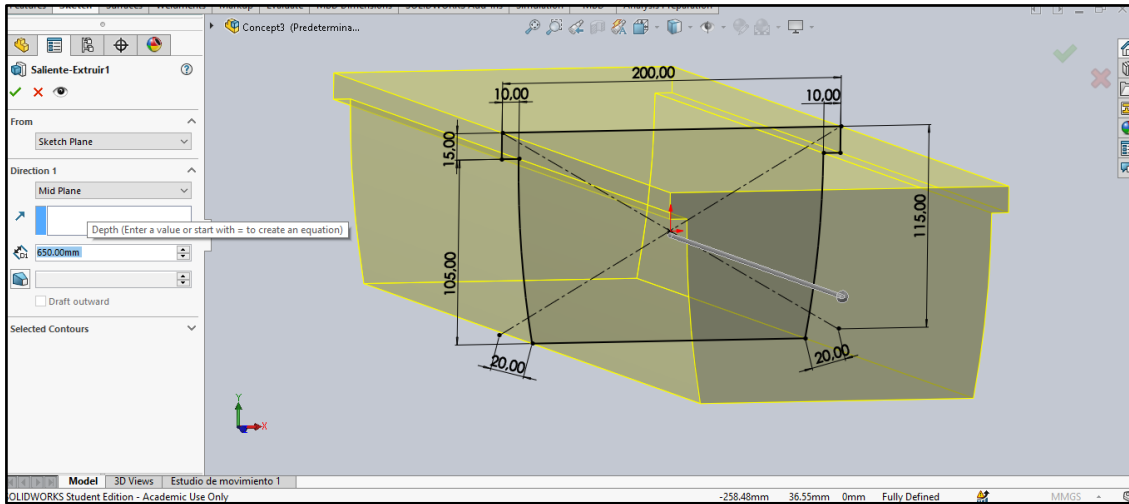
Cada chasis tendrá dimensiones diferentes, esto se debe a que se tomó como referencia tres modelos ofertados al público en general, la alternativa 1 se inicia con el croquis que se observa en la figura 2-2, y tiene una extrucción de 75 mm hacia la parte superior. En la alternativa 2 de chasis en cambio se tiene el croquis de la figura 3-2, que cuenta con una extrucción de plano medio de 650 mm. La alternativa 3 en cambio tiene el croquis que se observa en la figura 4-2, con una extrucción de plano medio de 100 mm.





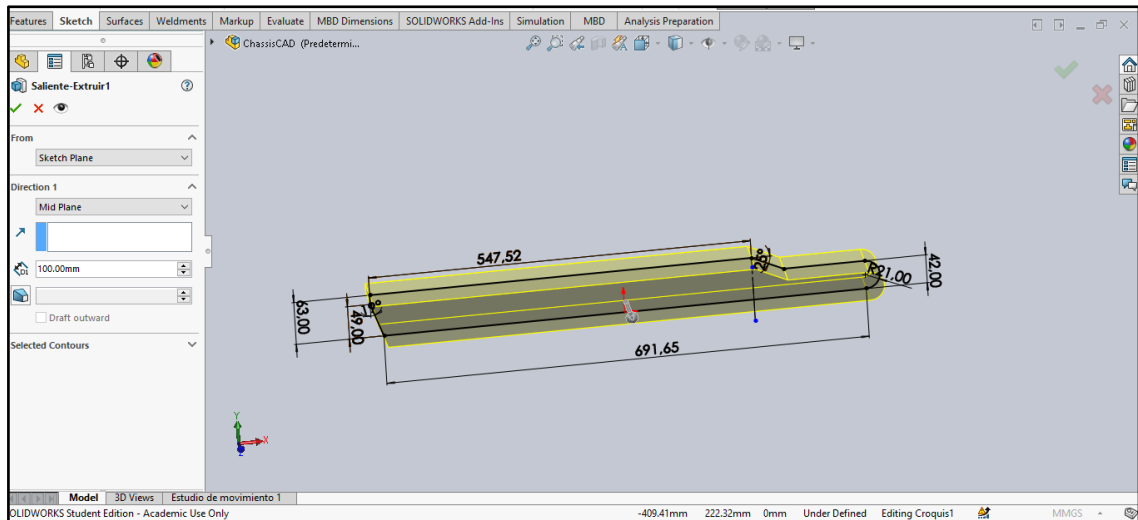
**Figura 2-2.** Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 1.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 3-2.** Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 2.

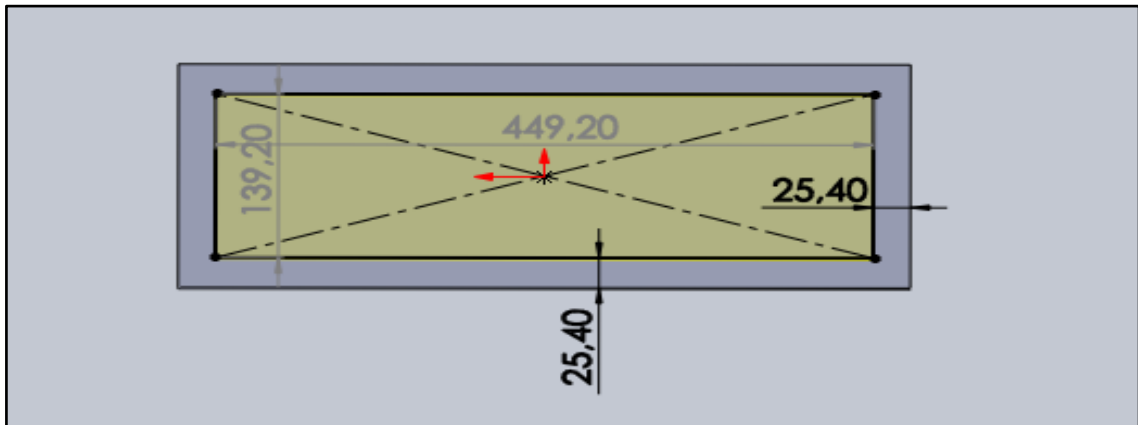
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 4-2.** Croquis y extrucción inicial de alternativa de chasis 3.

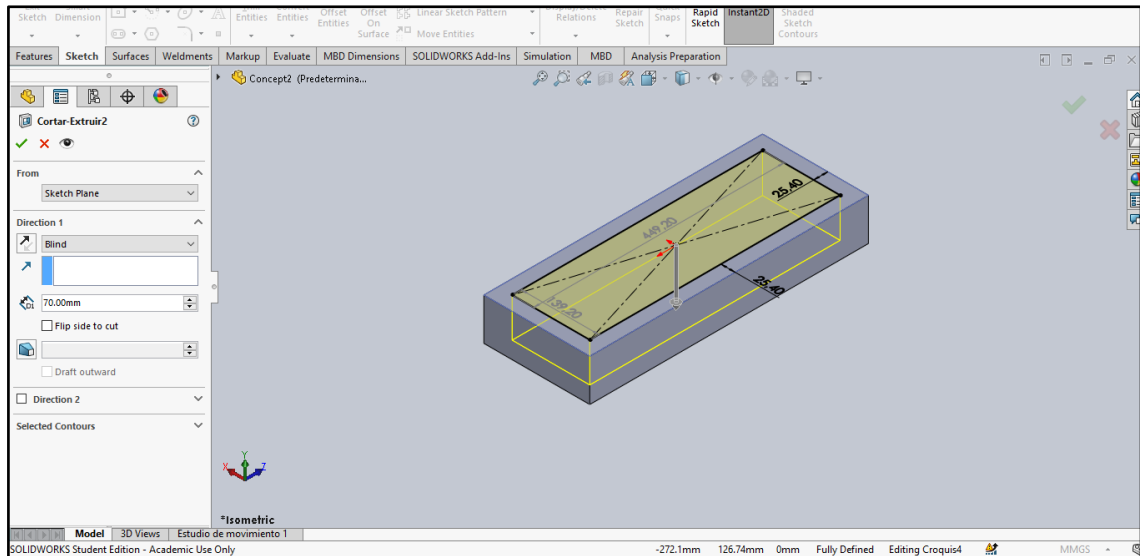
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El siguiente paso a realizar en el modelado del chasis 1 es generar un croquis en la cara superior del sólido formado con la extrucción en el paso anterior, el cual será un rectángulo de punto medio que tendrá las medidas observadas en la figura 5-2. Una vez realizado este croquis se continúa con una extrucción de corte de 70 mm como se aprecia en la figura 6-2.



**Figura 5-2.** Croquis para extrucción de corte alternativa 1.

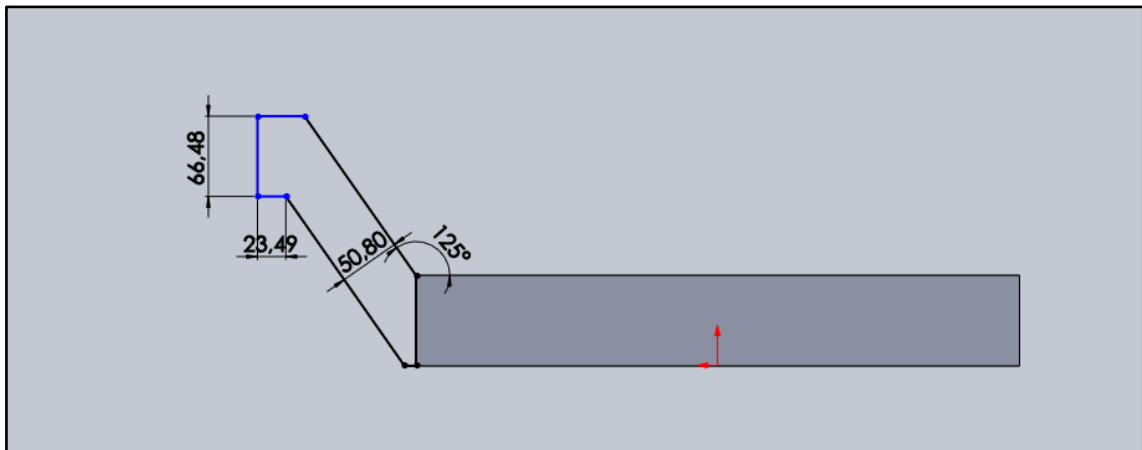
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 6-2.** Extrucción de corte en la base de alternativa 1.

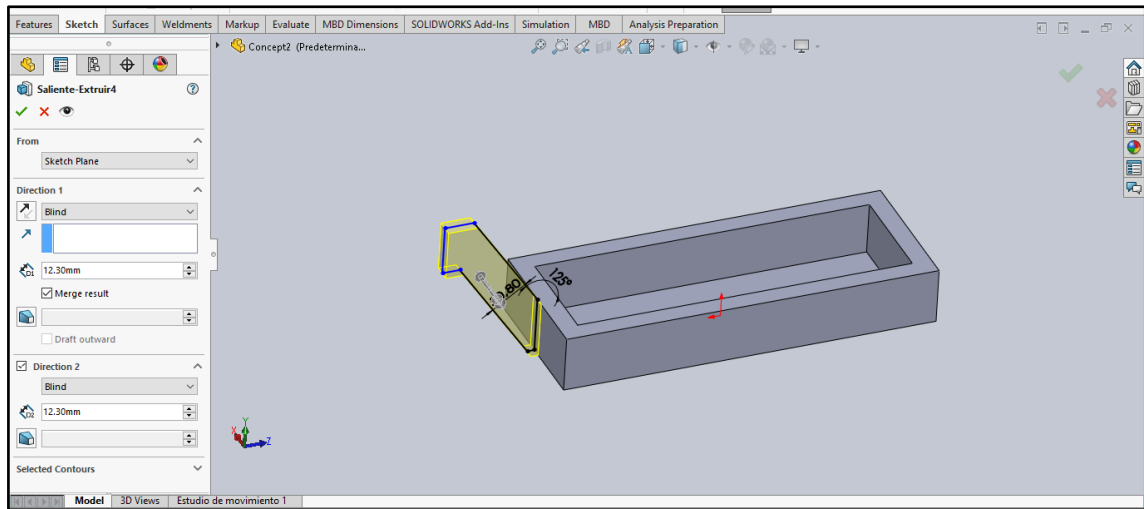
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se realiza un nuevo croquis con un plano de referencia, en el que se puede aplicar las medidas que se aprecian en la figura 7-2, a partir de este croquis se realiza una nueva extrucción de plano medio con una medida de 12.30 mm como se observa en la figura 8-2.



**Figura 7-2.** Croquis para eje de agarre frontal.

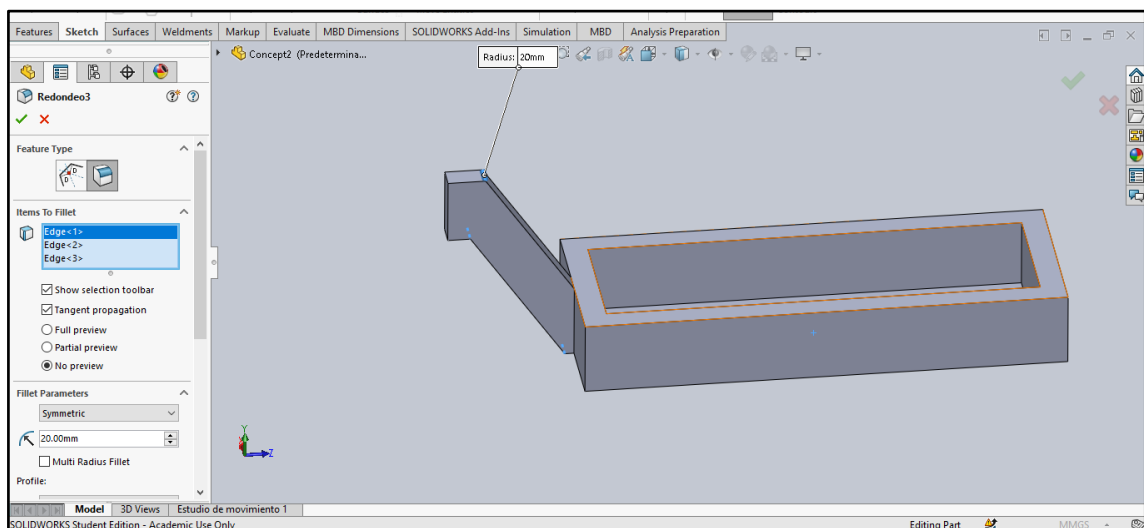
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 8-2.** Extrucción de plano medio alternativa 1.

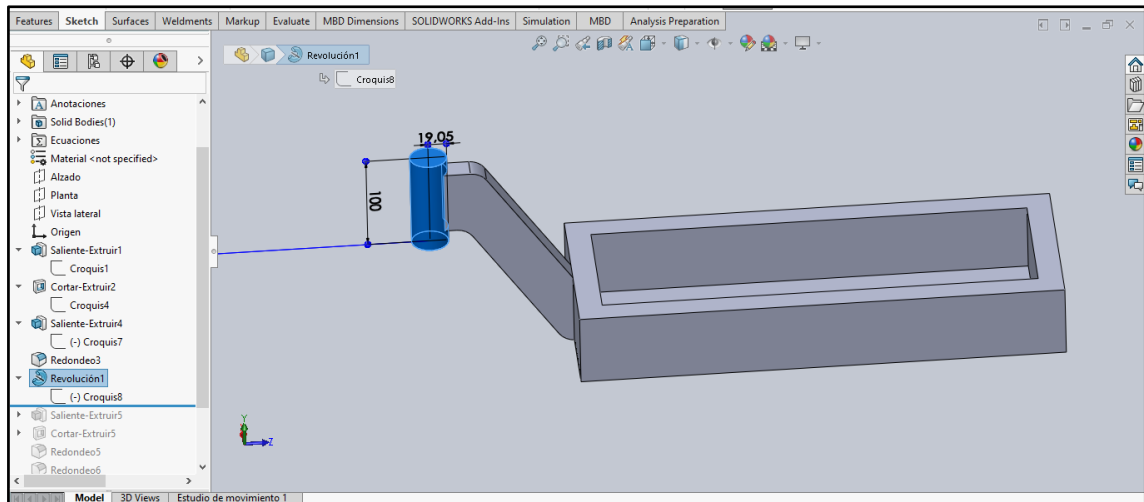
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Lo siguiente es realizar un redondeo de 20 mm en los 3 bordes que se observa en la figura 9-2. Una vez realizado el redondeo se procede a realizar un croquis en la esquina del eje que contará con unas medidas de 100 mm de largo y 19,05 mm de ancho distribuidos como punto medio, el cual servirá para realizar una revolución que se observa en la figura 10-2, la cual servirá para juntar el trinche con el eje del manubrio.



**Figura 9-2.** Redondeo en bordes del eje.

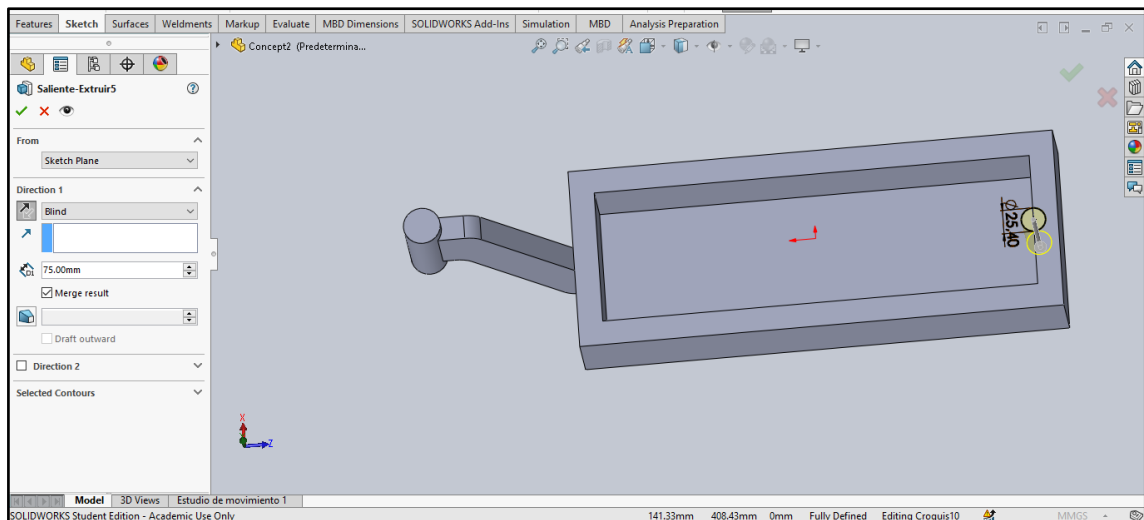
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 10-2.** Revolución 1.

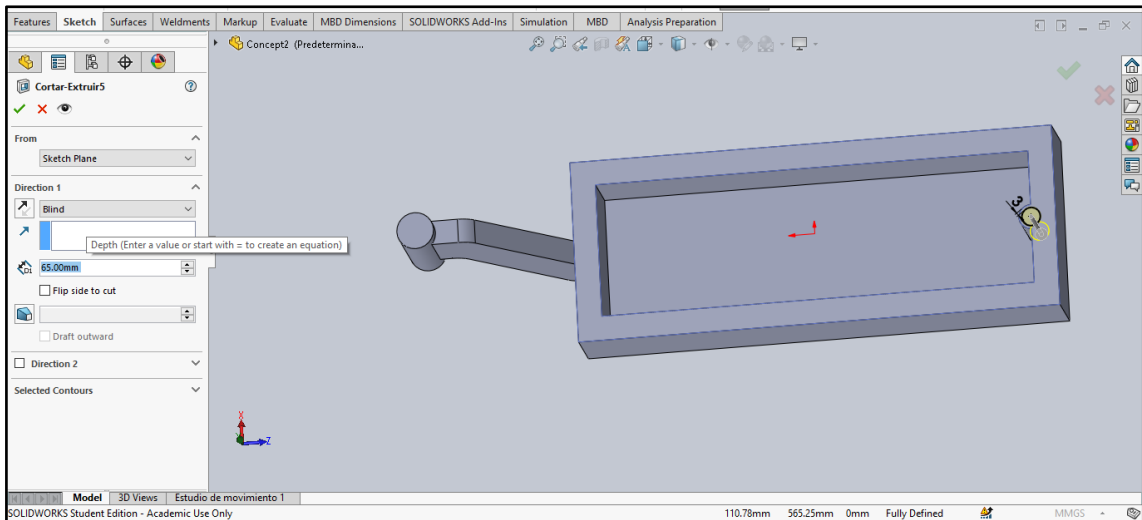
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El parte que continua es el punto de anclaje para la tapa o piso del scooter, el cual se realiza con un croquis en la cara superior en la esquina izquierda el cual tendrá un diámetro de 25.40 mm y una extrucción hasta el fondo de 75mm, esto se puede observar en la figura 11-2, luego de esto se realiza una extrucción de corte, formando un círculo concéntrico de 3mm con una profundidad de 65mm, como se presenta en la figura 12-2. En esta parte se realiza un redondeo de 10 mm en los bordes del punto de anclaje y de la parte inferior delantera.



**Figura 11-2.** Croquis de extrucción para anclaje.

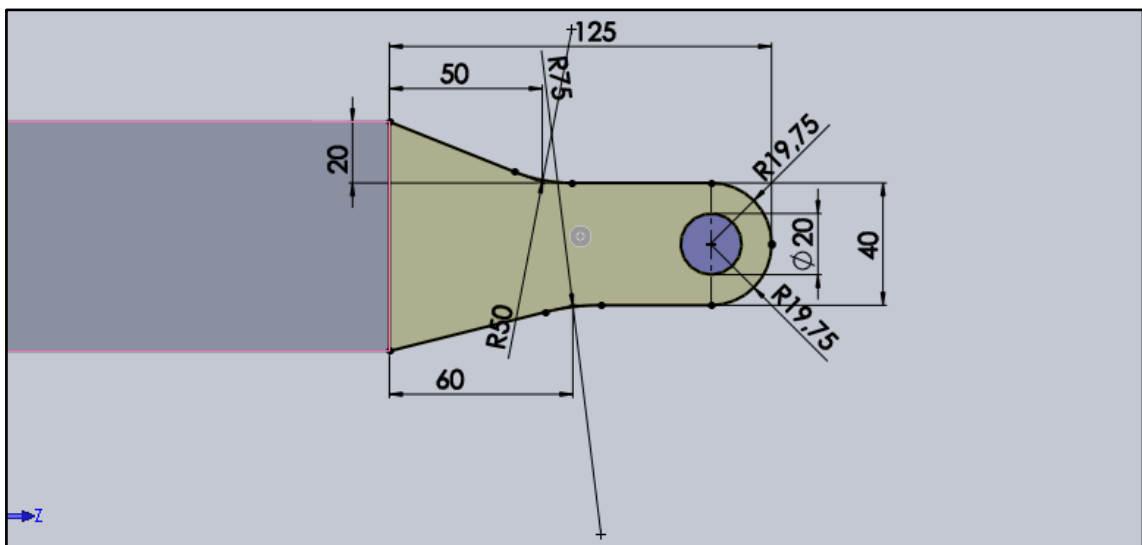
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 12-2.** Extrucción de corte para anclaje.

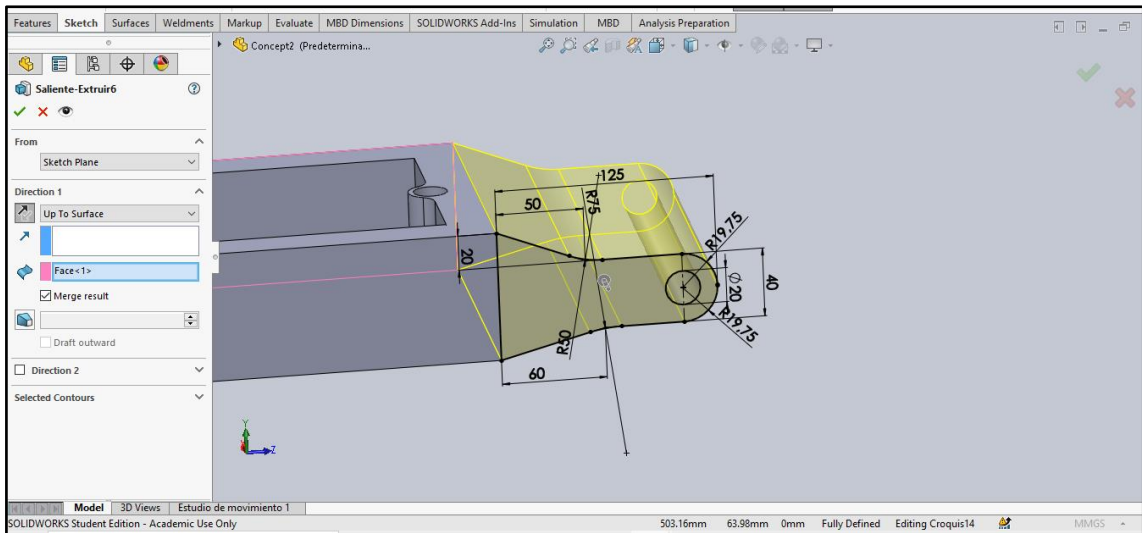
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la parte posterior se realiza un nuevo croquis, el cual servirá para anclar la llanta posterior. Este croquis cuenta con las medidas que se puede observar en la figura 13-2., y tiene una extrucción hasta el fondo como se puede ver en la figura 14-2.



**Figura 13-2.** Croquis de parte posterior.

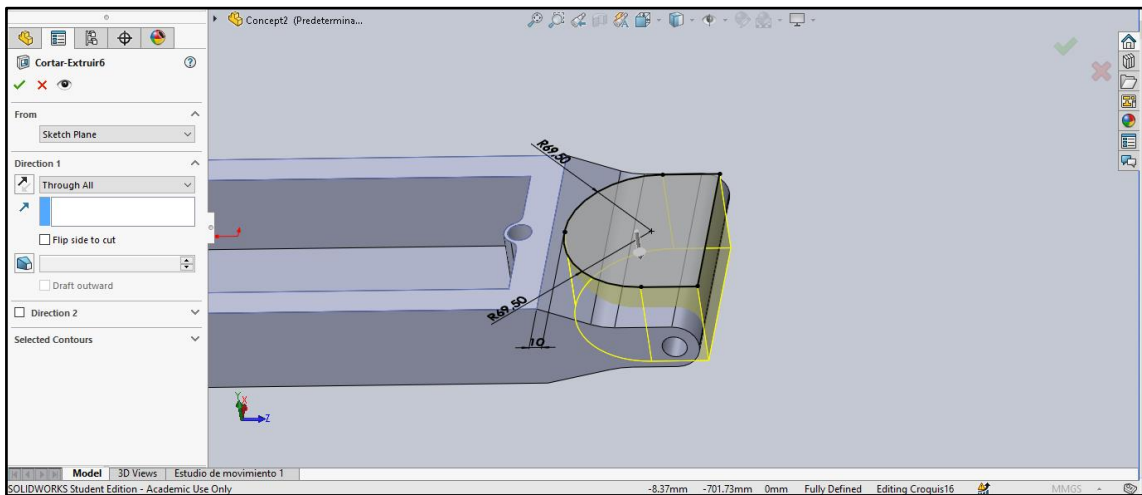
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 14-2.** Extrucción de parte posterior.

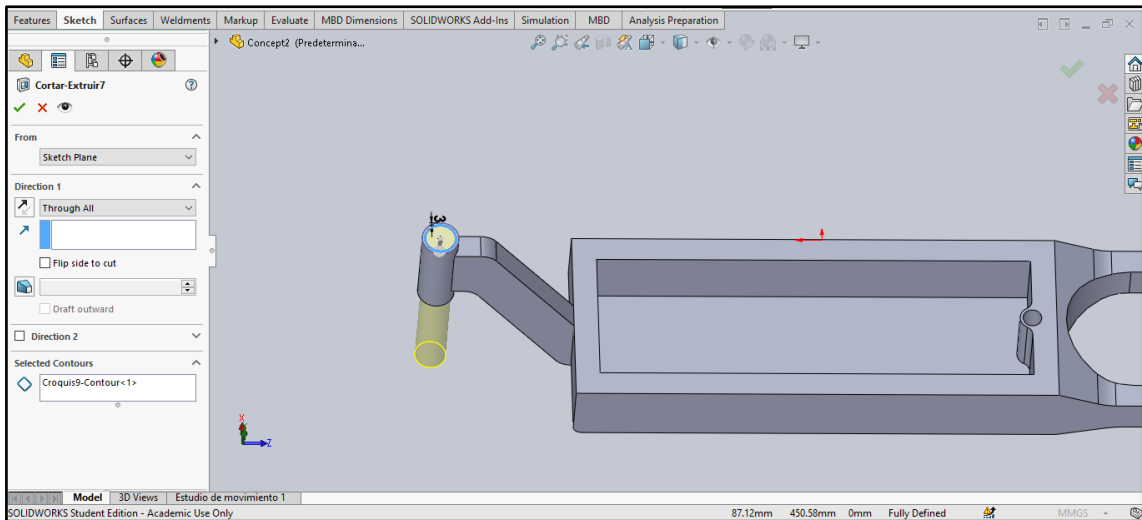
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Casi para finalizar se realiza un nuevo croquis en el centro de la cara superior de la extrucción realizada anteriormente, con ello se procede a realizar una extrucción de corte por todo como se puede observar en la figura 15-2. El último paso sería realizar una extrucción de corte por todo en la parte delantera para que pueda pasar el trinche, este corte se realiza con un croquis en la cara superior, con una circunferencia concéntrica de 3 mm como se observa en la figura 16-2.



**Figura 15-2.** Croquis para extrucción de parte posterior.

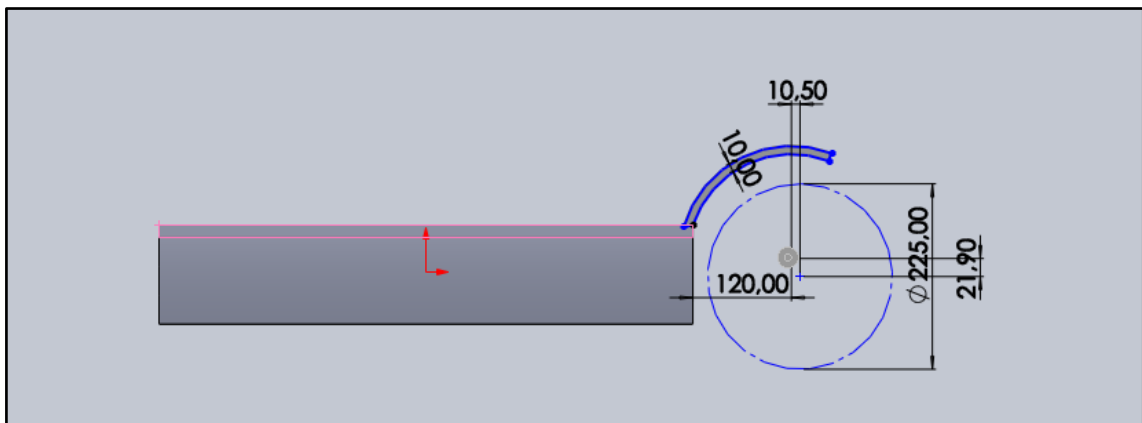
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 16-2.** Extrucción de corte parte frontal.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

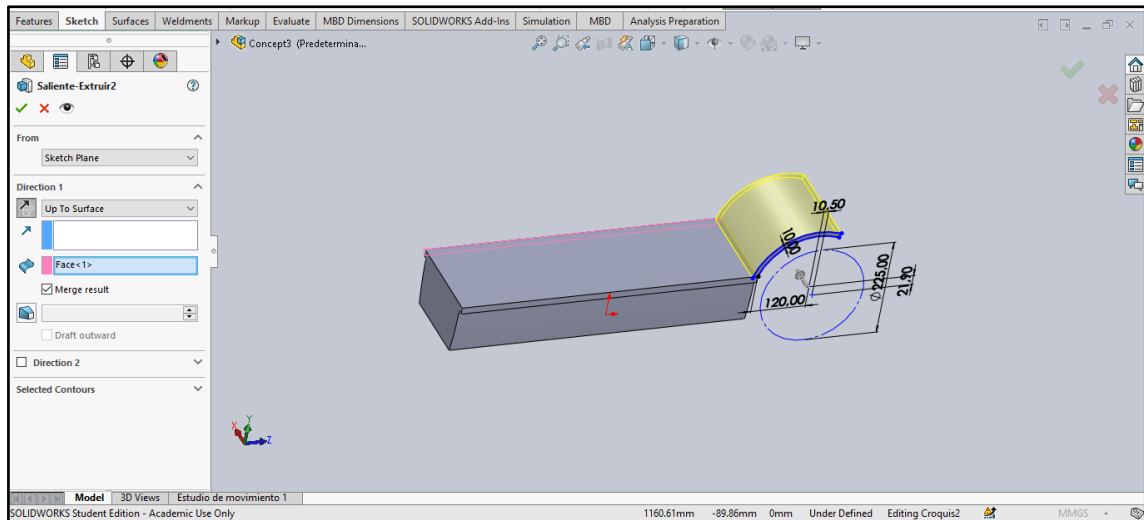
La alternativa de chasis 2 continua con el diseño del guardabarros integrado al chasis, el cual se realiza con el croquis que se observa en la figura 17-2. Una vez realizado el croquis se procede a ejecutar una extrucción por toda la superficie, tal como se observa en la figura 18-2 y un redondeo de 10 mm en el borde superior e inferior de la unión del guardabarros.



**Figura 17-2.** Croquis de guardabarros alternativa 2.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

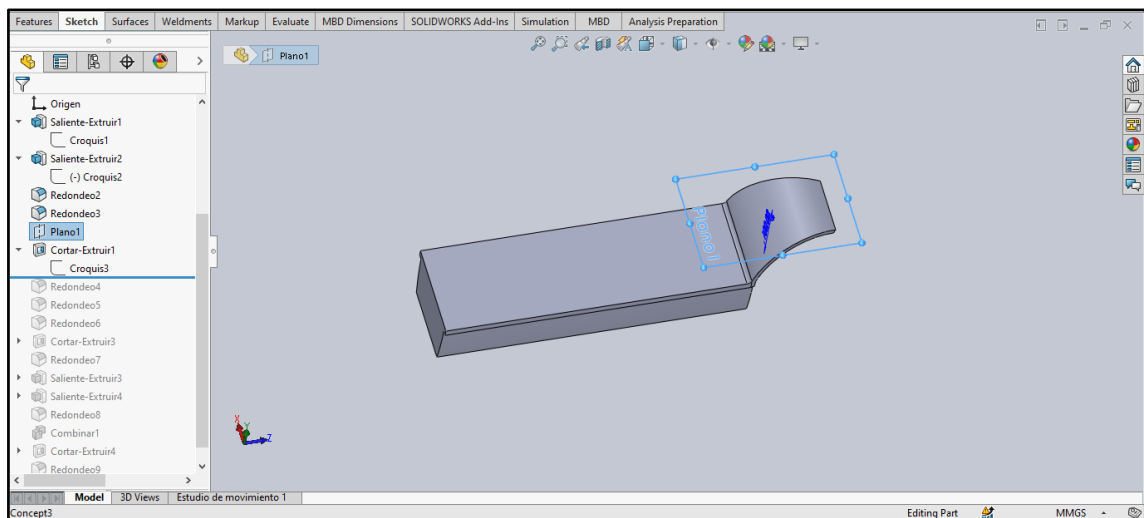




**Figura 18-2.** Extrucción de croquis para guardabarros.

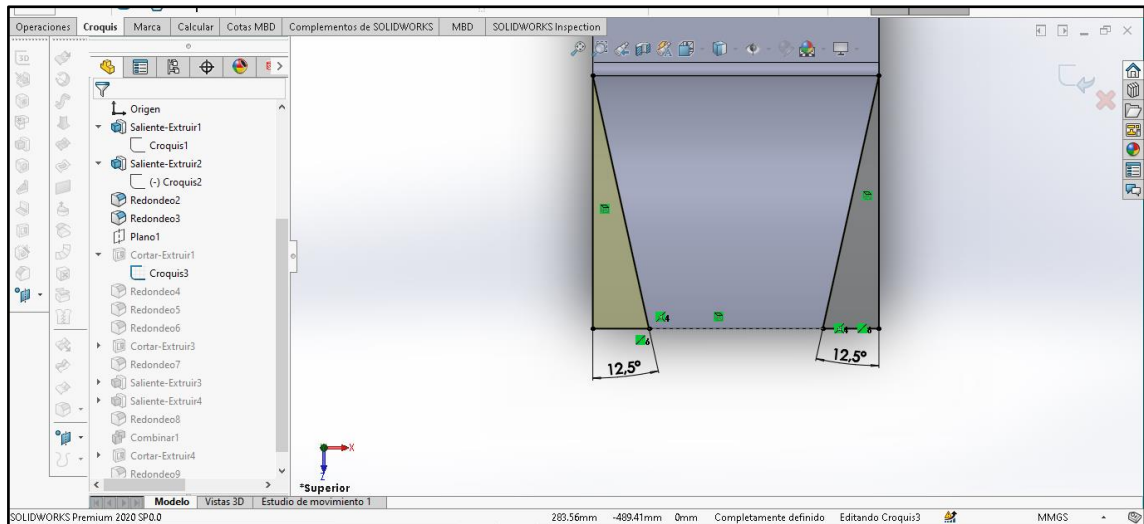
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se inserta un plano de referencia sobre el guardabarros, como se observa en la figura 19-2, el cual servirá para realizar una extrucción de corte por todo en los bordes y así obtener la figura deseada. El croquis realizado en el plano se puede observar en la figura 20-2



**Figura 19-2.** Plano de referencia sobre guardabarros.

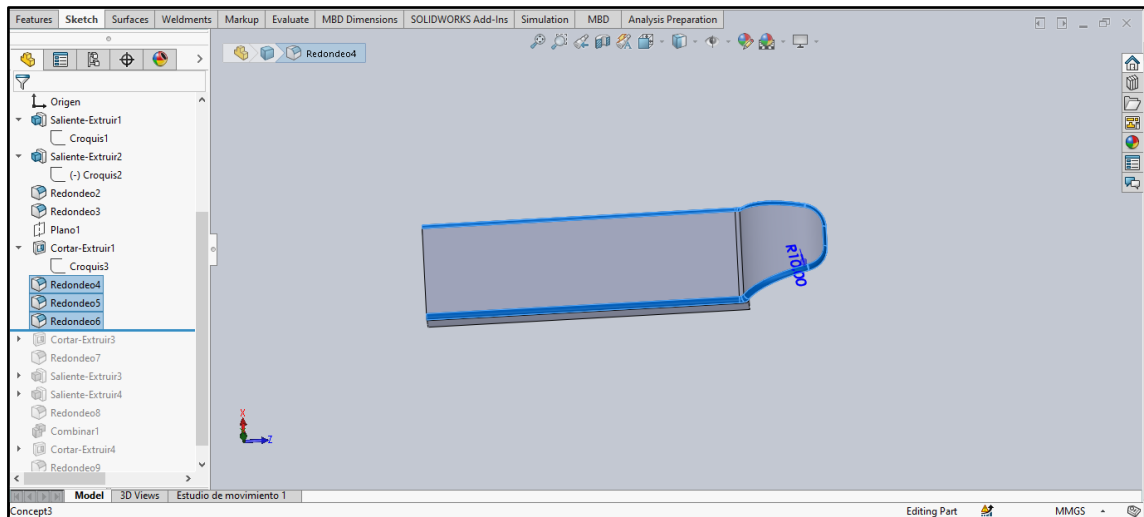
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 20-2.** Extrucción de corte para guardabarros.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Lo siguiente es realizar 3 redondeos, el primero se realiza en las esquinas del guardabarros por ambos lados y tiene una medida de 50 mm, el siguiente se realiza en los costados de la base con una medida de 10 mm, el tercero se realiza en todo el borde del guardabarros con una medida de 10 mm, como se puede observar en la figura 21-2.

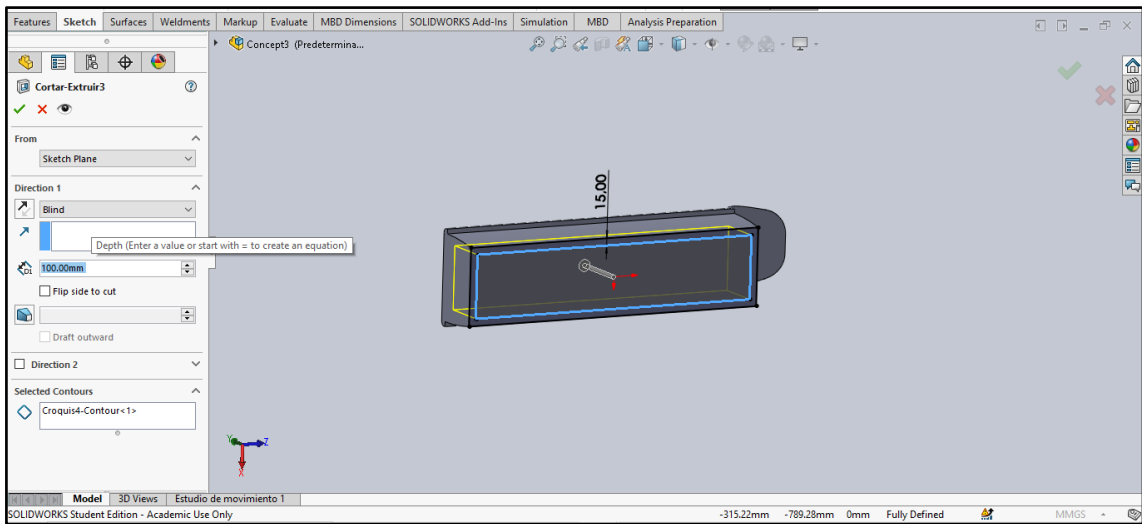


**Figura 22-2.** Redondeos en alternativa 2.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

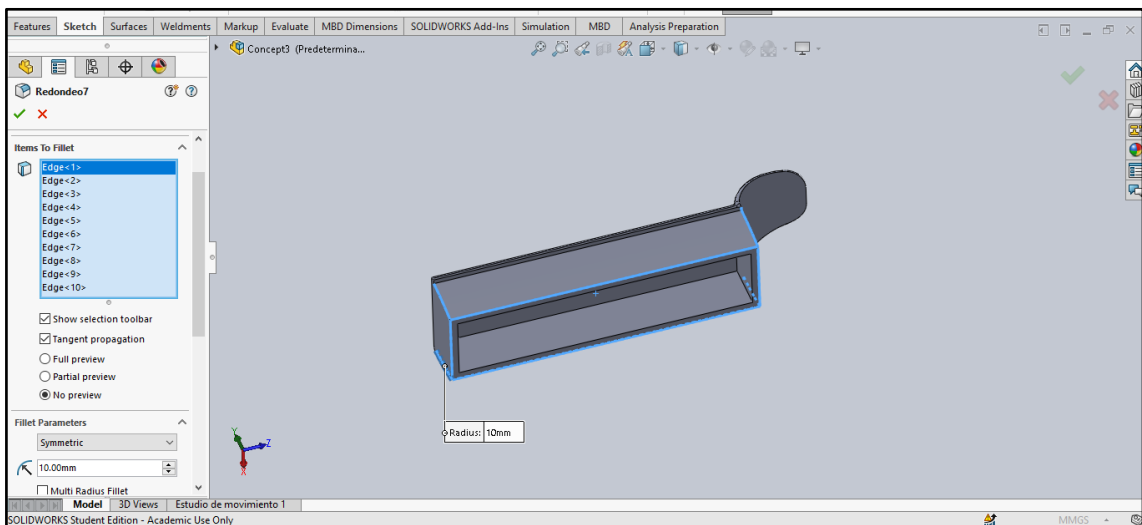
El siguiente paso es la extrucción corte que se realiza en la parte inferior de la base, que será donde se almacenará la batería y el controlador, para ello se realiza un rectángulo de punto medio que estará a 15 mm del borde y tendrá una profundidad de 100 mm como se observa en la figura

23-2. Lo siguiente es realizar un redondeo en todos los bordes de la base que tendrá una medida de 10 mm, tal como se presenta en la figura 24-2.



**Figura 23-2.** Extrucción de corte en cara inferior del chasis.

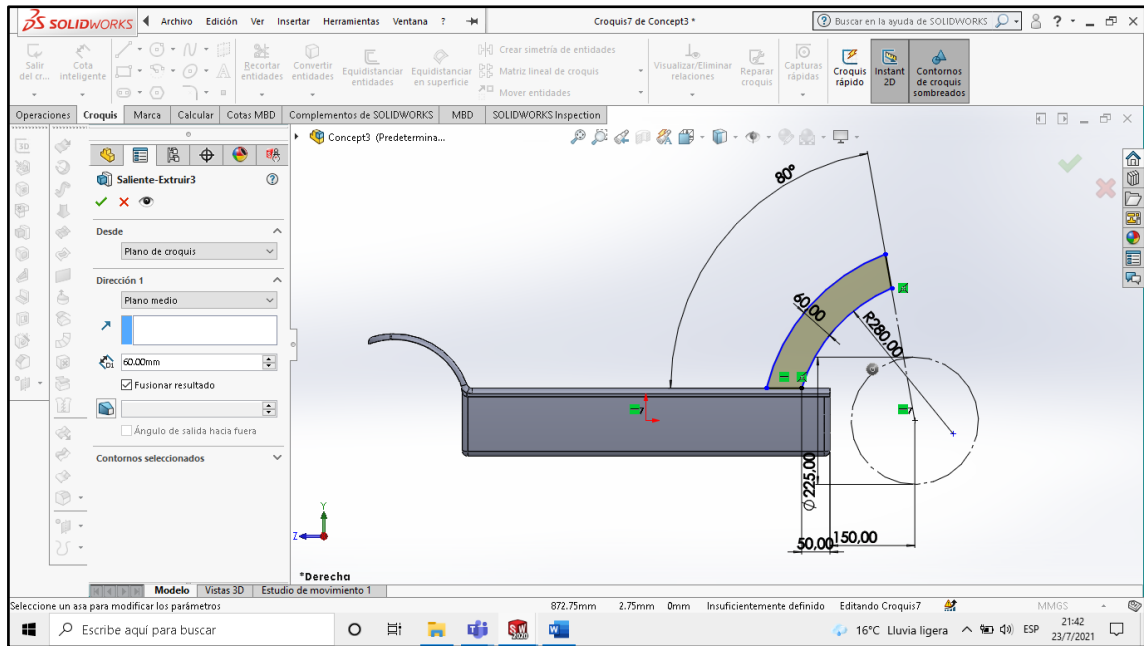
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 24-2.** Redondeos en bordes inferiores.

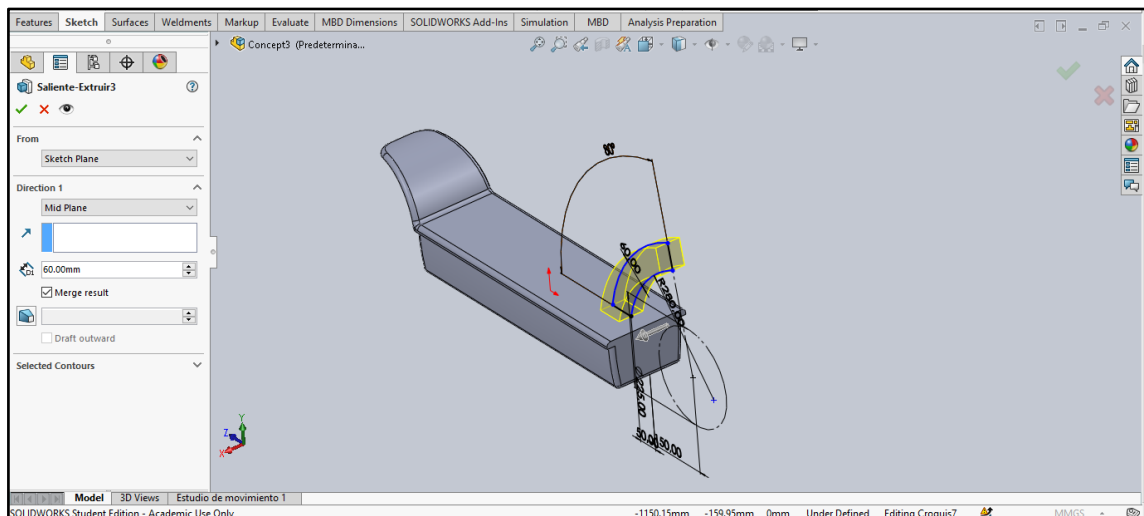
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Una vez completada la base se continua con la parte del eje delantero que será donde se anclará el trinche que conecte la rueda con el manubrio. Esto se realiza mediante un croquis, el cual cuenta con las medidas que se observan en la figura 25-2, con lo que se realizará una extrucción de plano medio de 60 mm como se observa en la figura 26-2.



**Figura 25-2.** Croquis de eje delantero.

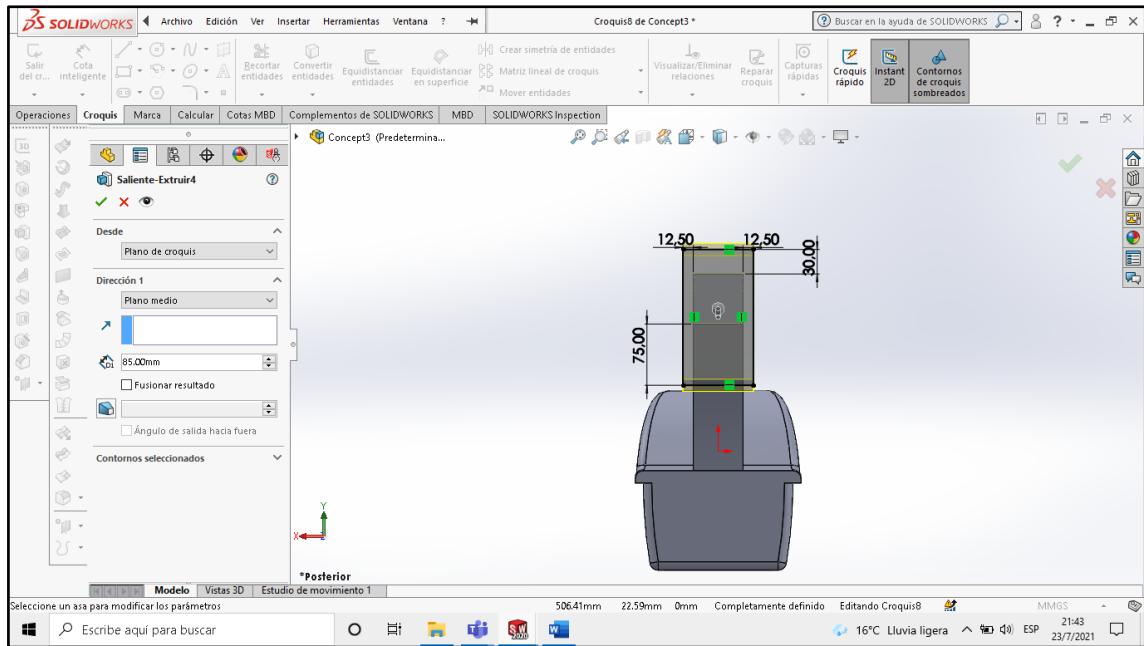
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 26-2.** Extrucción de croquis de eje delantero.

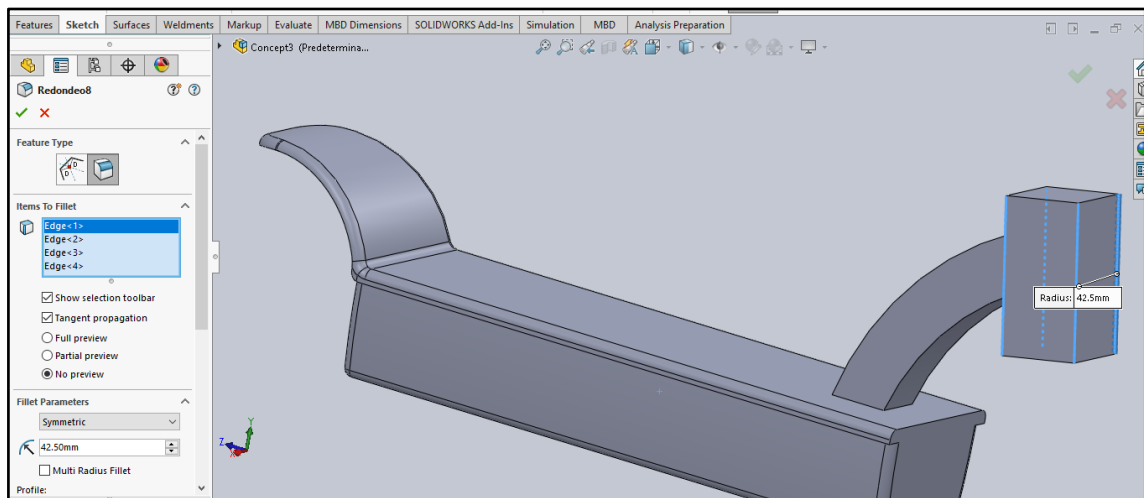
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se realiza un croquis en la cara delantera del eje realizado, el cual consiste en un rectángulo con las medidas que se observan en la figura 27-2, y de esta manera continuar con una extrucción de plano medio de 85 mm. El sólido obtenido tendrá un redondeo en todas sus esquinas con una medida de 42.50 mm como se observa en la figura 28-2.



**Figura 27-2.** Croquis para unión de trinche.

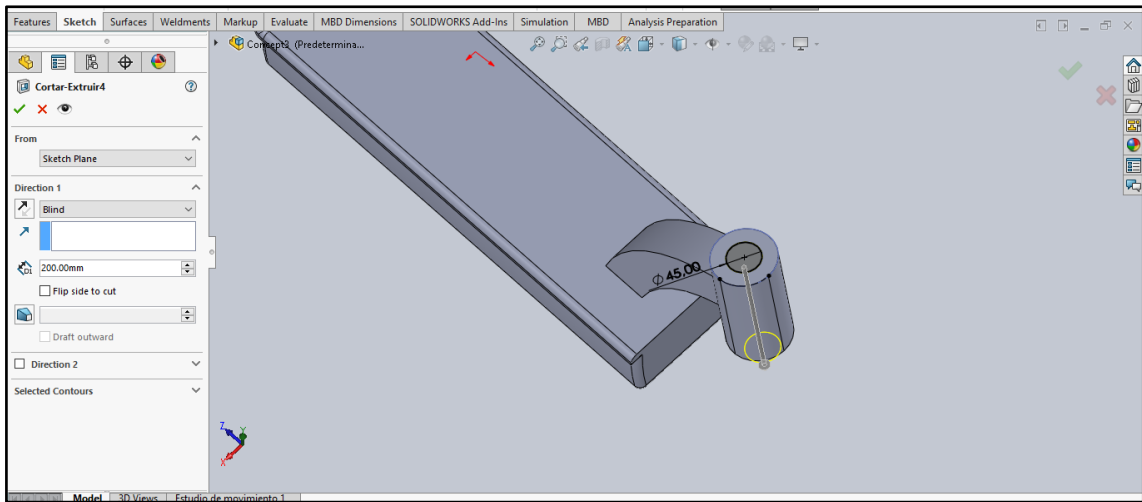
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 28-2.** Extrucción de plano medio.

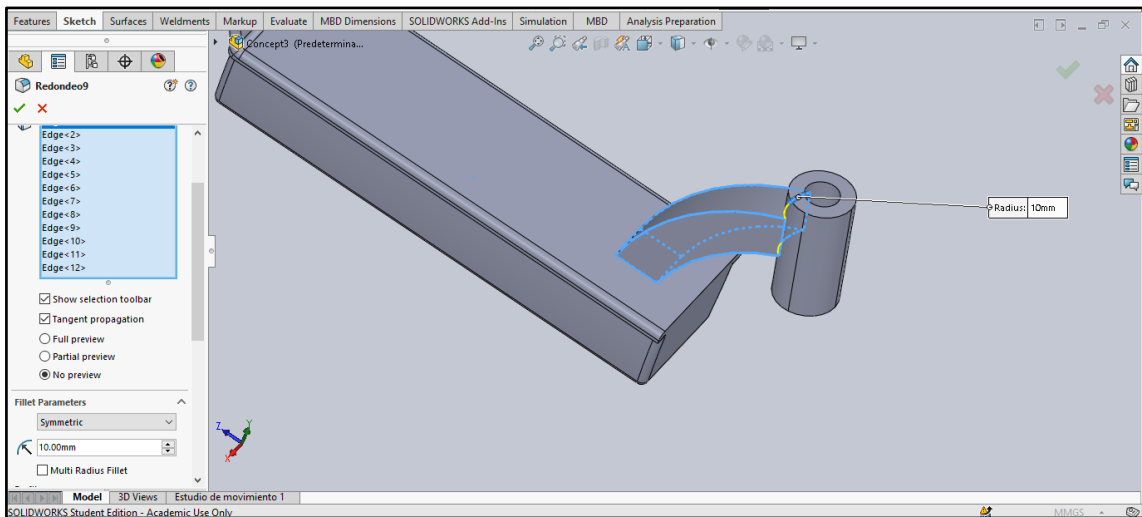
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Todas las partes modeladas se las debe combinar, de esta manera se continua con la extrucción corte que se realiza en el sólido redondeado en el paso anterior, el cual tendrá un diámetro de 45 mm y una profundidad de 200 mm, la cual se puede observar en la figura 29-2. El paso final es un redondeo en todos los bordes del eje delantero, los cuales tendrán una medida de 10 mm, como se puede observar en el gráfico 30-2.



**Figura 29-2.** Croquis de extrucción de corte para agujero de unión.

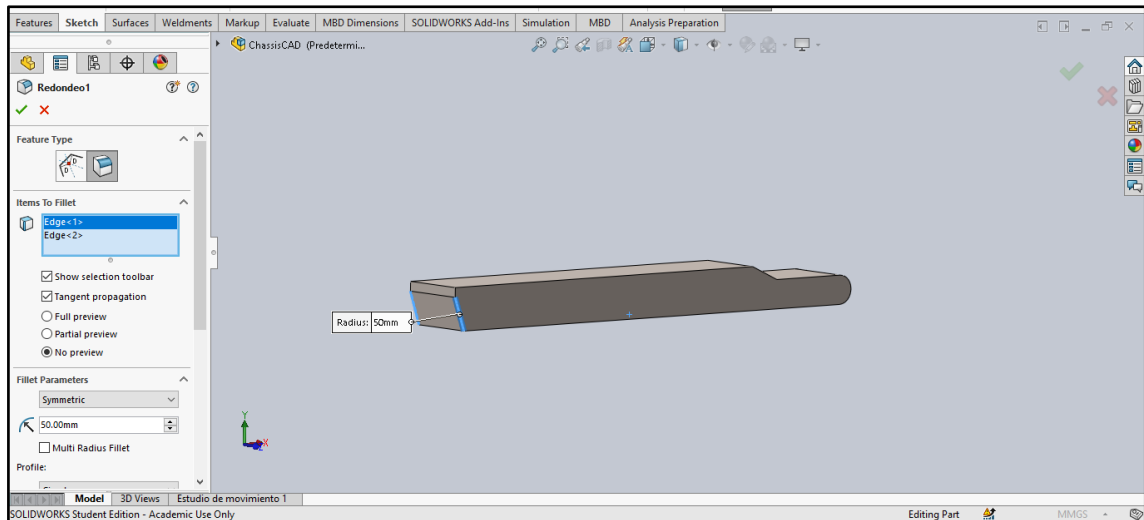
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 30-2.** Redondeo en bordes del eje de agarre.

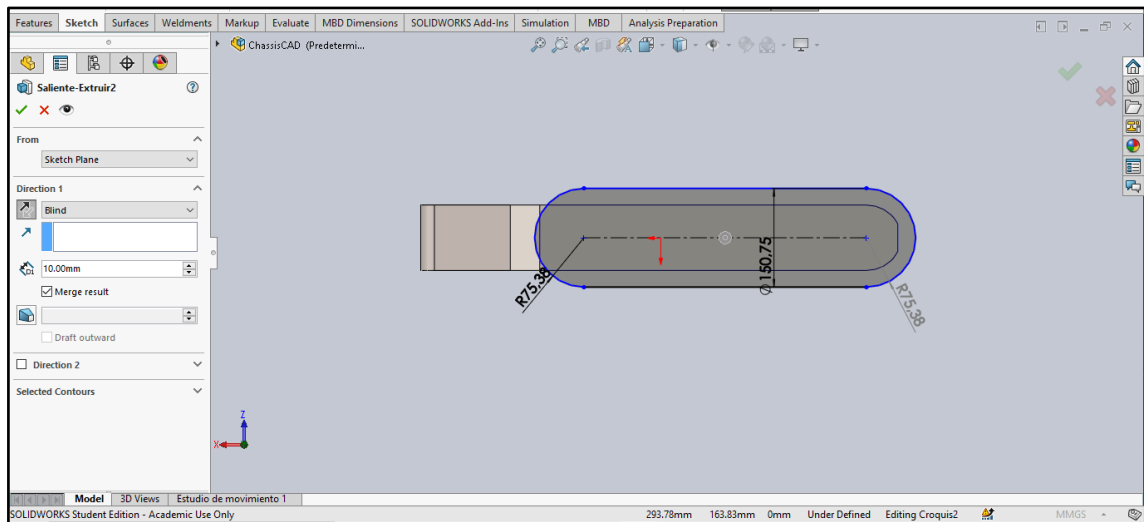
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

La tercera alternativa de chasis continua con un redondeo en sus bordes delanteros, con una medida de 50 mm como se observa en la figura 31-2. Lo siguiente es realizar un croquis en la cara superior del sólido el cual tendrá las medidas observadas en el gráfico 32-2, con una extrucción hacia debajo de 10 mm.



**Figura 31-2.** Redondeo en bordes delanteros.

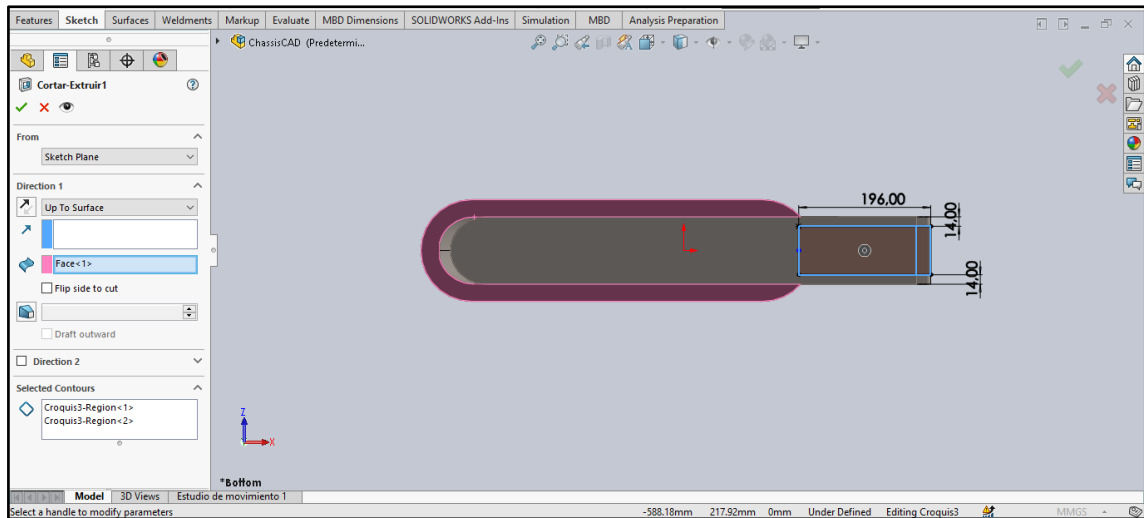
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 32-2.** Croquis para la extrucción de la base superior.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

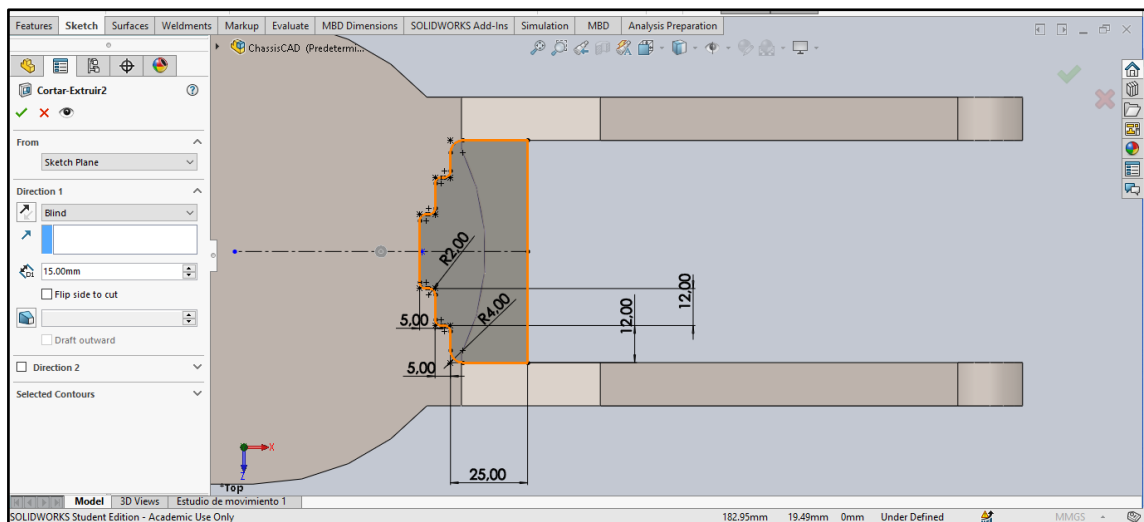
A continuación, se realiza una extrucción corte en la parte posterior del sólido desde la cara inferior, el cual tendrá las medidas que se observan en la figura 33-2 y la profundidad será hasta la siguiente cara.



**Figura 33-2.** Croquis para extrucción de corte en cara inferior parte posterior.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El siguiente paso es realizar una extrucción corte en la cara superior de la basa en la esquina posterior, la cual tendrá las medidas observadas en la figura 34-2 y una profundidad de 15 mm.

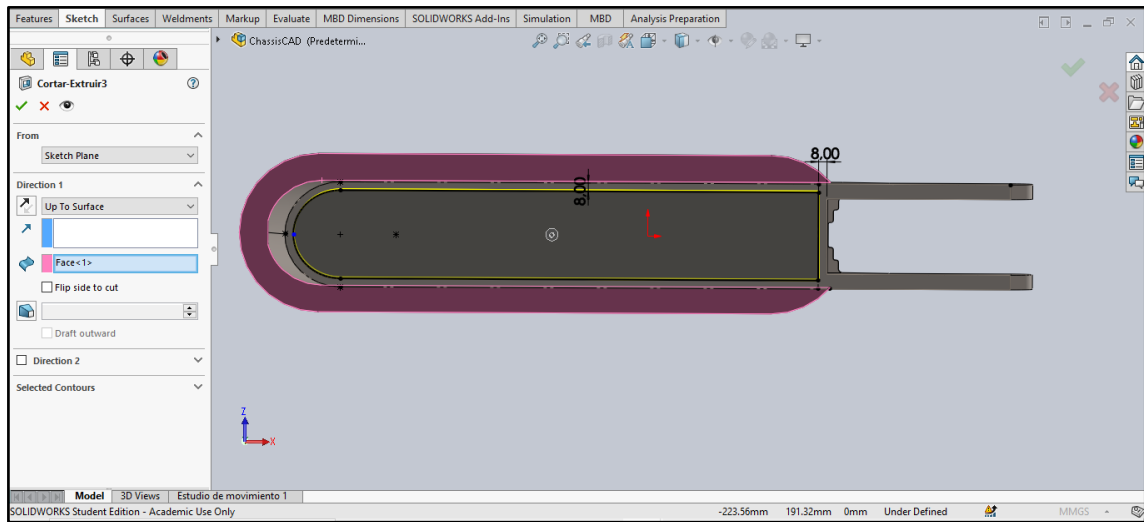


**Figura 34-2.** Extrucción de corte en cara superior parte posterior.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

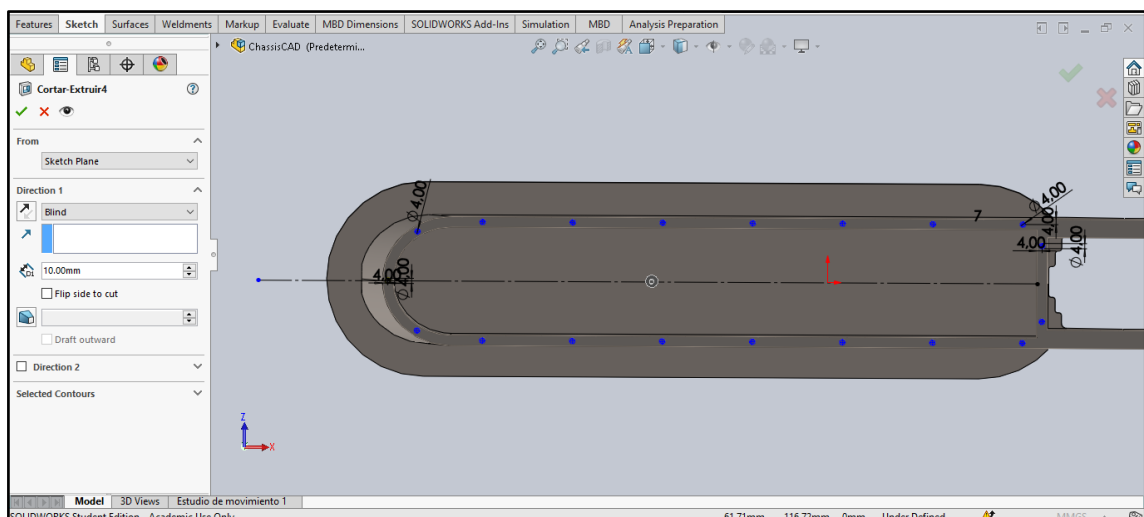
Lo siguiente es realizar un corte extrucción en la cara inferior de la base, hasta la siguiente cara, ya que aquí es donde se almacenará la batería y el controlador. El croquis para realizar es un rectángulo con la esquina delantera redondeada, que cuenta con las medidas presentadas en la figura 35-2. Los bordes que se obtienen sirven para realizar los agujeros de 4 mm de diámetro y una profundidad de 10 mm para los pernos que sujetaran la tapa de los componentes ya mencionados y mantenerlos seguros, como se puede observar en la figura 36-2.





**Figura 35-2.** Extrucción de corte en base inferior del chasis alternativa 3.

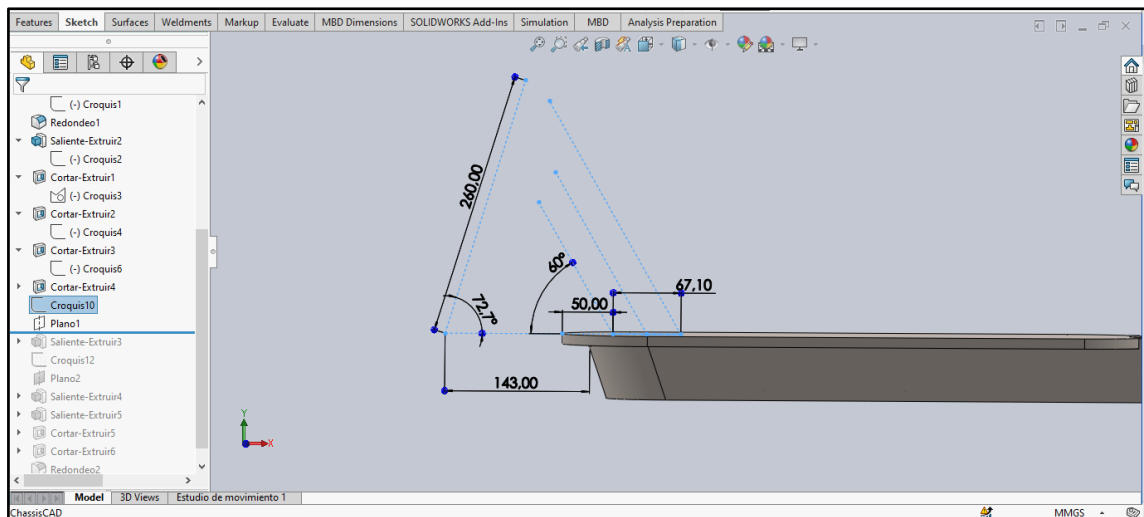
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 36-2.** Agujeros para pernos que sujetan la tapa inferior.

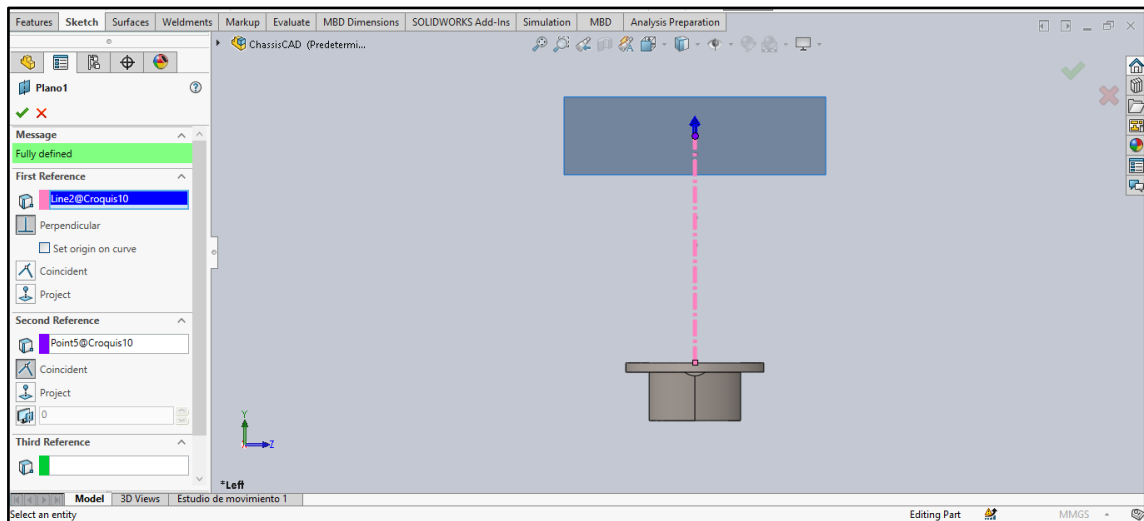
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El siguiente paso es realizar un croquis sobre la base del chasis que cuenta con las medidas presentadas en la figura 37-2, esto permitirá realizar un plano de referencia como el que se observa en la figura 38-2. En este plano se realiza una circunferencia, de 60 mm de diámetro y para su corte interno un diámetro de 40 mm, a la cual se ejecuta una extrucción hacia debajo de 110 mm como se observa en la figura 39-2.



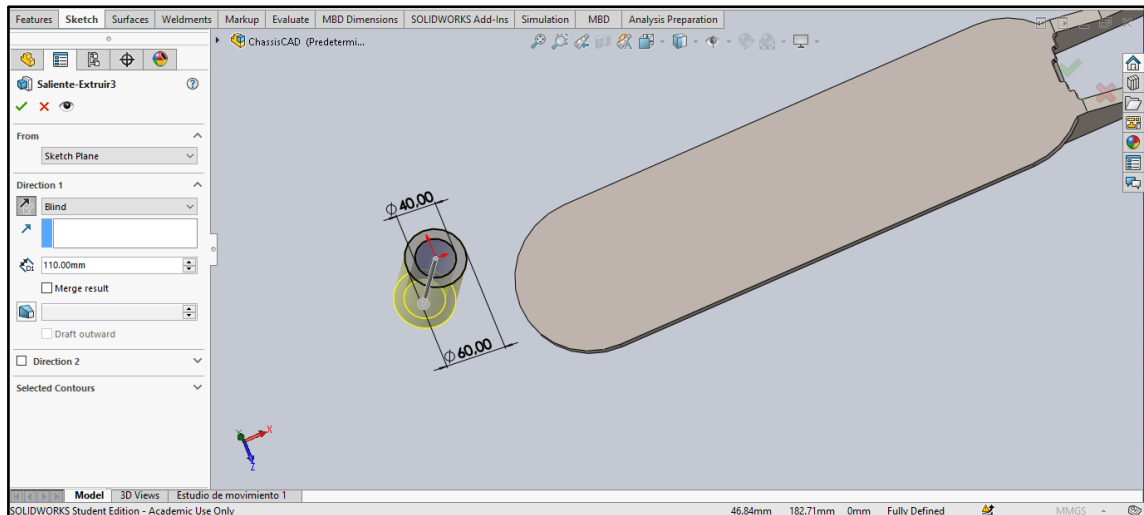
**Figura 37-2.** Croquis para insertar plano de referencia.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 38-2.** Plano de referencia.

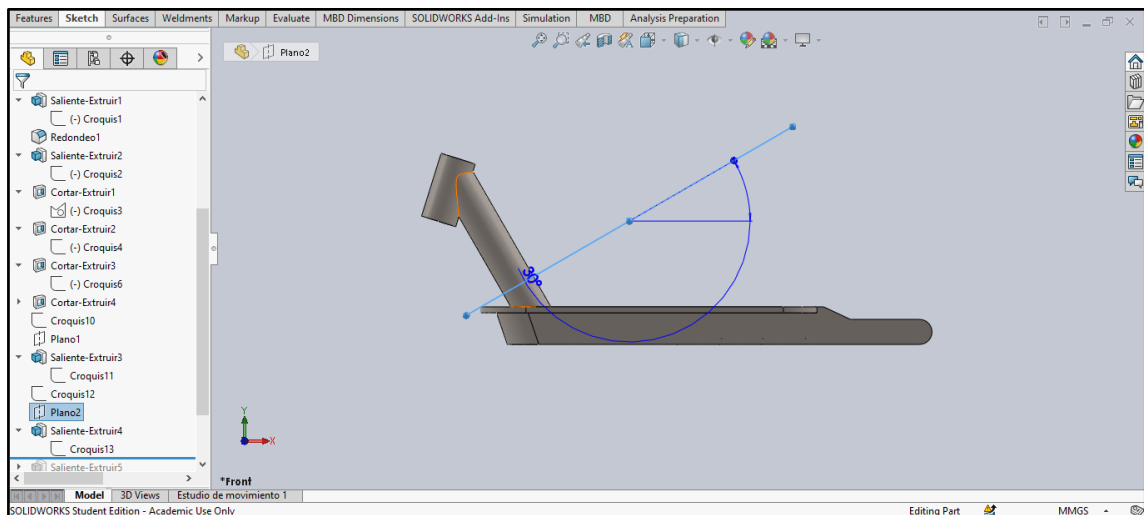
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 39-2.** Croquis de unión para trinche.

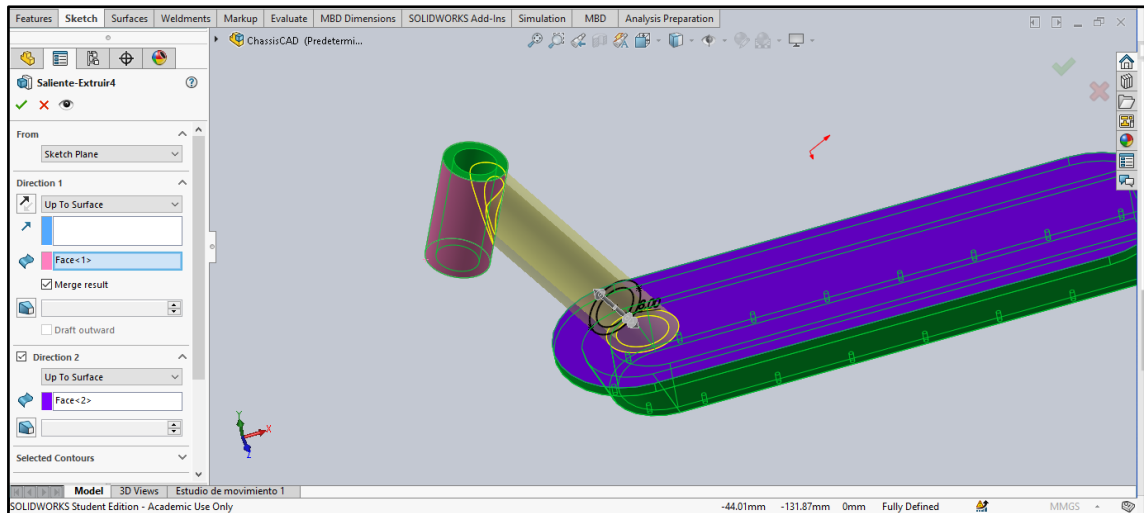
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El siguiente paso es realizar un croquis, el cual consiste en una línea de referencia con una medida de 140 mm en el borde frontal de la base superior, el cual servirá para insertar un plano de referencia con una inclinación de  $30^\circ$  que se puede observar en la figura 40-2. Este plano es necesario para la creación del nuevo croquis, el cual tendrá un diámetro exterior de 58.11 mm y uno interior de 42.11 m. Con este croquis se realiza una extrucción hasta la siguiente cara superior e inferior como se observa en la figura 41-2, la cual tendrá redondeos de 5 mm en las uniones.



**Figura 40-2.** Plano inclinado a  $30^\circ$ .

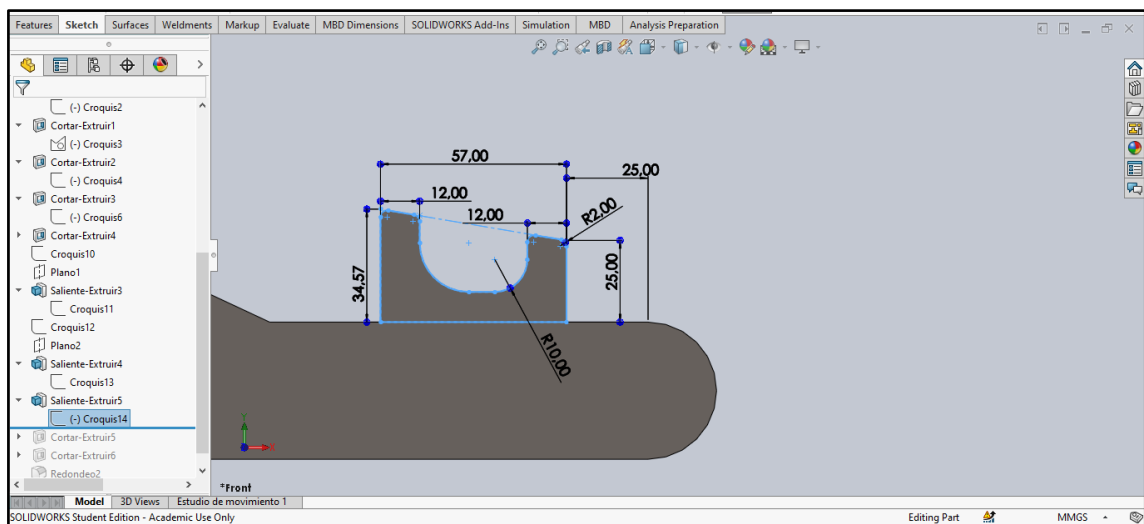
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 41-2.** Extrucción hasta la cara superior e inferior.

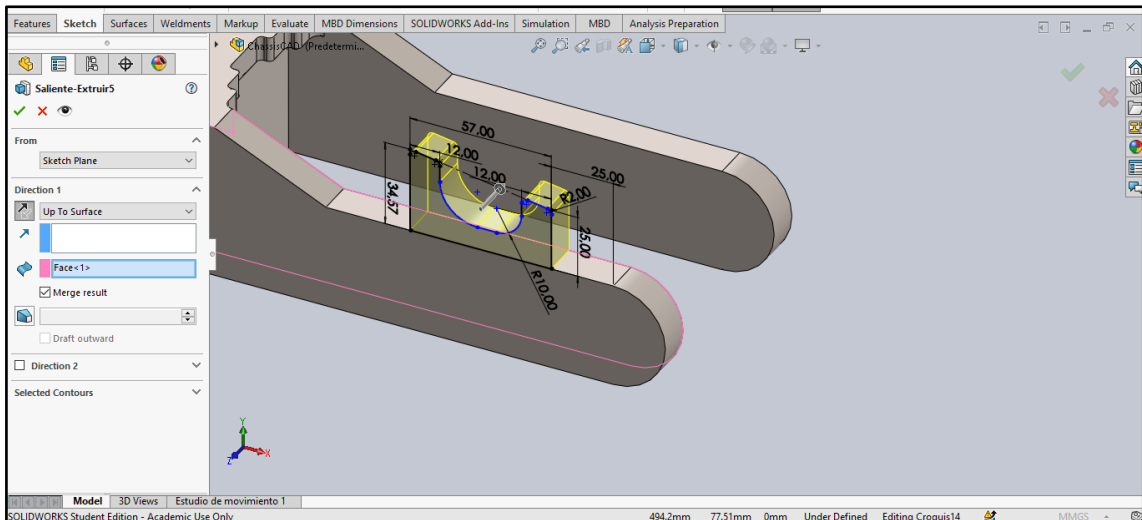
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se realiza la parte que va a sujetar al sistema de freno en la parte posterior del chasis, la cual tendrá las medidas que se presentan en la figura 42-2, este croquis tendrá una extrucción hasta la siguiente cara, así como se puede observar en la figura 43-2. Sobre la superficie del sólido que se crea se procede a realizar dos perforaciones, una en cada lado con un diámetro de 4 mm y una profundidad de 6 mm como se aprecia en la figura 44-2.



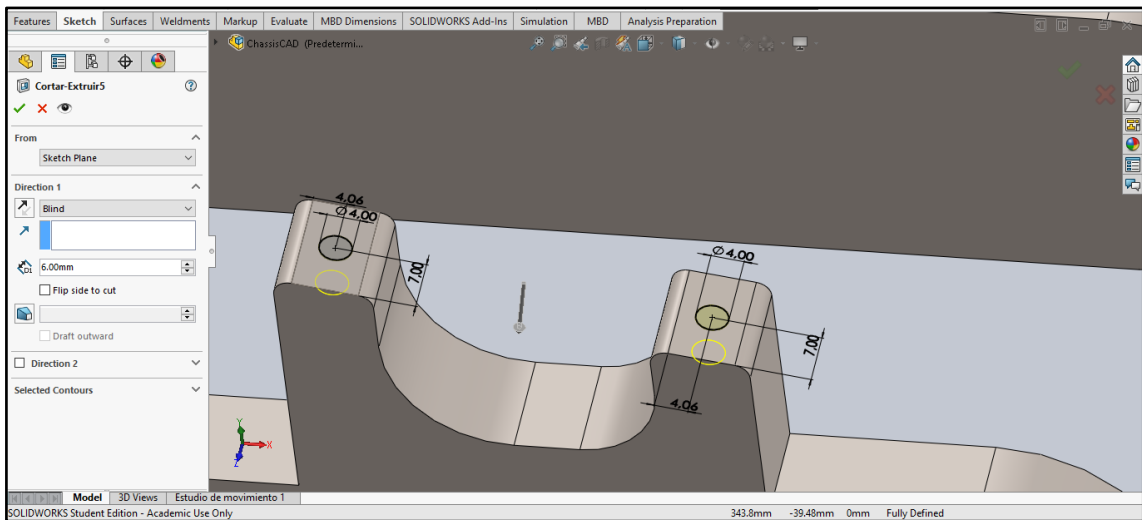
**Figura 42-2.** Croquis para agarre de freno.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 43-2.** Extrucción hasta siguiente cara.

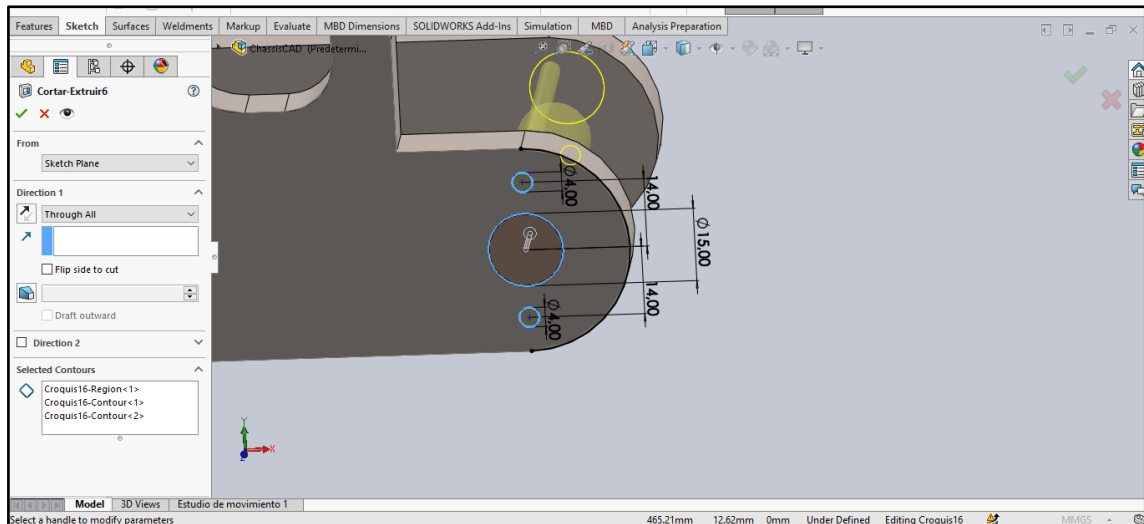
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 44-2.** Croquis para agujeros de sujeción de freno.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

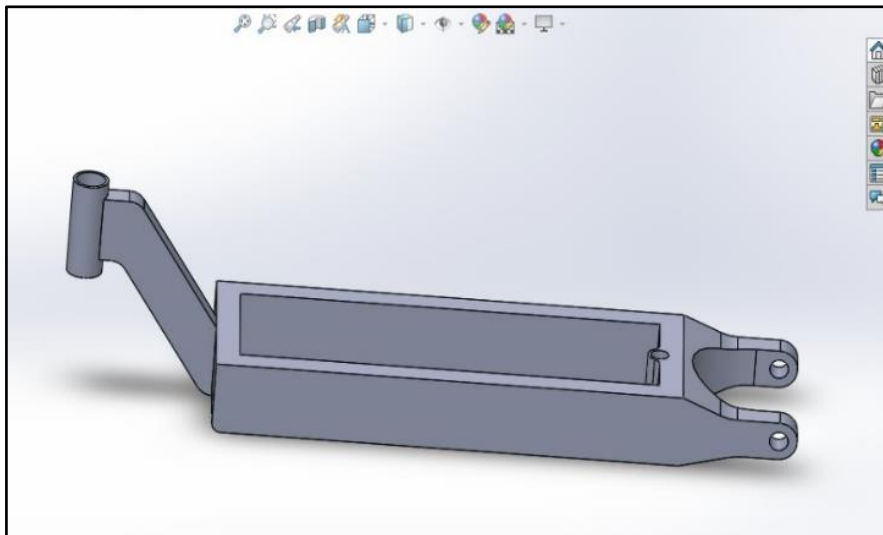
El último paso es realizar las perforaciones en los brazos posteriores, que es por donde pasará el eje que conecte a la rueda con el chasis, para ello se tiene un croquis con las medidas que se aprecian en la figura 45-2, y una extrucción de corte por todo el sólido.



**Figura 45-2.** Extrucción de corte para eje de rueda.

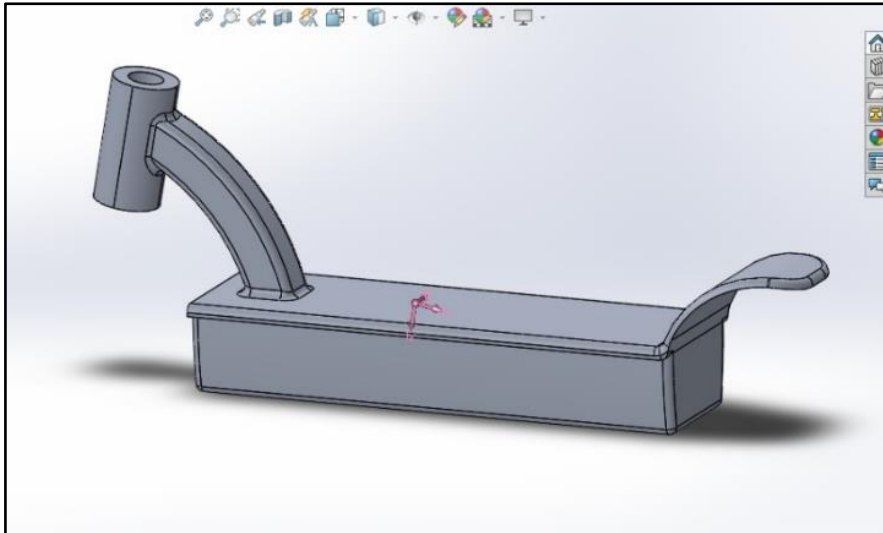
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Terminado todos los pasos anteriores se obtiene los tres modelos de chasis que se observan en las figuras 46-2, 47-2, 48-2. Estos modelos serán sometidos a un análisis estático en el programa Ansys, el cual permite verificar el peso que soporte cada chasis y así tomar una decisión de cuál de los 3 es el mejor.



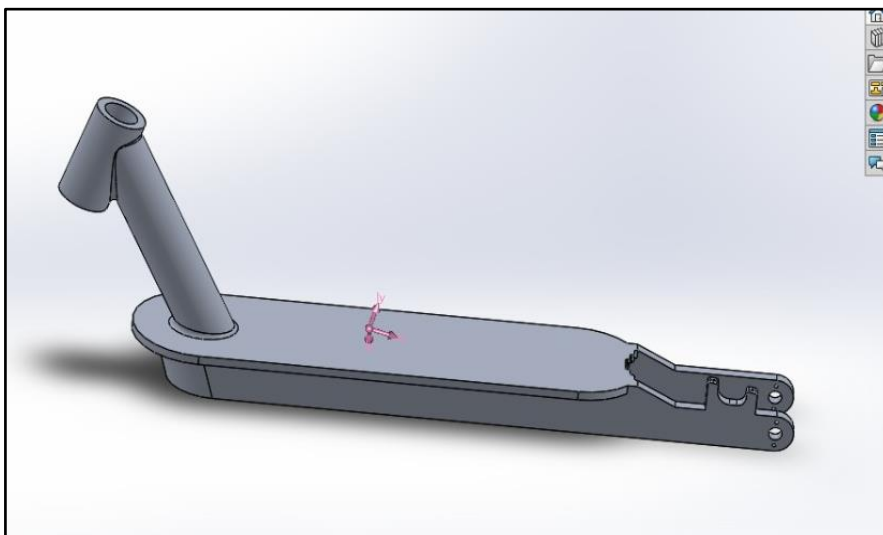
**Figura 46-2.** Alternativa de chasis 1.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 47-2.** Alternativa de chasis 2.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 48-2.** Alternativa de chasis 3.

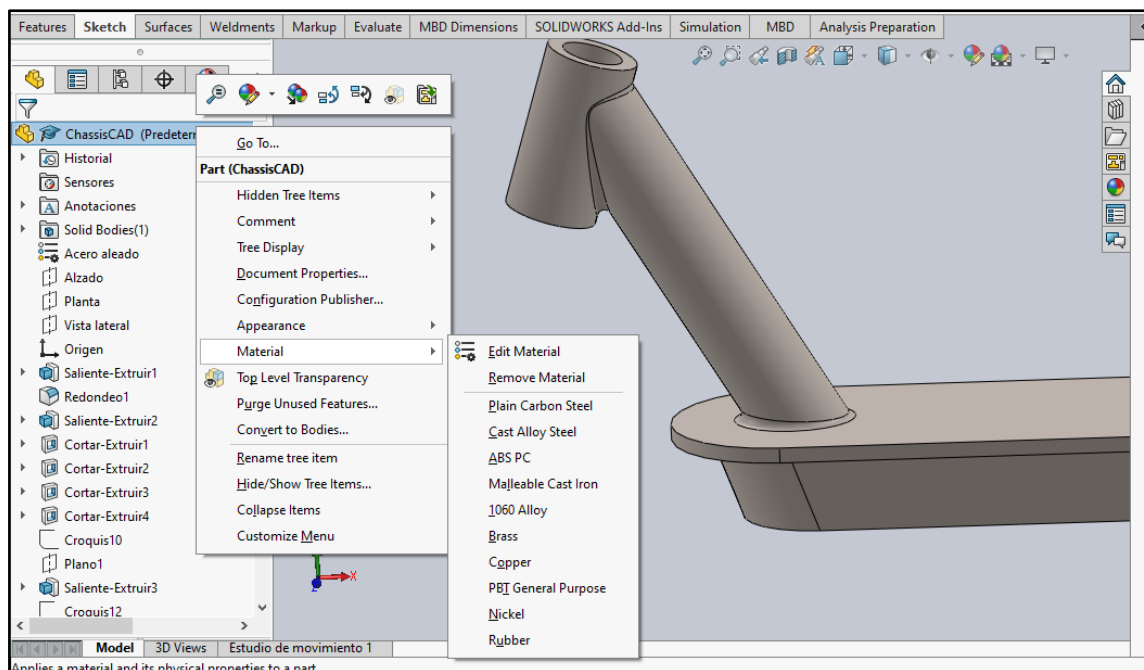
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### **2.5.2 Selección de material**

La selección de un material es de suma importancia, ya que se necesita que el scooter sea un vehículo liviano que se pueda transportar con facilidad en diferentes tramos del viaje. Debido a esta razón se trabaja con dos tipos de materiales que son comunes y se pueden conseguir con facilidad en el Ecuador los cuales son: el acero estructural que cuenta con un módulo de elasticidad de  $(2,1 \times 10^{10}) N/m^2$ , una densidad de  $(7700) Kg/m^3$  y una resistencia a la cedencia de 250 MPa, el aluminio aleado 1060 que tiene un módulo de elasticidad de

$(6,9 \times 10^{10}) N/m^2$ , una densidad de  $(2700) Kg/m^3$  y una resistencia a la cedencia de 250 MPa los cuales serán aplicados a cada uno de los tres tipos de chasis, de esta manera se obtendrá el peso que tendrá cada uno de los modelos con los diferentes materiales, lo que permite seleccionar el chasis que tenga menor peso y que cumpla con las especificaciones necesarias y continuar con el modelado de los demás componentes.

En SolidWorks se puede aplicar el material a la estructura al dar clic derecho en el nombre de la pieza en el cuadro de opciones izquierdo de la pantalla, del cual se desplazará un nuevo cuadro donde se selecciona la opción (Material) y luego (Edit Material), como se puede observar en la figura 49-2. En el recuadro que sale a continuación se puede seleccionar el material con el que se desea trabajar, así como se observa en la figura 50-2.



**Figura 49-2.** Cuadro de opciones para editar el material.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



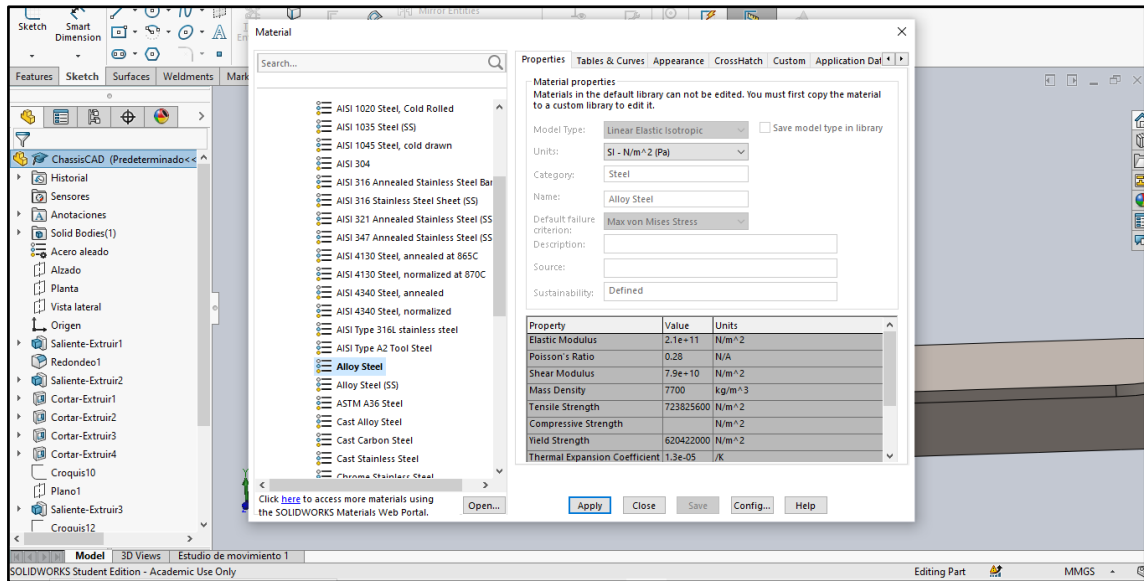
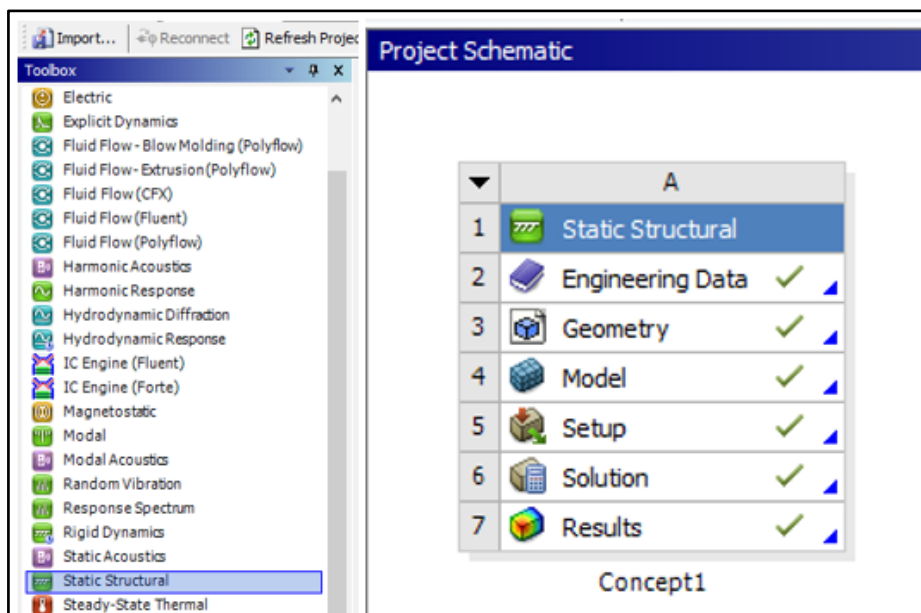


Figura 50-2. Alternativas de materiales.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 2.5.3 Análisis estático en el chasis

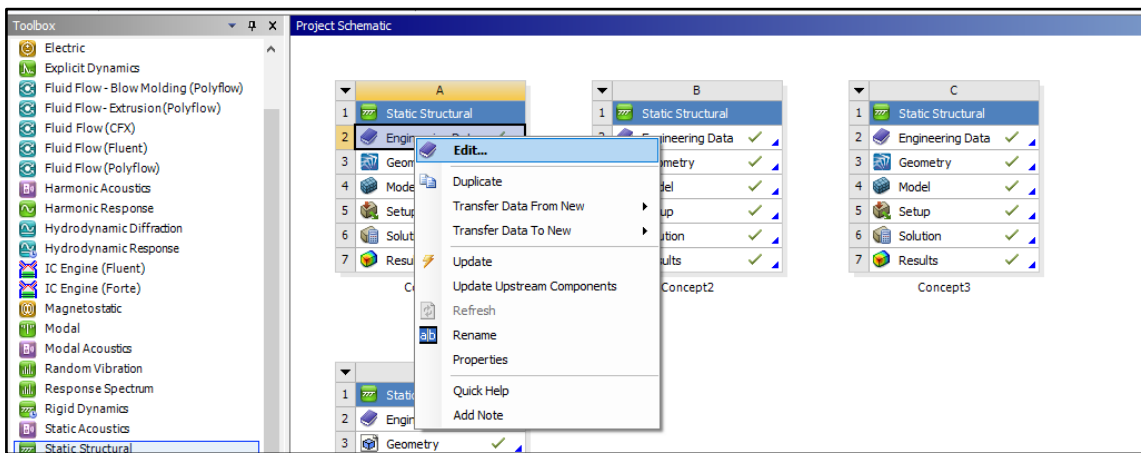
El análisis estático de cada chasis modelado en SolidWorks se realiza en el software Ansys versión 19.2. Así que se debe importar cada archivo (. STEP), esto se lo puede realizar al seleccionar el tipo de análisis deseado en las opciones de Toolbox (Analysis Systems). El análisis por realizar será el (Static Structural), al cual se le configura para poder realizarlo, se puede observar la selección y el cuadro para el procedimiento que se desprende al seleccionar la opción en la figura 51-2.



**Figura 51-2.** Selección del tipo de análisis Static Structural.

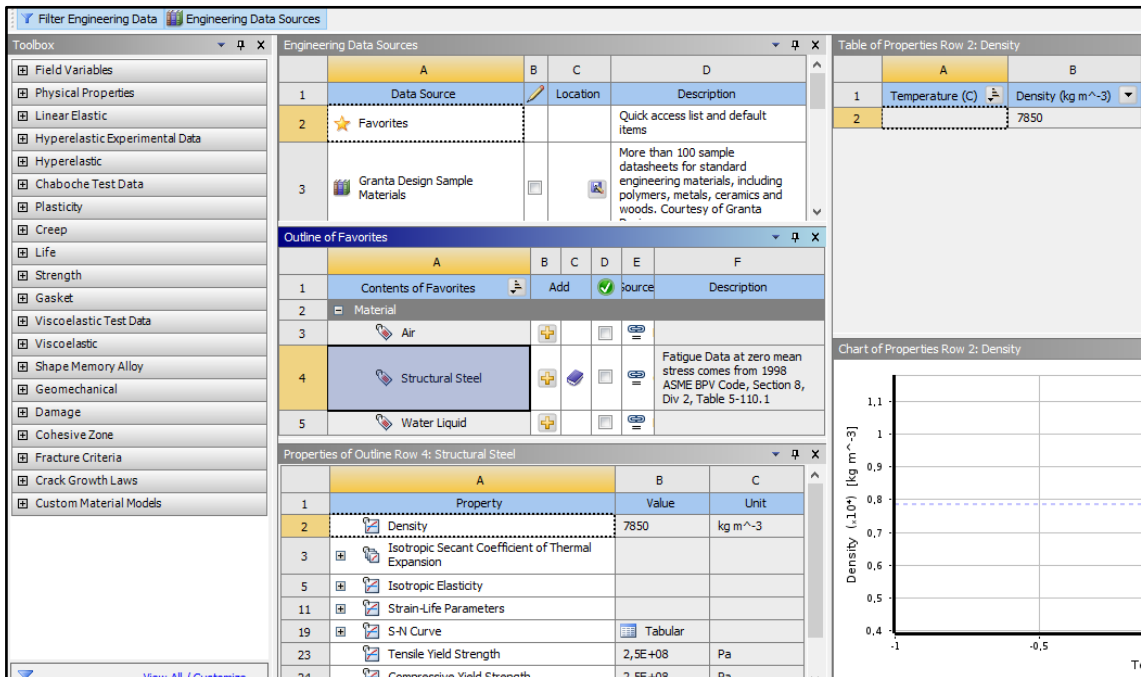
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la parte de (Engineering Data), dando clic derecho aparece un nuevo cuadro de opciones donde se debe dar clic en (Edit) como se observa en la figura 52-2, se le puede asignar el material al modelo con el que se va a trabajar, los cuales tendrán dos análisis ya que se tiene 2 tipos de materiales previamente seleccionados en el apartado 2.6, en la opción de (Engineering data sources) se puede agregar la librería de materiales generales y agregar el material que se prefiera, así como se puede observar en la figura 53-2 y 54-2.



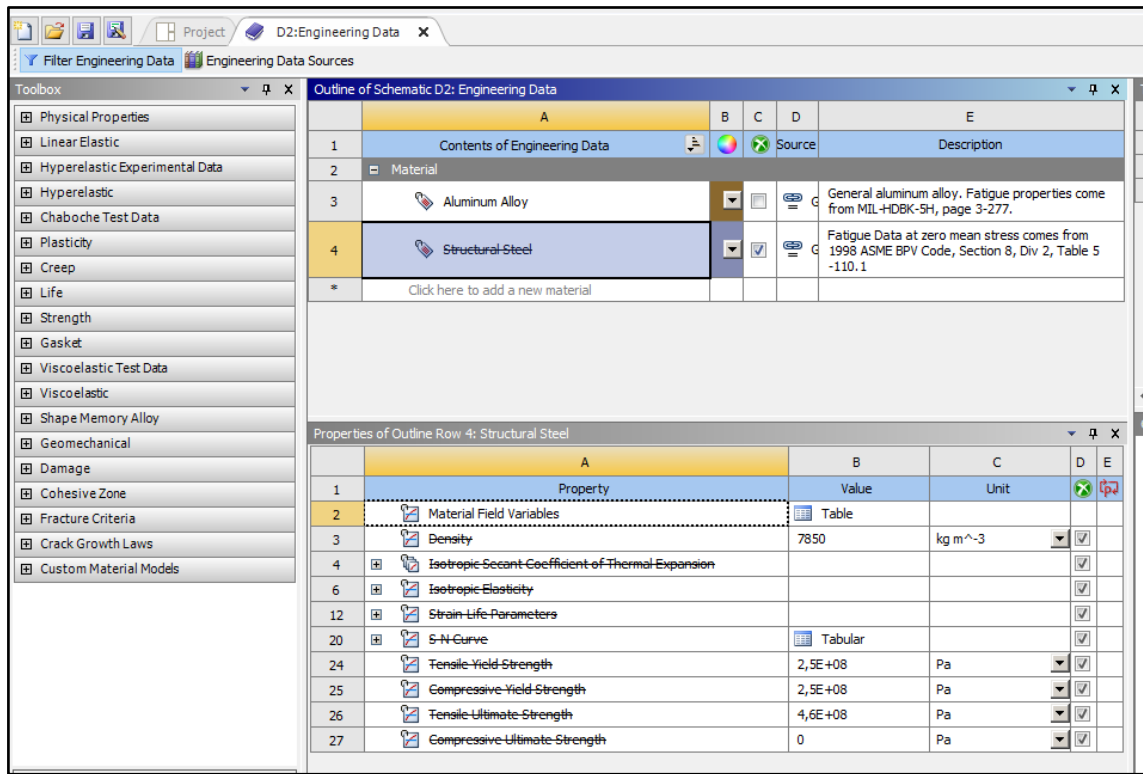
**Figura 52-2.** Editar material.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 53-2.** Cargar librería general.

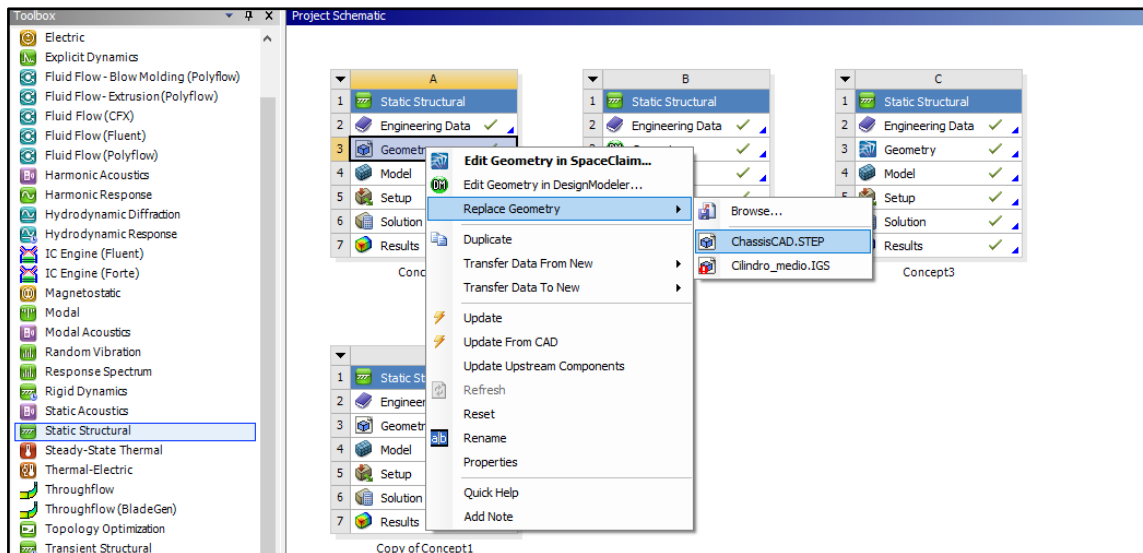
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 54-2.** Selección de material a utilizar en el análisis.

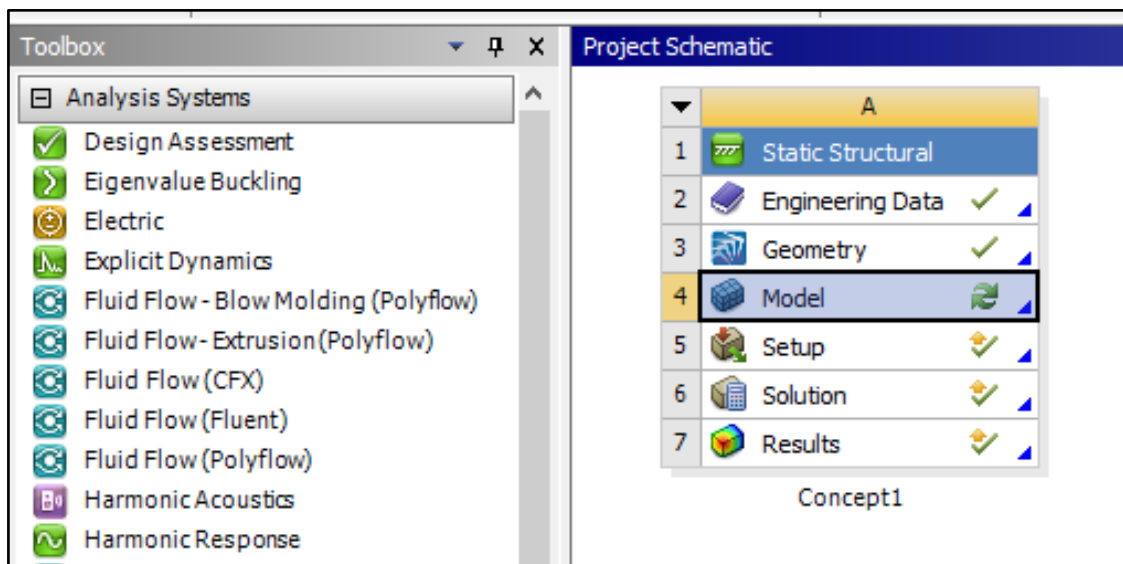
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se importa la geometría, que es el chasis modelado en SolidWorks, dando clic derecho en (Geometry) y luego en la opción (Import Geometry), con la cual se puede buscar el archivo deseado para el análisis, como se observa en la figura 55-2. Una vez realizado estos pasos se continua con la parte de (Model) dando un clic derecho y seleccionando (Edit), esta opción conduce a una nueva ventana en la que se realizará toda la configuración del proyecto que está dividida en dos partes el pre-procesamiento y el post-procesamiento, figura 56-2.



**Figura 55-2.** Importar geometría desde SolidWorks.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

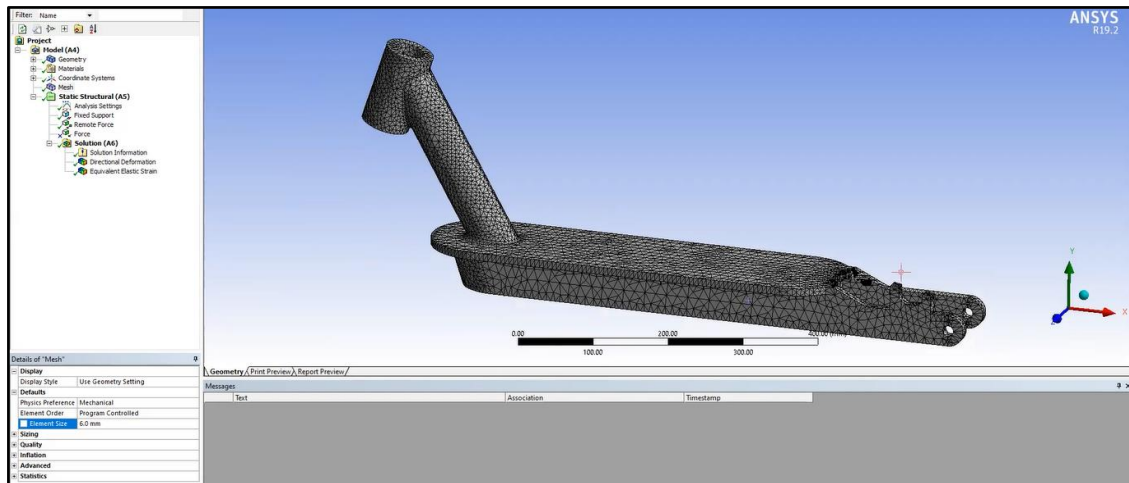


**Figura 56-2.** Configurar el análisis de los modelos.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Cabe recalcar que todos los pasos que se explican en este apartado se aplican a todas las tres alternativas de chasis que se tiene modelado. De tal manera para empezar la configuración del pre-procesamiento se debe verificar en el árbol de tareas que la geometría, el material y las coordenadas estén seleccionadas, con lo cual que se continua a la opción de mallado (Mesh), uno de los parámetros más importantes en la configuración del mallado es su tamaño ya que de él depende la calidad de resultados que se obtengan y el tiempo de procesamiento, mientras más grande la malla los resultados serán menos exactos y el tiempo de procesamiento será corto, así mismo mientras más pequeña la malla aumenta la calidad de resultados pero así también aumenta

el tiempo de procesamiento, en este caso se aplica una malla de 6 mm, la forma será triangular y los demás parámetros ya vienen configurados automáticamente, con lo cual se puede proceder a generar la malla como se observa en la figura 57-2. Al realizar la malla en cada una de las alternativas de chasis, en la opción (Statistics), se obtendrá el número de nodos y elementos que tiene cada modelo, datos que se pueden observar en la tabla 1-2.



**Figura 57-2.** Tamaño de malla

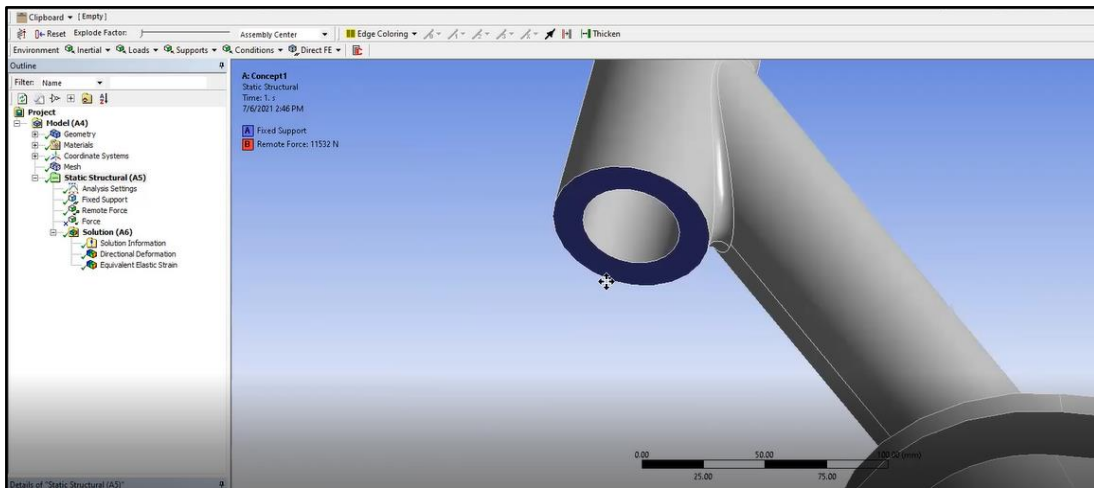
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 1-2:** Detalles estadísticos de malla.

Modelo	Número de nodos	Número de elementos
Alternativa 1	41120	22038
Alternativa 2	115676	65646
Alternativa 3	58168	31830

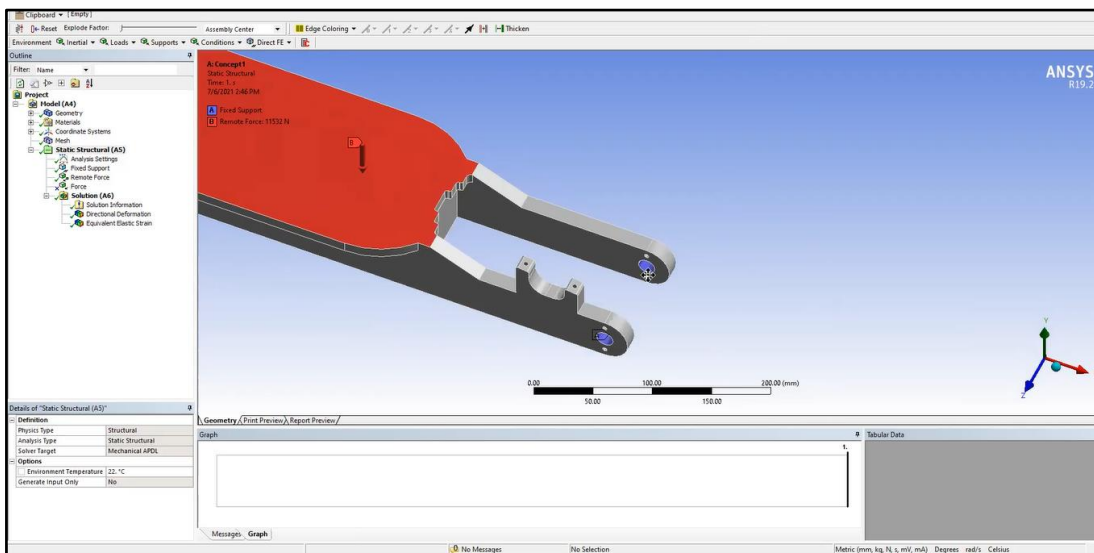
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

La siguiente parte del pre-procesamiento es la configuración del Static Structural (AS), en esta opción se aplica las condiciones de frontera, para ello se da clic derecho en Static Structural y se selecciona Fixed Support, el cual será aplicado en los orificios donde cruzará el eje de la llanta en la parte posterior como se observa en la figura 58-2 y también en la parte inferior de la unión delantera donde se conecta el trinche, figura 59-2, estas áreas se pintan de color azul. Lo siguiente es aplicar la carga, la cual es activada dando clic derecho en Static Structural y seleccionando Remote Force, esta fuerza es de 120 kg y se posa sobre la base del scooter como se observa en la figura 60-2 en las coordenadas: X: 100 mm, Y: 100 mm y Z: 0 mm debido a que en esa zona se instala el asiento y por ende se produce mayor esfuerzo.



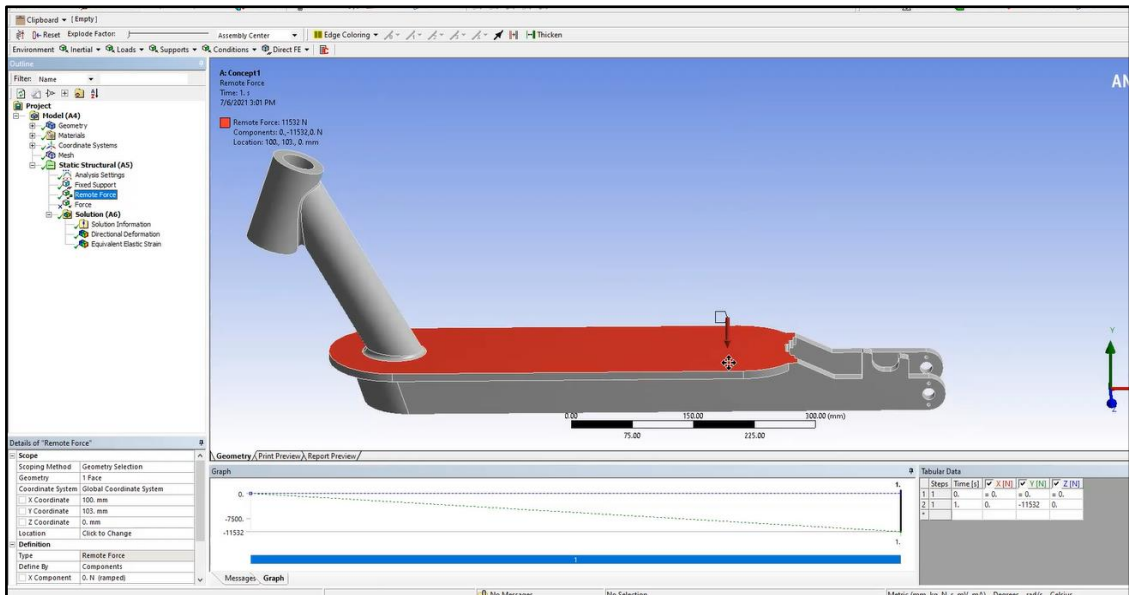
**Figura 58-2.** Fixed support 1.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 59-2.** Fixed support 2.

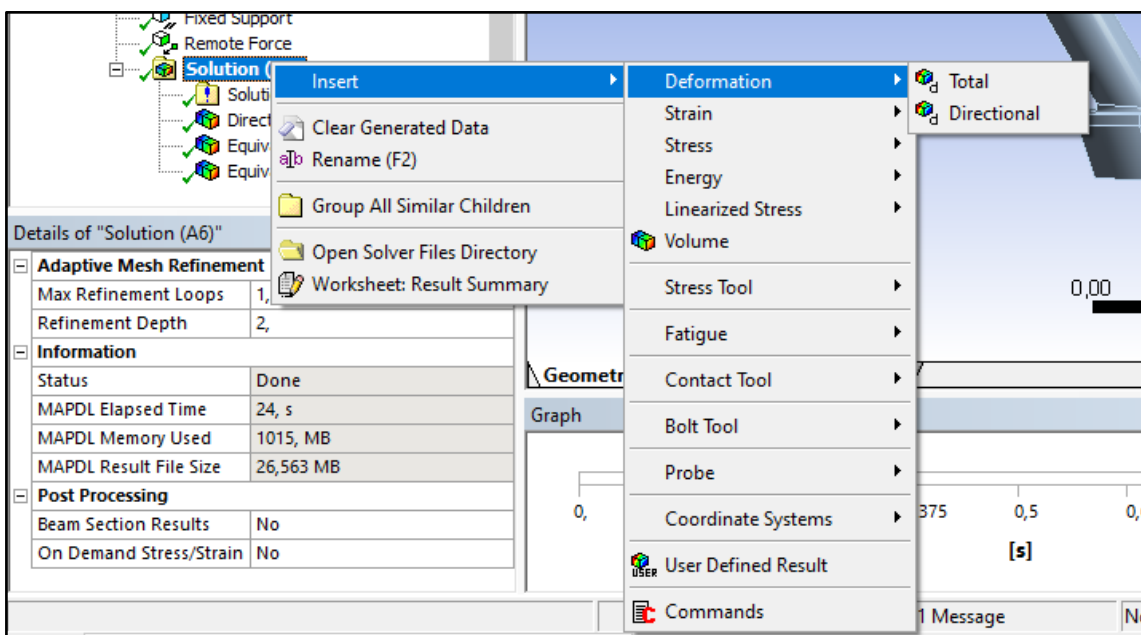
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 60-2.** Remote force.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Lo siguiente es el post-procesamiento, una vez asignadas las cargas respectivas sobre el chasis se procede a realizar la simulación en el software Ansys. Con un clic derecho sobre Solution (A6) se continua a seleccionar: Directional Deformation, Equivalent Elastic Strain y Equivalent Stress, este último utiliza el método de Von Mises, la forma de selección se la puede observar en la figura 61-2. Se prosigue con el comando resolver, el cual ejecutará los cálculos de cada operación seleccionada y se obtendrá los esfuerzos máximos y mínimos respectivos, comprobando que la base del chasis soporta una carga de 120 kg.



**Figura 61-2.** Modelo simulink de sistema híbrido.

#### **2.5.4 Selección de chasis**

Cada una de las alternativas de chasis tiene un modelo y características diferentes en cuanto a dimensiones y peso, esto debido a que se aplicaron dos materiales distintos, como se mencionó anteriormente el acero estructural y el aluminio aleado 1060, de esta manera el principal factor a tomar en cuenta para la selección del chasis será el peso total en cada uno. De igual forma, otro factor importante es el análisis estático realizado en todos los modelos, donde se obtendrá los datos de deformación máxima que van a soportar, tomando como carga principal 120 kg (1176,8 N). Concluido el análisis estático se podrá definir si todas las alternativas de chasis son aptas para soportar este peso o incluso más y cuáles no, presentando con resultados la alternativa que mejor encaja para los objetivos planteados y así continuar con el modelado de los demás componentes en este chasis seleccionado. Los resultados obtenidos se los podrá observar en el capítulo 3.

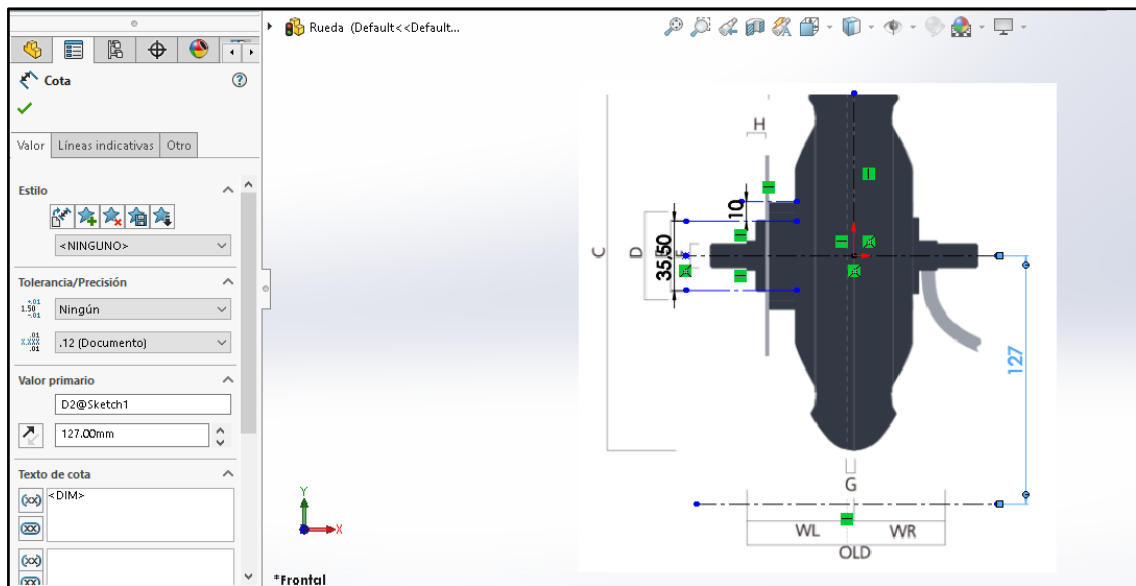
### **2.6 Modelado 3D de componentes del scooter (Solidworks 2021)**

Una vez seleccionado el modelo de chasis, se procede a modelar los demás componentes del scooter tales como el tren de potencia, el sistema de dirección, el sistema de freno, amortiguación y asiento. En esta sección se modelará las partes más importantes y todo lo demás será presentado en los anexos.

#### **2.6.1 Neumático trasero y motor**

Para realizar el neumático del scooter se aplica ingeniería a la inversa y partimos de una imagen de un neumático, como se muestra en la figura 62-2, colocado en el plano alzado, para luego definir las dimensiones deseadas. El radio de la rueda será de 127 mm y por ende el diámetro será de 254 mm lo que es igual a 10 pulgadas que será la medida del diámetro final de neumático.

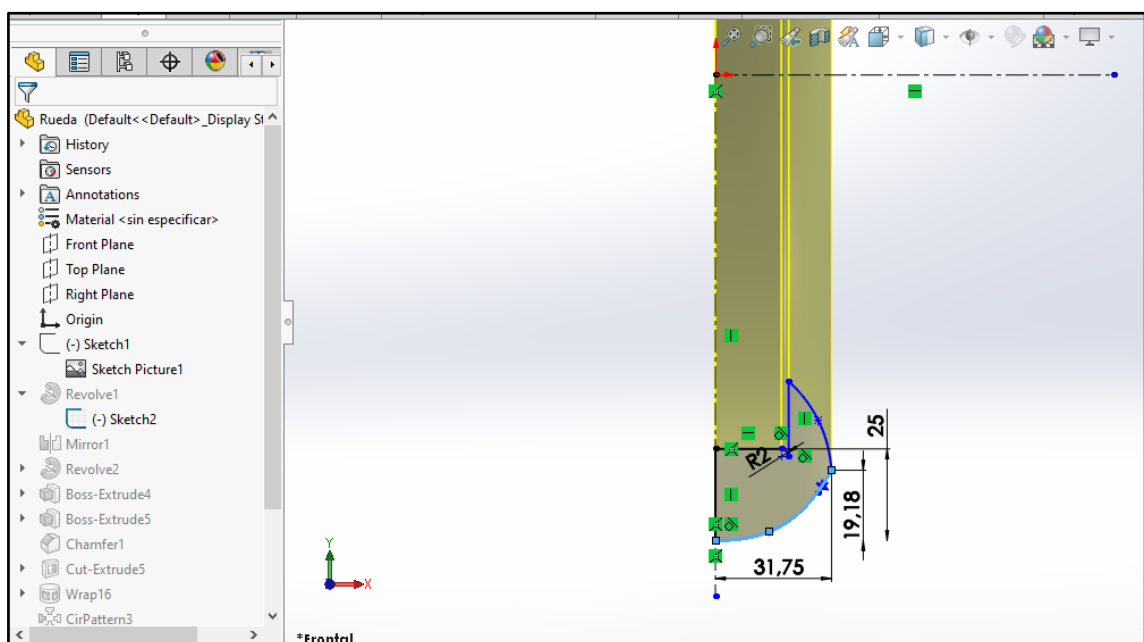




**Figura 62-2.** Croquis inicial para neumático.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Tomando la referencia del radio, se realiza un croquis al final del mismo con las medidas y forma que se observan en la figura 63-2, este croquis representa la mitad derecha que tendrá el neumático, una vez realizado este croquis se realiza la operación revolve de 360°, como se muestra en la figura 64-2, y se tendrá una forma básica y simple de un neumático para un scooter. Finalmente se usa la operación mirror o conocida como simetría para completar la forma total de neumático como se muestra en la figura 65-2.



**Figura 63-2.** Croquis de parte derecha del neumático.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

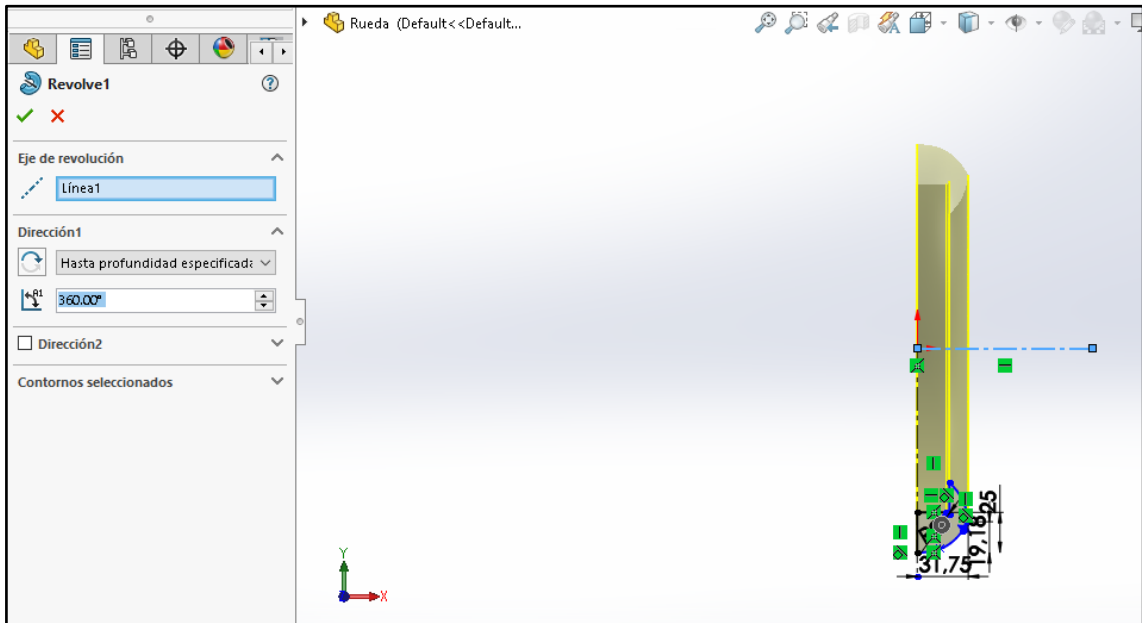


Figura 64-2. Revolución de neumático.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

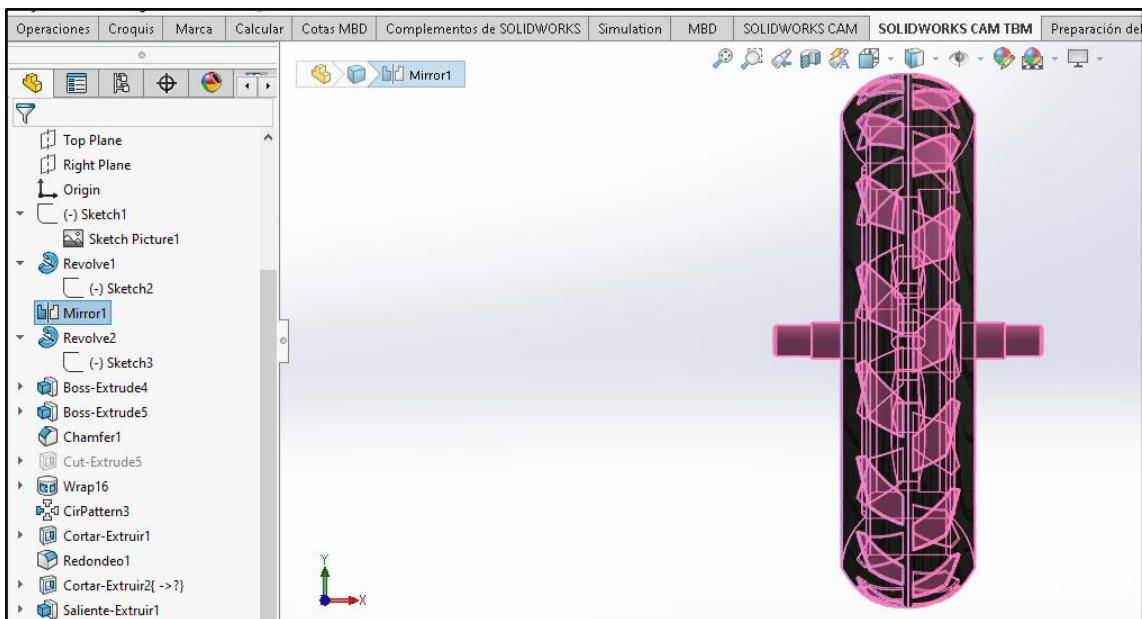
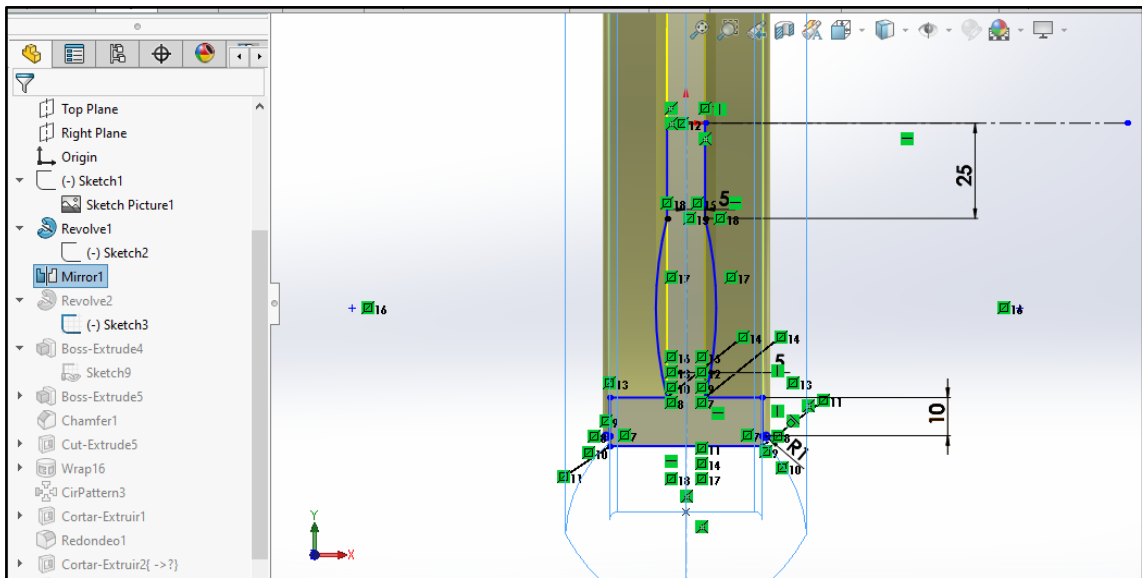


Figura 65-2. Simetría para neumático.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

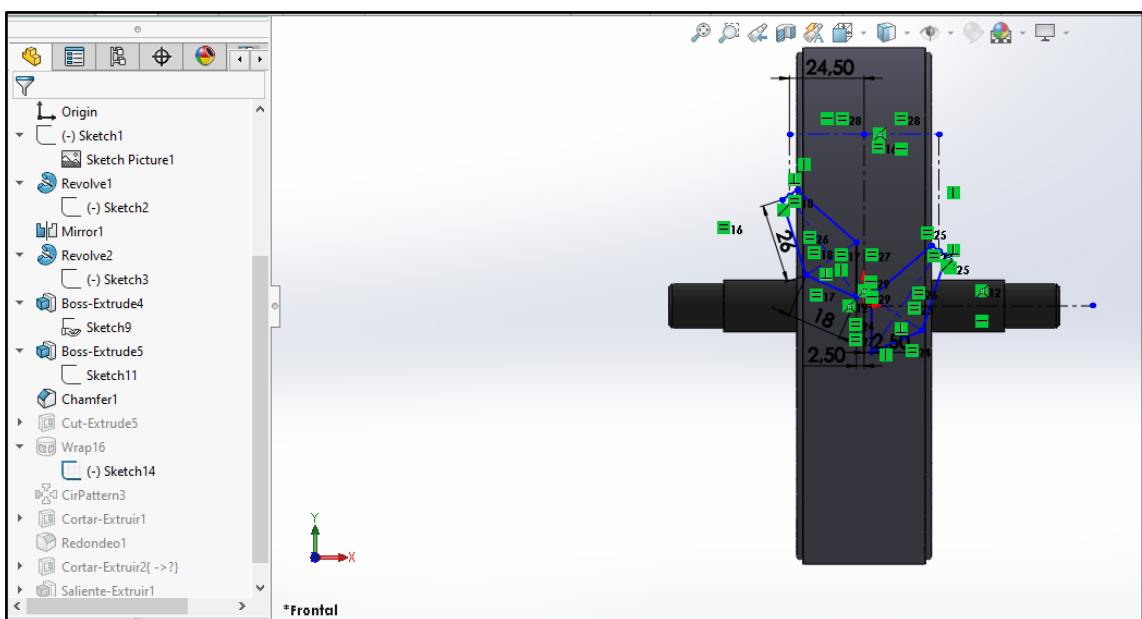
Para el modelado del aro del neumático se realiza un croquis como se muestra en la figura 66-2, esto para darle la forma del interior del neumático, luego se realiza la operación de resolve para que se aplique en toda la circunferencia del neumático.



**Figura 66-2.** Croquis para el aro del neumático.

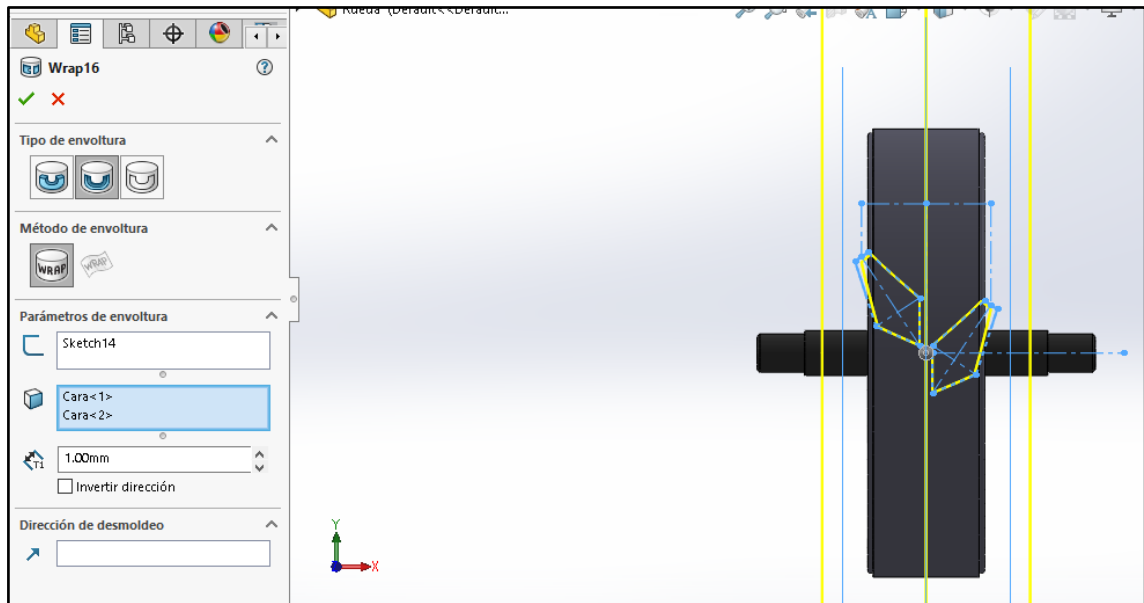
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Una vez realizada la parte exterior e interior del neumático se procede a realizar las marcas de la parte externa del neumático para ello se realiza un croquis en el plano alzado, como se muestra en la figura 67-2, estas marcas tendrán una distancia de 24.5 mm desde el centro del neumático y tendrán una cara paralela entre sí. Una vez terminado el croquis se realizará la operación de wrap, como se observa en la figura 68-2, esta operación realiza un grabado de 1 mm de profundidad sobre la superficie externa del neumático, ya definido este grabado se usa la operación Cirpattern con 16 instancias y se realizará por todo el neumático, es decir  $360^\circ$ , figura 69-2.



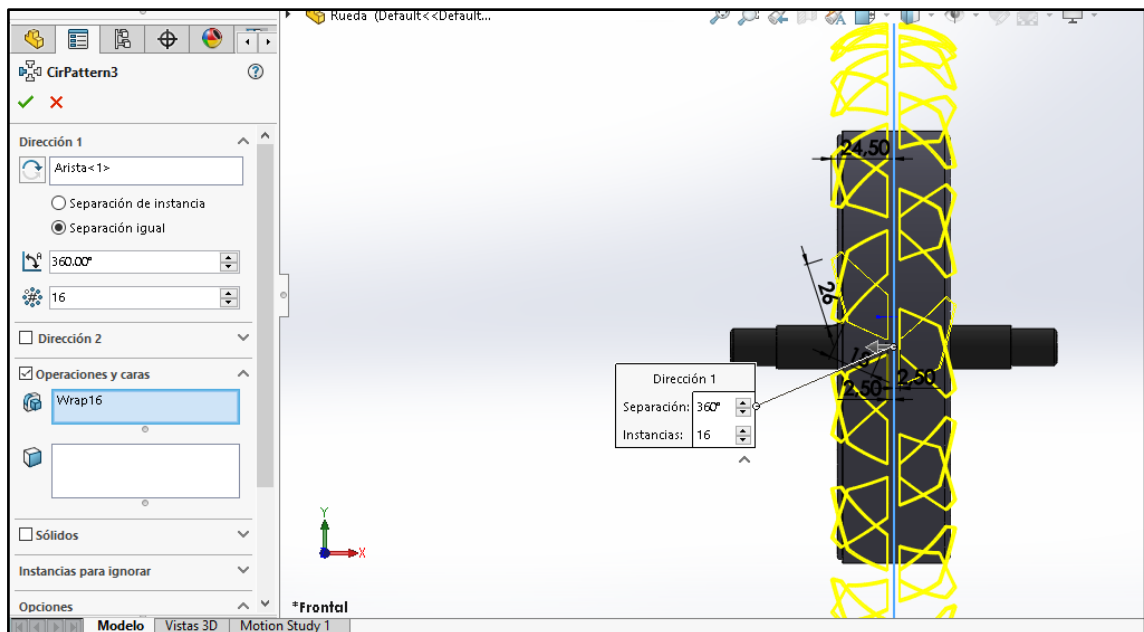
**Figura 67-2.** Croquis para marcas del neumático.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 68-2.** Profundidad de 1 mm.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

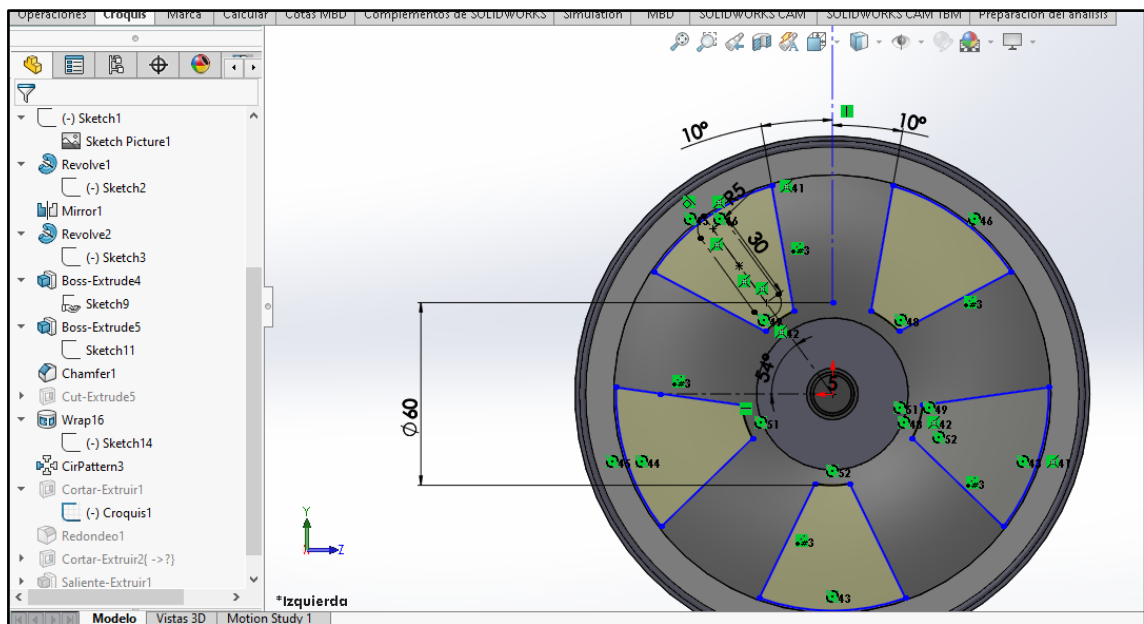


**Figura 69-2.** Matriz circular de marcas del neumático.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Para los cortes que tendrá el aro del scooter se realizan las formas de los cortes que, deseados, en este caso se muestra en la figura 70-2, se realizan 5 en total y tendrán una separación del centro

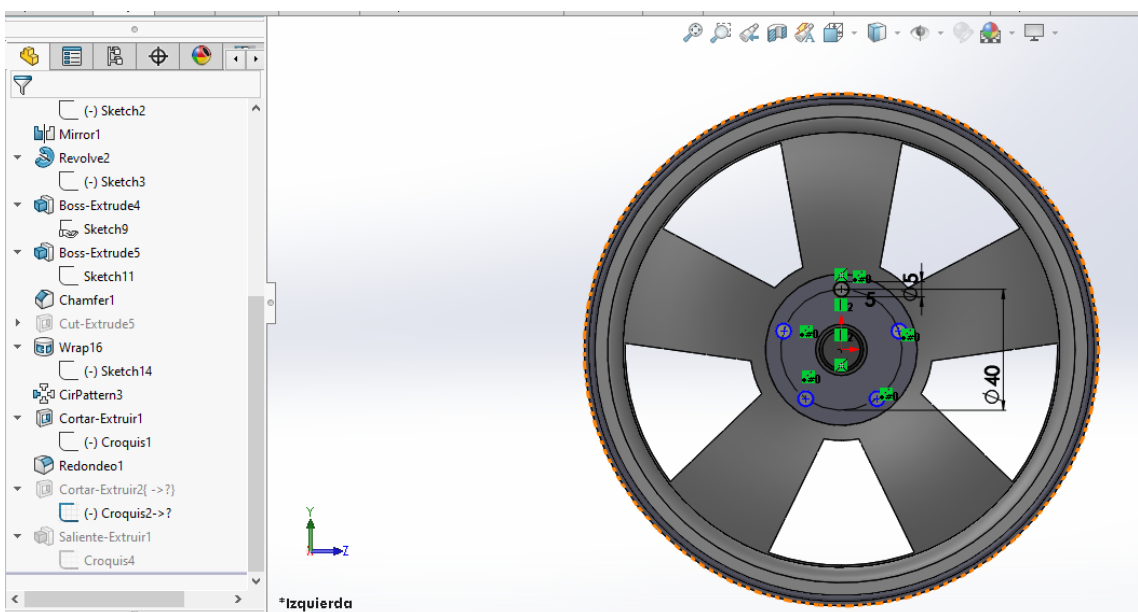
del aro con una medida de 30mm. Luego se realiza la operación de corte y se redondea el diámetro exterior del aro, y se tendrá la deseada del aro del neumático del scooter.



**Figura 70-2.** Croquis para corte de aro.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Para los últimos detalles del aro, se realiza una circunferencia de diámetro 40 mm desde el centro, por el cual se van a realizar 5 circunferencias de diámetro 5mm, para luego realizar cortes de las 5 circunferencias y así tener un patrón en el aro y hacerlo más estatutico, figura 71-2. Finalmente se tiene la forma final de todo el neumático como se muestra en la figura 72-2.



**Figura 71-2.** Croquis para el diseño del aro.

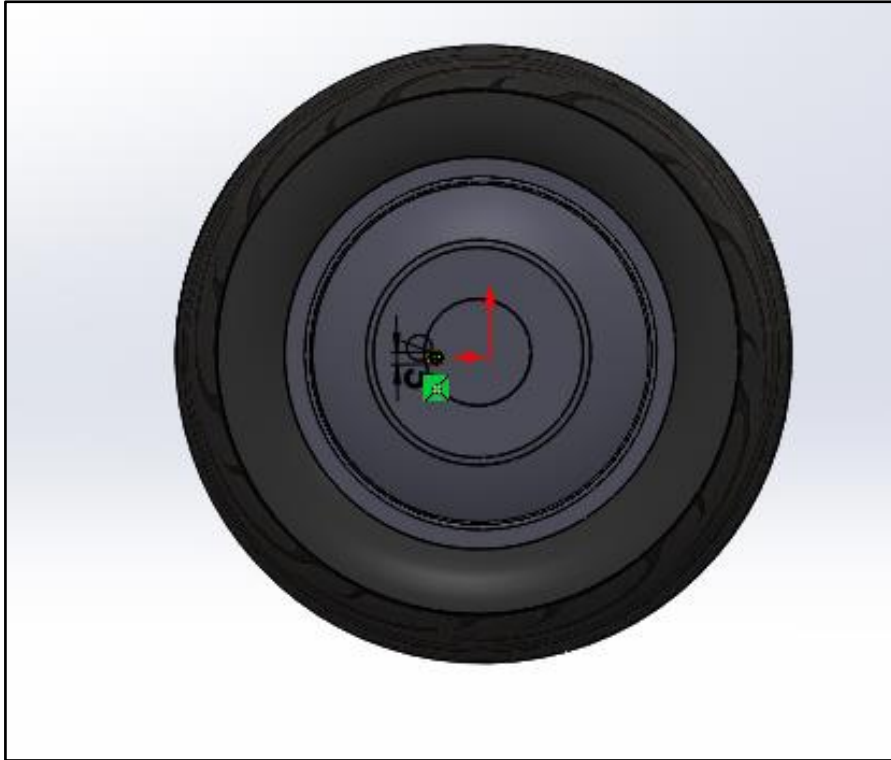
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 72-2.** Neumático con aro terminado.

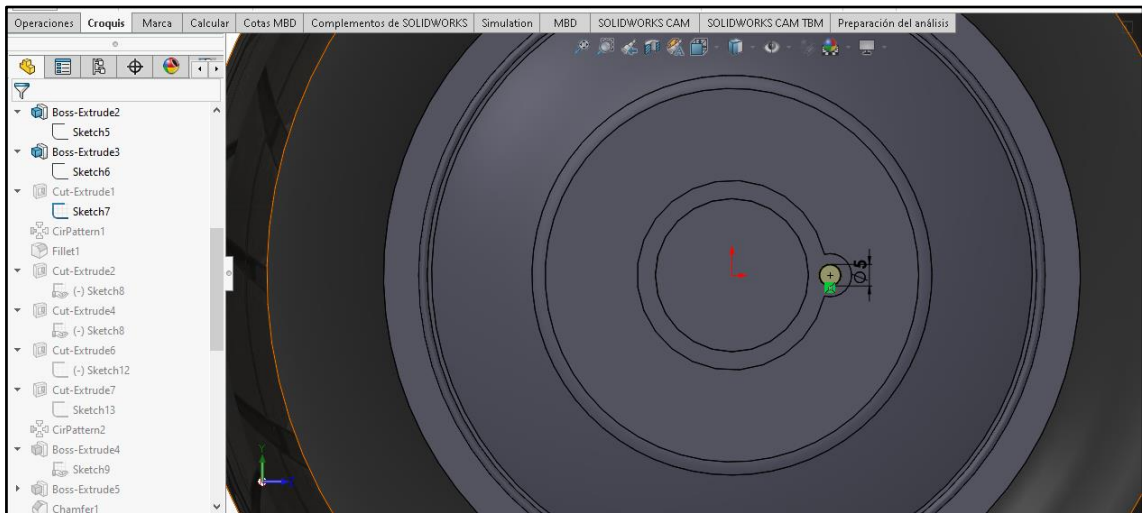
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En cuanto al motor eléctrico, se cuenta con el modelo in-wheel o también conocido como motor hub, que son motores de corriente continua impregnados en la llanta. Debido a esto el diseño del motor eléctrico es similar al diseño de la rueda. El motor también cuenta con un cable que sale del eje y se conecta al controlador y la batería, lo que hace posible su funcionamiento. Para el diseño del neumático con motor se sigue los mismos pasos del neumático sin motor, como se observa en le figura 73-2, la única diferencia que estos neumáticos tendrán será la de la forma del aro del mismo, para realizar la parte del aro del neumático con motor se realiza un croquis de una circunferencia de 5 mm de diámetro como el que se observa en la figura 74-2, esto se realiza únicamente en una cara del neumático, una vez terminado el croquis se procede a utilizar la función CirPattern con una vuelta de 360 grados y un número de instancias de 6 y tse obtendrá un resultado como se muestra en el figura 75-2.



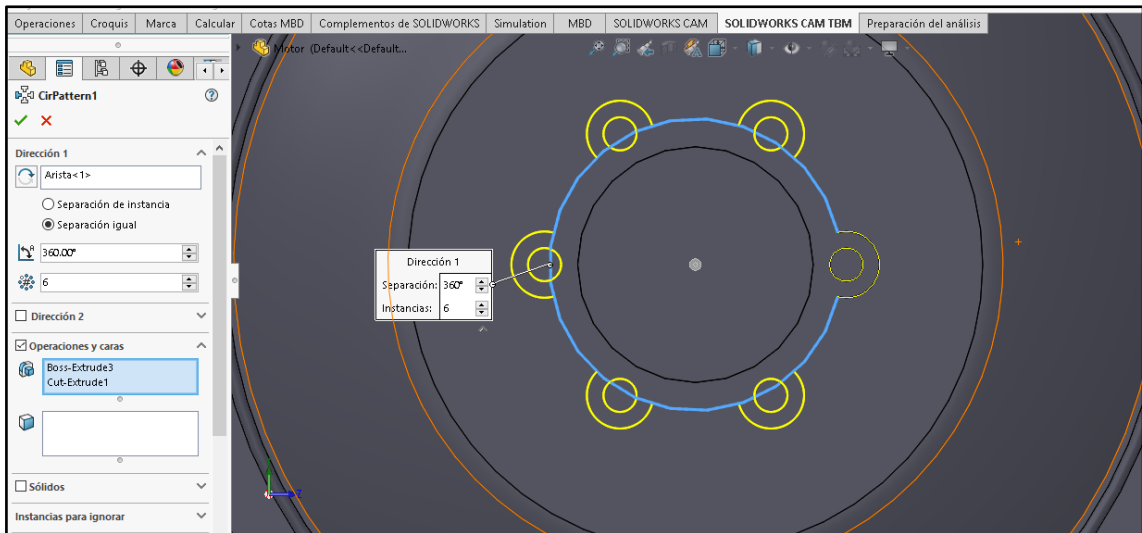
**Figura 73-2.** Modelo inicial de motor hub.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 74-2.** Croquis inicial sobre el motor.

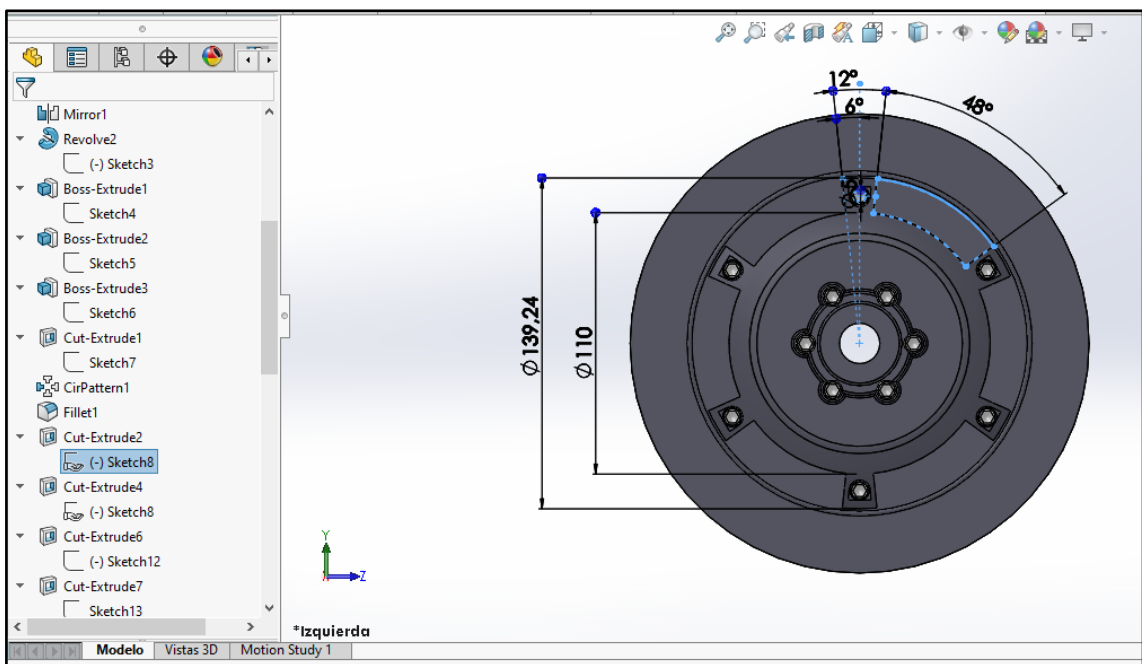
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 75-2.** Matriz circular sobre el motor hub.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

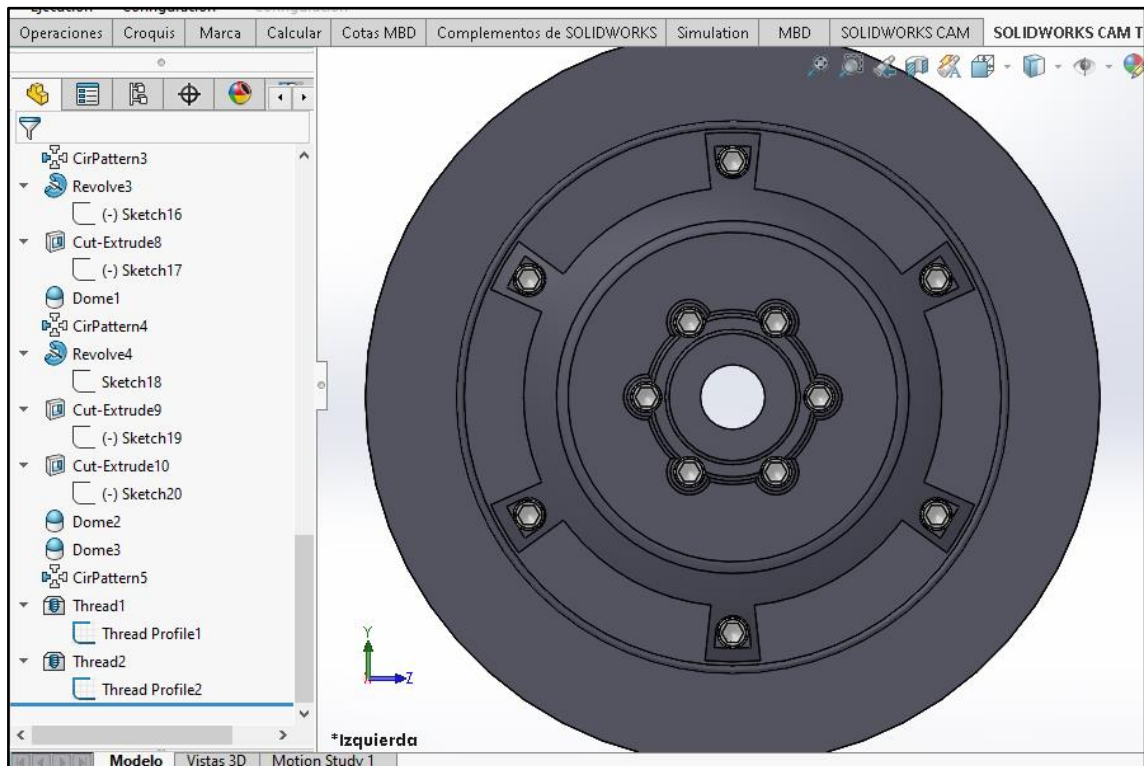
Como siguiente paso se tiene el de realizar un croquis como se observa en la siguiente figura 76-2, que consta de dos circunferencias de 110 mm y 139.24 mm de diámetro, estas circunferencias servirán de guía para los 6 arcos de  $48^\circ$  y una separación de  $12^\circ$  que van sobre ellas, y en el centro de estas separaciones se colocaran circunferencias de 6mm. Finalmente se utiliza la función CirPattern con una vuelta de 360 grados y un número de instancias de 6. Por último, se colocan pernos sobre todas las circunferencias de 6mm, obteniendo el siguiente resultado como se muestra en la figura 77-2. Esto debe aplicarse en ambas caras del neumático.



**Figura 76-2.** Croquis final para diseño de motor hub.



**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 77-2.** Modelo final de motor hub.

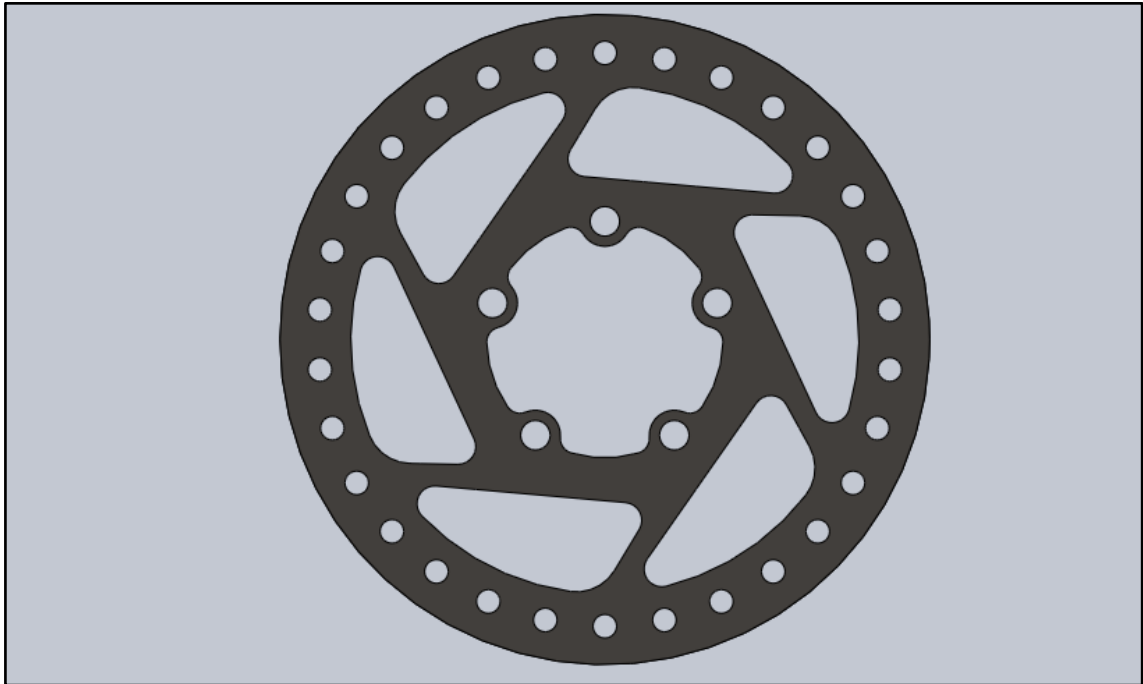
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

La parte inferior del chasis cuenta con un compartimento que tiene el espacio suficiente para albergar el controlador y la batería, por lo tanto, se procede a modelar los dos componentes por igual. El paquete de baterías seleccionado cuenta con unas medidas de 300 mm de largo, 66 mm de ancho y 38 mm de espesor, en uno de sus costados se desprende los cables que lo conectan al controlador y también el puerto de carga. En el caso del controlador, que es de aluminio, cuenta con medidas de 90 mm de largo, 48 mm de ancho y 36 mm de espesor, al igual que la batería el controlador también desprende de un costado el maso de cables que se conecta con la batería, el motor y demás accesorios. Todos los planos de estos componentes se los presentará al final.

### **2.6.2 Frenos: de disco mecánico**

Para el modelado del freno que tendrá el scooter, se seleccionó el de freno de disco, como se puede observar en la figura 78-2, que será accionado mecánicamente, ya que son los tipos de frenos que la mayoría de los fabricantes de scooters eléctricos utilizan en los modelos que ofrecen al mercado, además de que la configuración del chasis se la modelo tomando en cuenta con anterioridad el tipo de freno que se va utilizar, este tipo de freno se adapta perfectamente al espacio

que existen entre la rueda trasera y el chasis del scooter eléctrico. Los planos para su diseño se los podrá observar en los anexos.

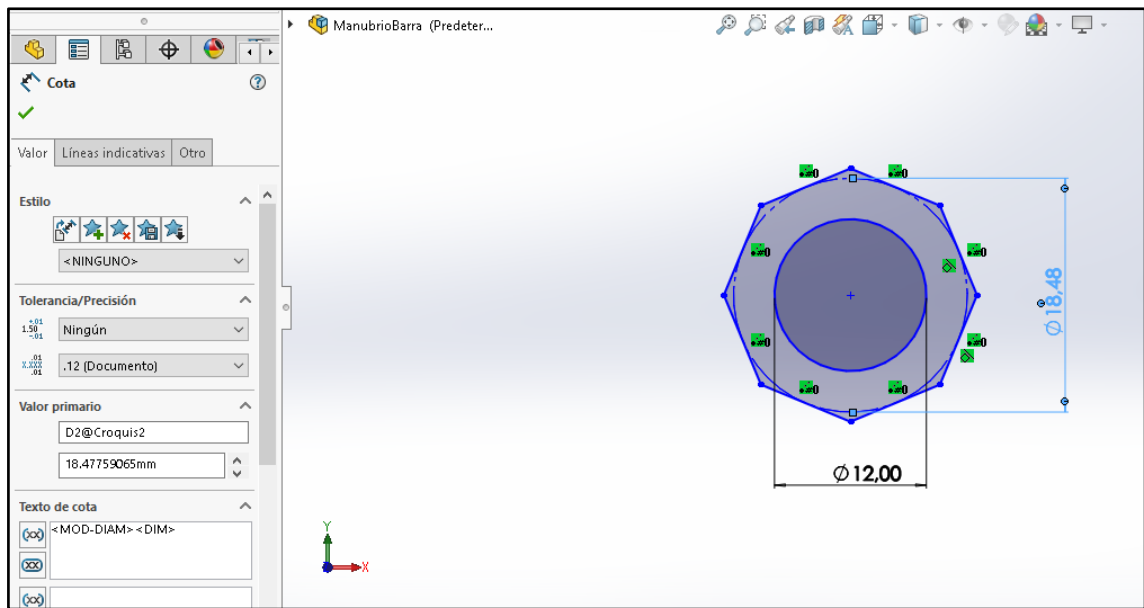


**Figura 78-2.** Disco de freno.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

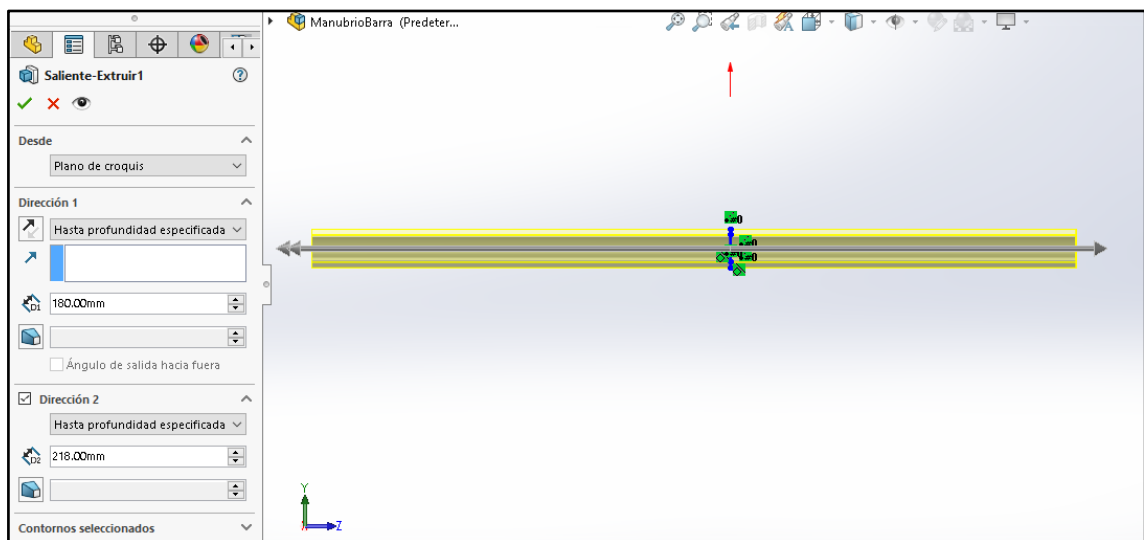
### **2.6.3 Dirección y suspensión**

Para realizar el timón del scooter se realiza un octógono partiendo de una circunferencia exterior de diámetro 18.48 mm y una circunferencia interior de 12mm, como se muestra en la figura 79-2. Luego se realiza una extracción de este croquis de 180 mm, en una dirección y 218mm en la dirección opuesta, figura 80-2. Como siguiente paso se realiza la operación de corte por todo el tubo con la circunferencia de 12 mm de diámetro para tener un tubo hueco, figura 81-2. El material del manubrio es de aluminio aleado 1060.



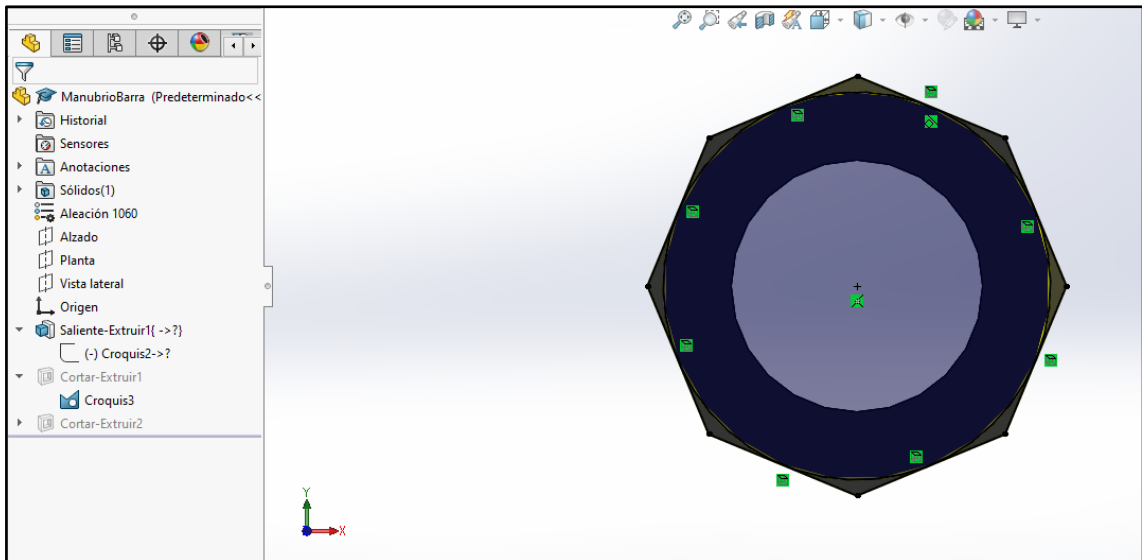
**Figura 79-2.** Croquis para timón del scooter.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 80-2.** Extrucción de croquis para timón.

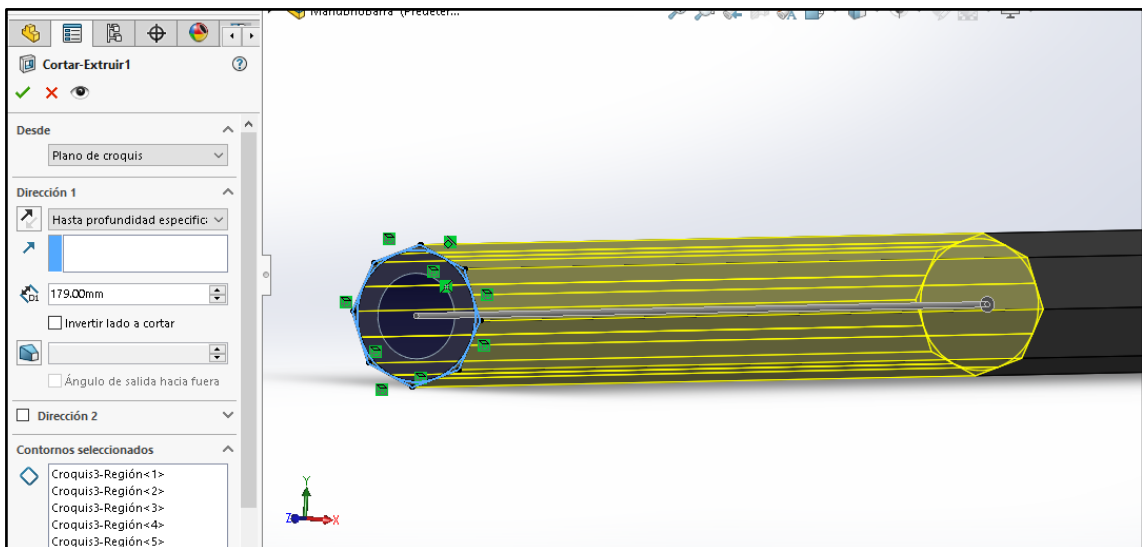
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 81-2.** Croquis de corte por todo el tubo.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Para finalizar con el timón se realiza un corte del primer croquis cuando una distancia de 179 mm, y esto repetir a cada extremo del timón, para así tener el diseño final del timón del scooter como se muestra en la figura 82-2.

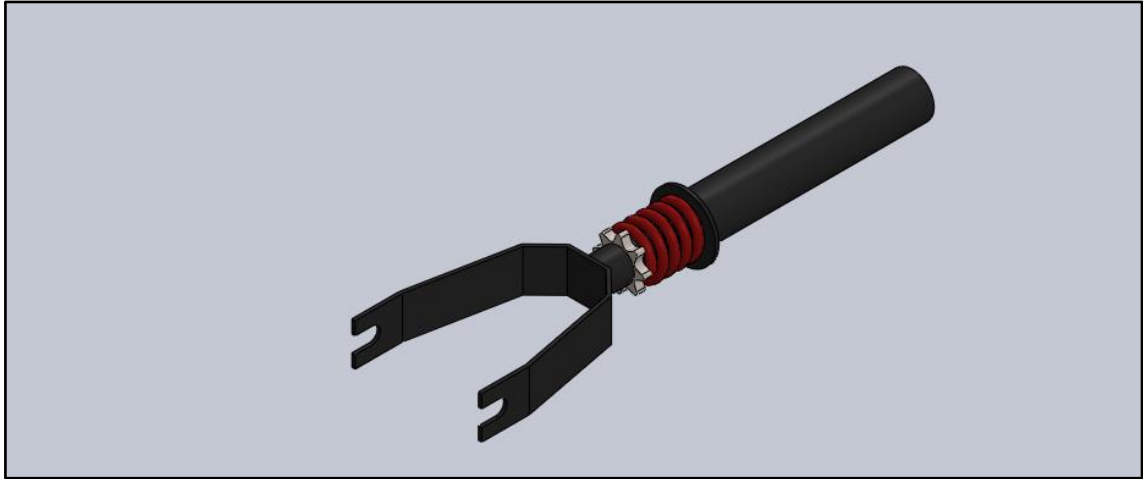


**Figura 82-2.** Croquis de corte final.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En el caso de la suspensión se modelo una suspensión de tipo espiral impregnada en el trinche como se observa en la figura 83-2, por el motivo de que este tipo de suspensión es ideal para vehículos livianos. La suspensión se colocará en la parte delantera del scooter, puesto que tendrá

tracción delantera, garantizando que las irregularidades del terreno no se transmitan hacia el timón y así evitar que se pierda el control al momento de conducirlo brindando seguridad al conductor en todo momento.

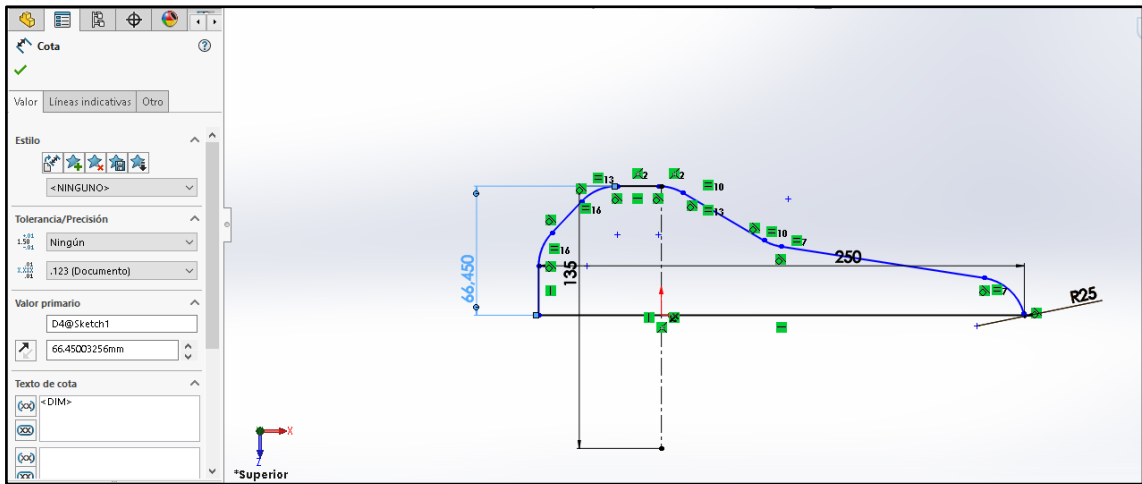


**Figura 83-2.** Sistema de suspensión.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

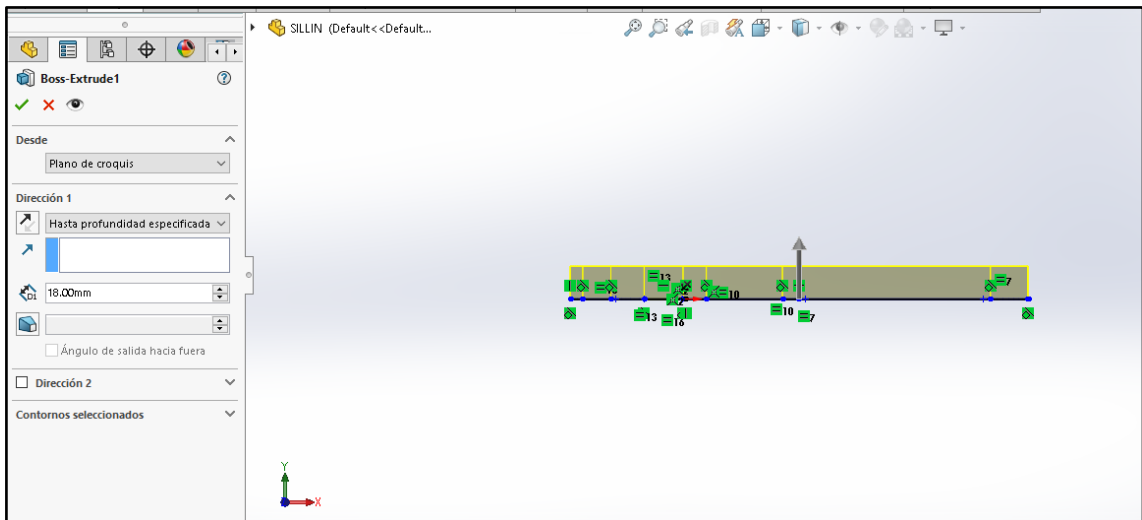
#### **2.6.4 Asiento del scooter**

Para el diseño del asiento se comienza realizando el croquis en el plano superior como se observa en la figura 84-2, el asiento tendrá un largo total de 250 mm y una altura desde su base de 66.45 mm. luego se realiza una extrucción de 18 mm hacia la parte superior de nuestro croquis inicial (eje Y), como se muestra en la figura 85-2, una vez hecha la extrucción se realiza un redondeo de todas las aristas para que nuestro diseño vaya tomando la forma de un asiento ergonómico, figura 86-2. Se continúa realizando las curvaturas características de un asiento, con un ángulo de 55° desde el centro del asiento como se muestra en la figura 87-2. Por último, se realiza la base del asiento donde va conectado nuestra barra de ajuste de altura, para ello se realiza un croquis en el centro del asiento colocado en el plano alzado, figura 88-2, esta base constará con un agujero para ajustar la barra de apoyo del asiento que será de 25.4 mm de diámetro y otros dos agujeros de 3mm de diámetro para colocar un tornillo de ajuste, el material seleccionado para el asiento será plástico ABS.



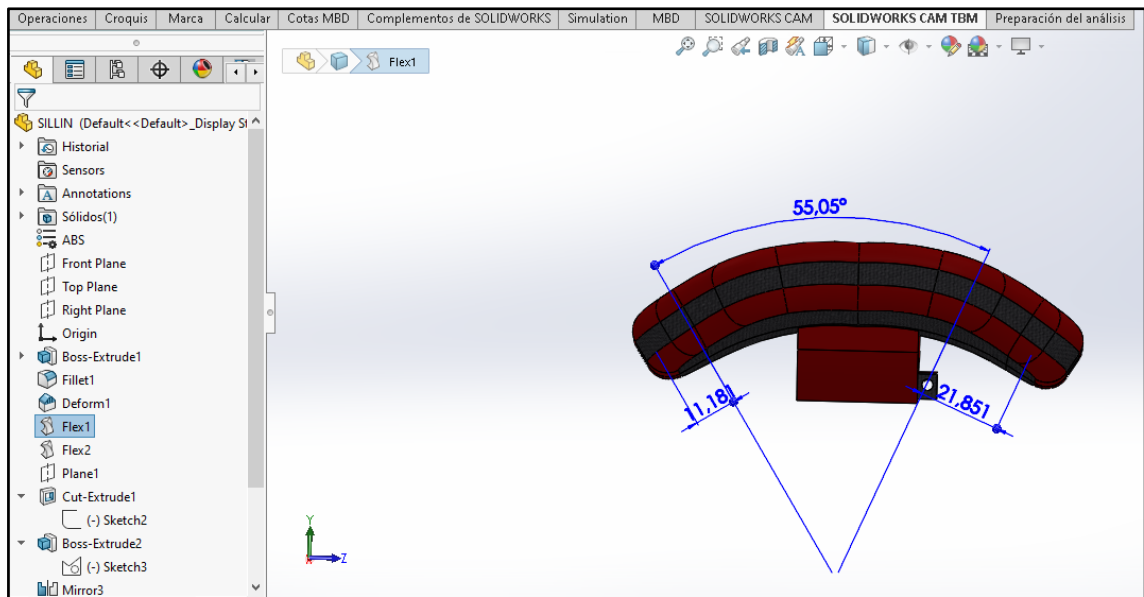
**Figura 84-2.** Croquis inicial del asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



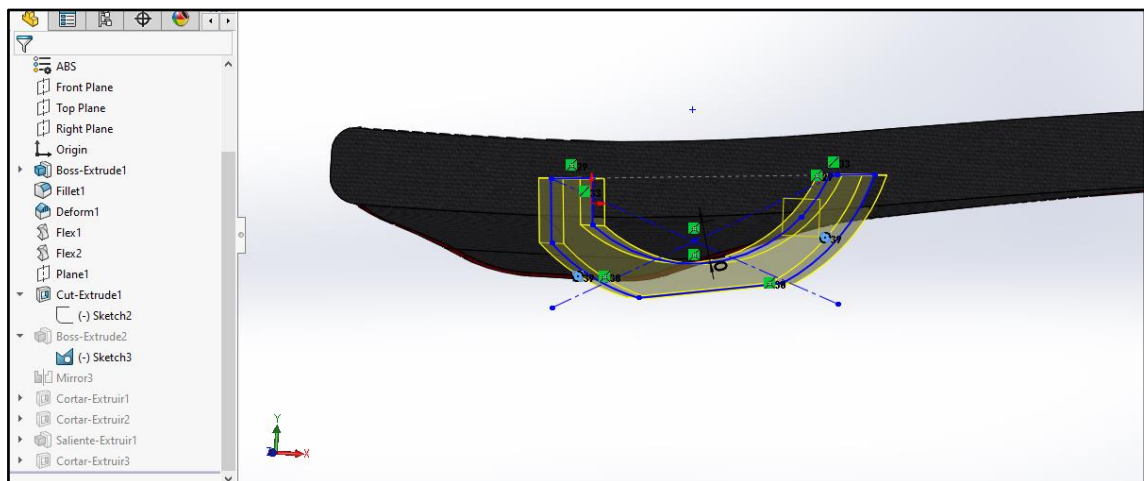
**Figura 85-2.** Extrucción de croquis 18 mm.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



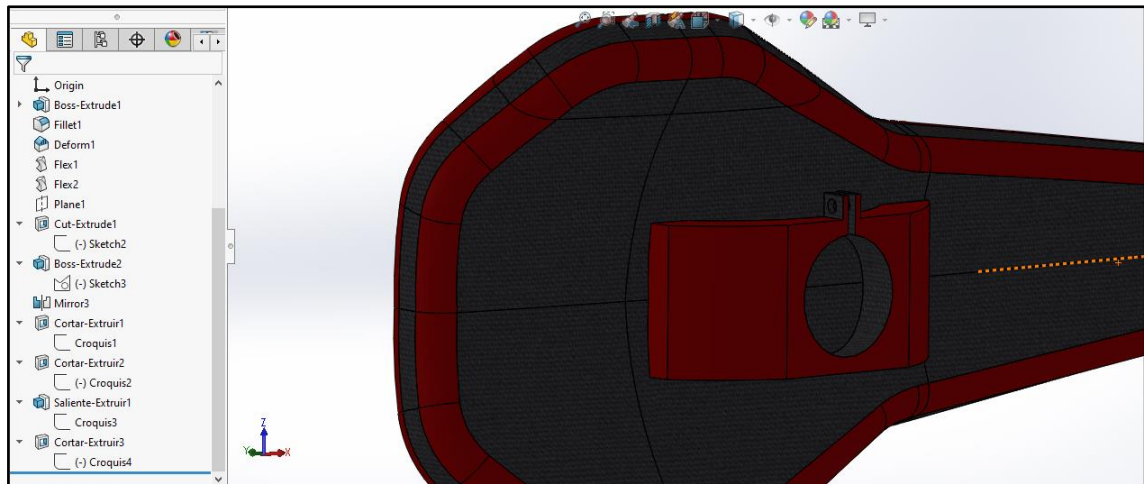
**Figura 86-2.** Curva característica del asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 87-2.** Croquis para el acople de la base con el scooter.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 88-2.** Modelo final de asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

## 2.7 Ergonomía del scooter eléctrico (Nx 1926)

El análisis ergonómico se realiza en el software Nx 1926, debido a que el software SolidWorks no cuenta con la herramienta para este tipo de análisis. El primer paso es insertar el ensamble del scooter terminado, para ello se necesita que el archivo este guardado como (.igs), ya que si está guardado con otra extensión el programa no reconocerá el ensamble y no se podrá realizar el análisis. A continuación, se debe abrir un nuevo modelo donde se insertará el ensamble y se iniciará un modelo. Una vez creado el modelo y abierto el ensamble del scooter, se da clic en la opción Menú de la cual se desprenderá un cuadro de opciones donde se selecciona la opción Tools o herramientas, esta opción conduce a un nuevo cuadro de opciones donde se debe seleccionar Human Modwing y a continuación Human como se puede observar en la imagen 89-2.



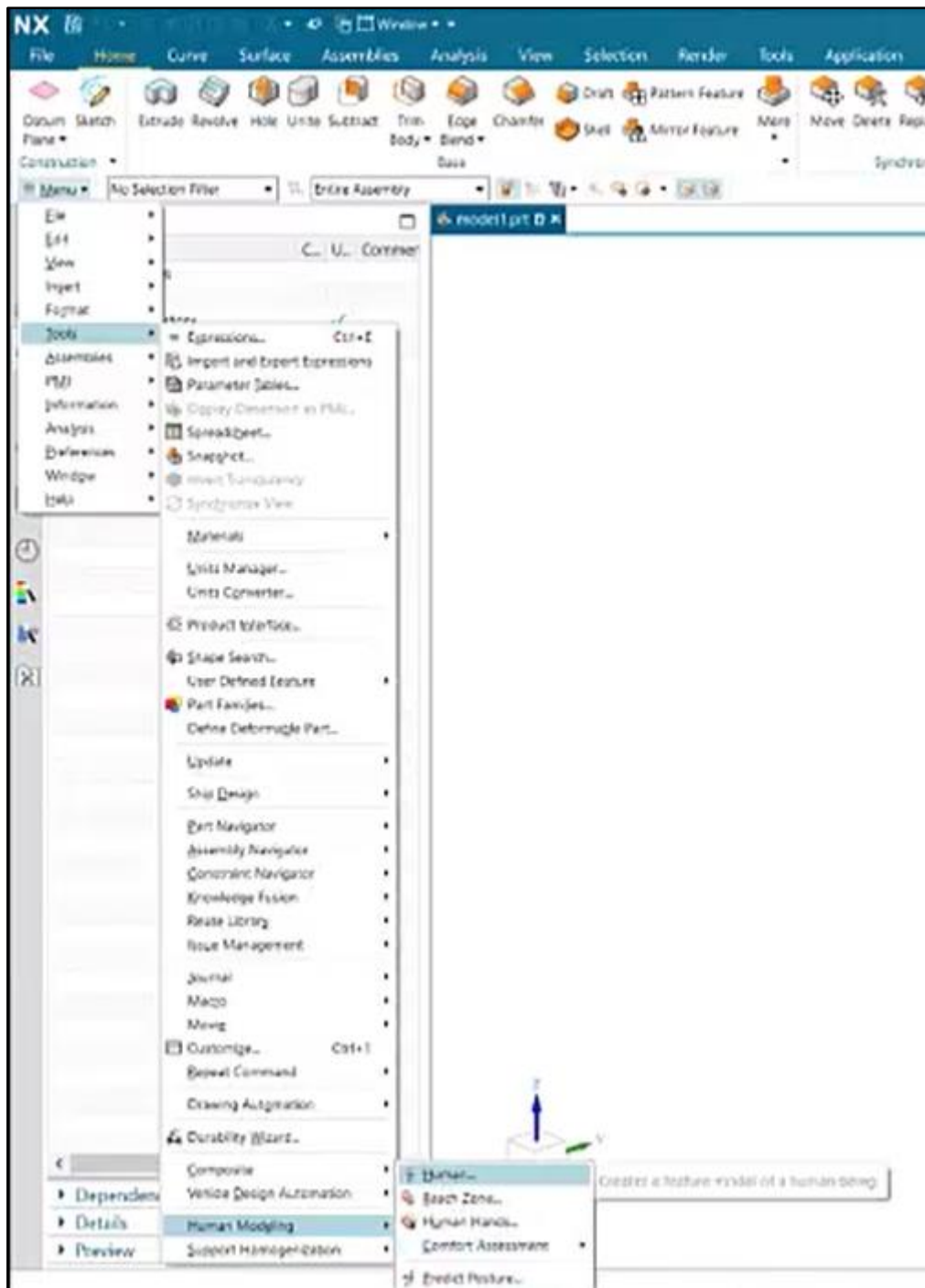
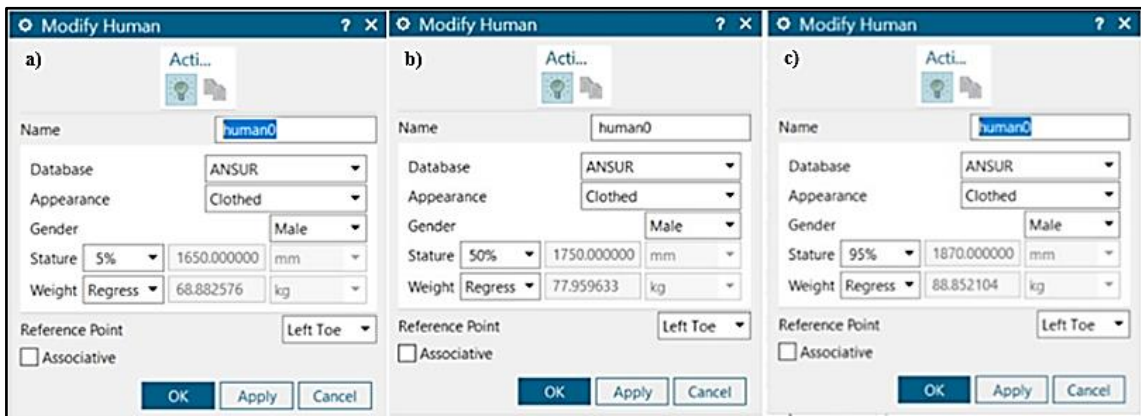


Figura 89-2. Selección de herramienta (Human)

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Luego de la selección se presentará un nuevo cuadro en el cual se deberá configurar el tipo de persona que se utilizará en el análisis. El primer paso opcional en este cuadro de opciones es dar un nombre al Humano, luego se debe seleccionar de la base de datos se selecciona la nacionalidad del humano, en el caso de este estudio la nacionalidad ecuatoriana no se encuentra en la base de datos, por lo tanto, se utilizará (ANSUR) que es un humano base para cualquier análisis, también

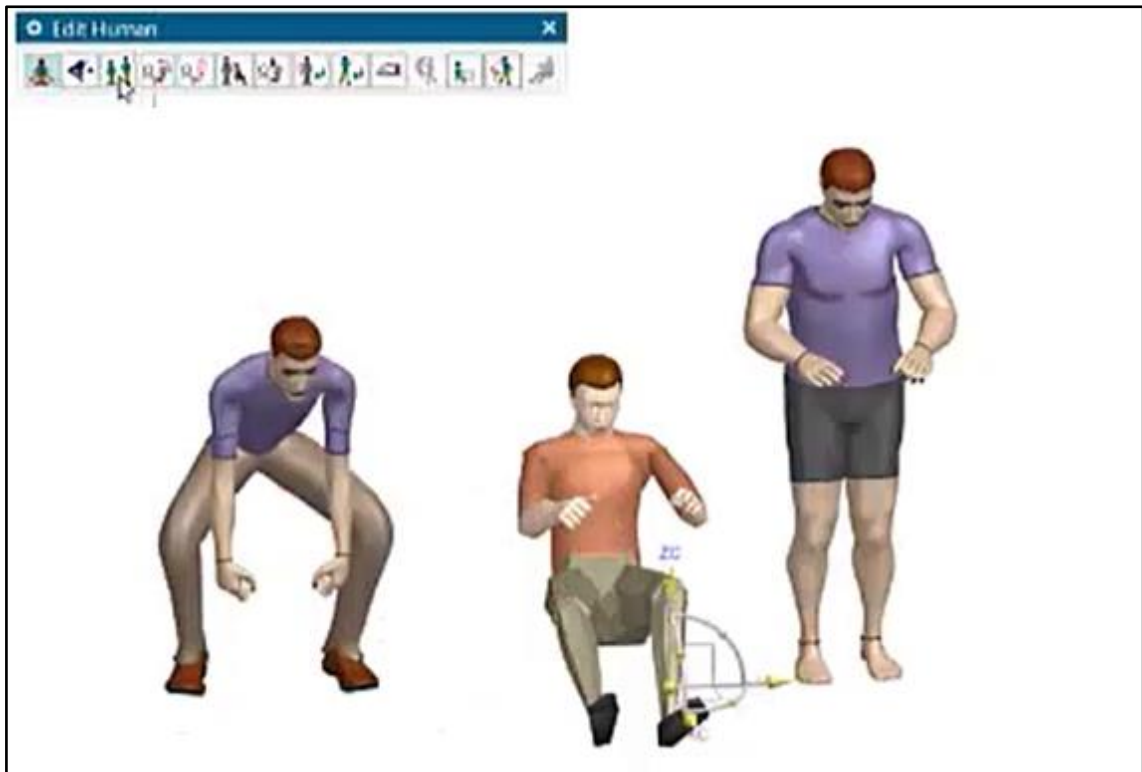
se le configura la apariencia, en este caso será (Clothed) y el género será (Male) o hombre. Para la estatura del humano se utilizará tres opciones tomando como punto de partida la estatura promedio de los hombres en el Ecuador, que según el diario el telégrafo se encuentra entre 1.64 m y 1.67 m, valores que se consiguen al realizar el análisis con el 5%, presentando una altura de 1.65 m y un peso de 68.88 kg. Para el segundo análisis se utilizará el 50% que es igual a una altura de 1.75 m con un peso de 77.95 kg como una persona promedio y para el tercer análisis se utilizará el 95% que es igual a una altura de 1.87 m con un peso de 88.85 kg. Tal como se puede observar en la figura 90-2.



**Figura 90-2.** Configuración de Humano, a) Primer análisis b) Segundo análisis c) Tercer análisis

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

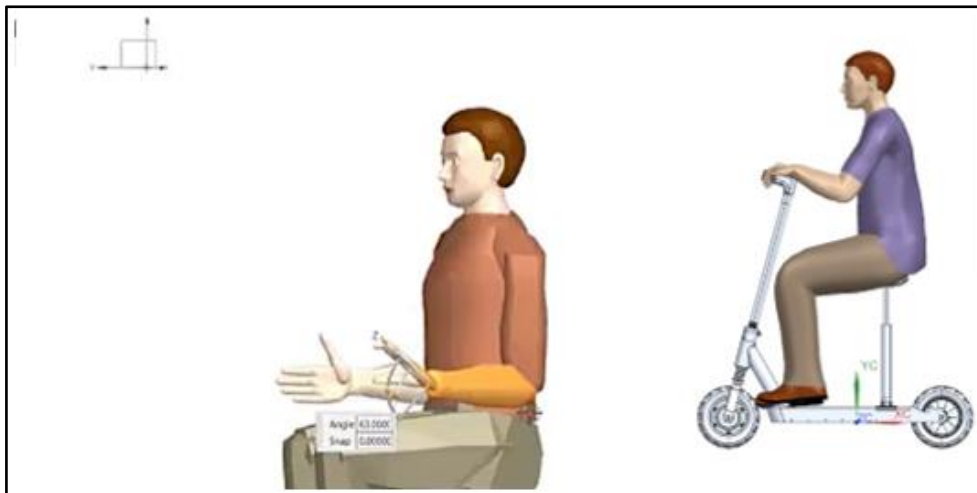
Una vez definido el humano para el análisis se da doble clic sobre la figura del hombre y aparecerá un cuadro de opciones en el cual se podrá editar la forma del humano, darle una postura ya sea que este manejando, haciendo ejercicio, parado trabajando, etc. tal como se puede observar en la figura 91-2. Seleccionar una de estas posturas, puede ayudar a acortar el número de operaciones a realizar para lograr sentar al humano en el scooter.



**Figura 91-2.** Variedad de posturas para el humano.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Las imágenes anteriores muestran diferentes posturas, pero en sí ninguna de ellas se acoplan al scooter, por ello al humano seleccionado se le debe configurar de tal manera que se siente en él. Esta configuración se la realiza moviendo al humano con la opción (Adjust joint) del cuadro de opciones Edit Human, con esta opción se puede seleccionar cada parte del cuerpo del humano, cada articulación ya sea de las piernas, pies, brazos, hombros, cuello, manos, etc. con lo cual se moverá y se ajustará el ángulo que se forma entre cada uno de ellos hasta que el humano se siente en el scooter de una forma cómoda. Este paso se lo puede observar en la figura 92-2.



**Figura 92-2.** Ajuste de articulaciones.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El mismo proceso se realiza para los tres análisis, de tal manera que cuando la posición esté terminada se podrá visualizar el confort para cada articulación del cuerpo del humano. Para realizar esta acción se ingresa a la opción (menú), del cuadro de opciones que se desprende se debe seleccionar la opción (Tools), luego la opción (Human Modging), a continuación, se selecciona la opción (comfort assessment) y por último la opción (comfort setup). En esta última opción se abrirá el estudio de ergonomía (Comfort Study: Porter (1998)) con un cuadro de resultados que dará a conocer la comodidad de la postura del humano en el scooter, como se observa en la figura 93-2 y en caso de que no se encuentre en el rango de confort se podrá configurar la postura hasta conseguir una correcta.

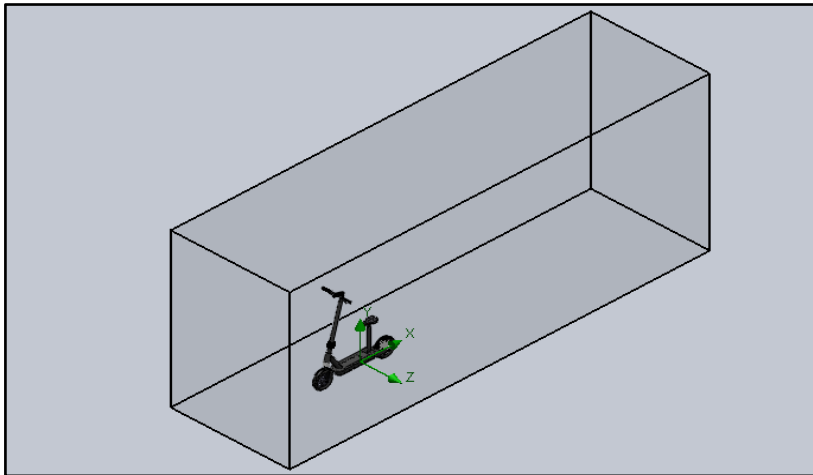


**Figura 93-2.** Evaluación del confort.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

## 2.8 Aerodinámica del scooter eléctrico (Solidworks 2021)

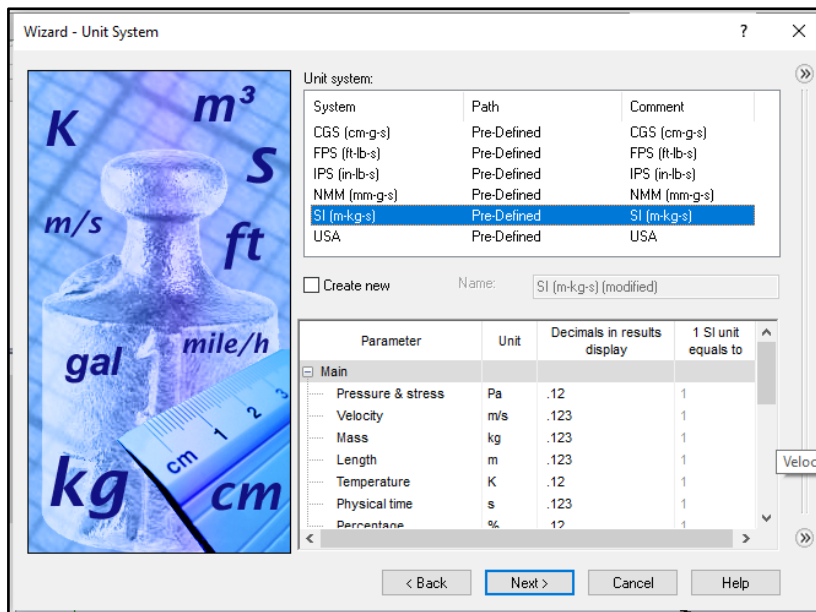
La aerodinámica del scooter se la realiza en el software Solidworks 2021, el primer paso es abrir el ensamble total del scooter, lo siguiente es ir a la opción de configuraciones de la cual se selecciona complementos, esta ventana permite activar el complemento Solidworks Flow Simulation 2021. Al aceptar la opción se espera unos segundos hasta que cargue el complemento, que se podrá comprobar cuando el scooter aparezca dentro del túnel de viento tal como se observa en la figura 94-2.



**Figura 94-2.** Túnel de viento.

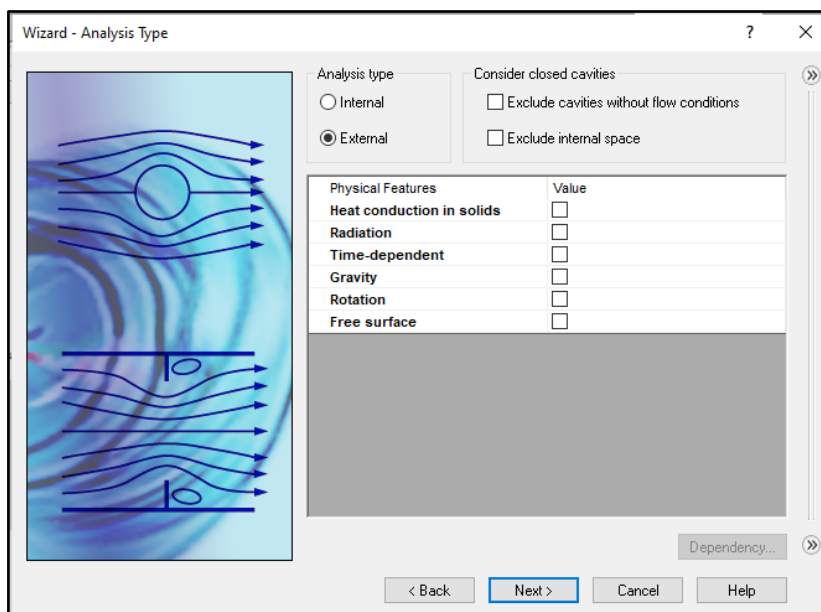
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

El siguiente paso es seleccionar la opción Wizard, en esta ventana se puede seleccionar el sistema de unidades con el que se desea trabajar, para este caso es el sistema internacional, esta selección se la presenta en la figura 95-2. Al dar clic en siguiente se puede seleccionar el tipo de análisis a realizar, ya sea interno o externo, para este caso de análisis se selecciona análisis externo como se observa en la figura 96-2.



**Figura 95-2.** Selección de sistema de medidas.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 96-2.** Tipo de análisis.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se da clic en siguiente y se configura el tipo de gas el cual va a ser aire y el tipo de flujo será laminar y turbulento como se observa en la figura 97-2. Los siguientes parámetros a configurar son las paredes que serán Adiabatic wall y la rugosidad 0 micrometros, cabe recalcar que el análisis se realiza en el eje X, por lo tanto, en la siguiente ventana se configura la velocidad en este eje, la cual será de 14 m/s, misma que se especifica en el ciclo de conducción seleccionado

para el esquema eléctrico y los demás parámetros que se observan en la figura 98-2, y luego se da clic en Finish.

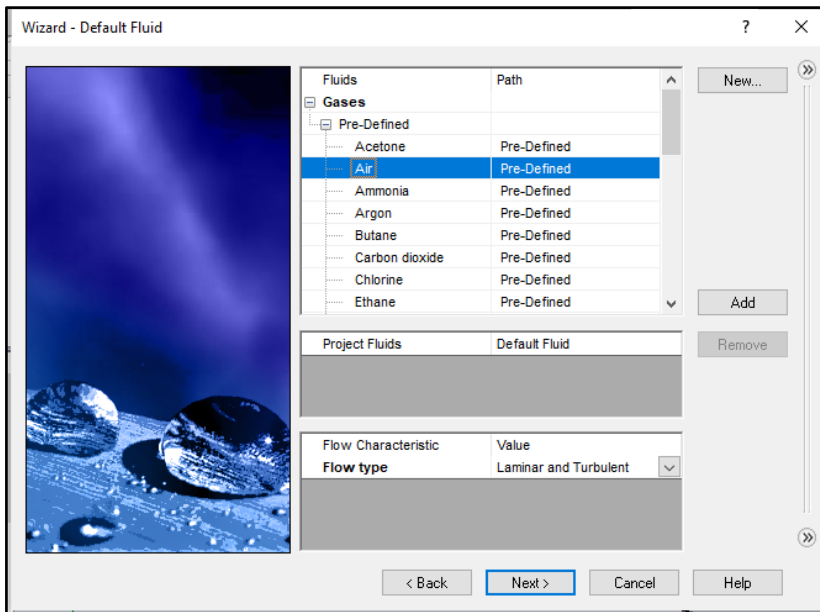


Figura 97-2. Selección de gas a aplicar.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

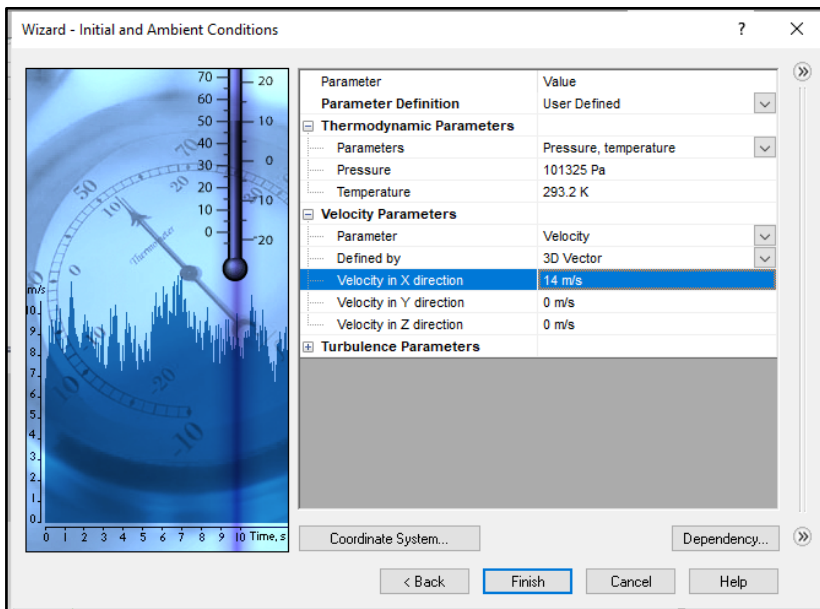
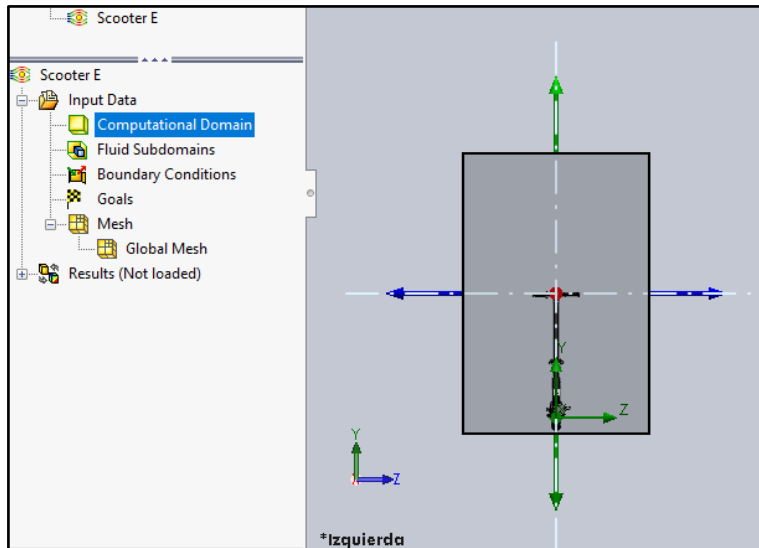


Figura 98-2. Condiciones ambientales.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

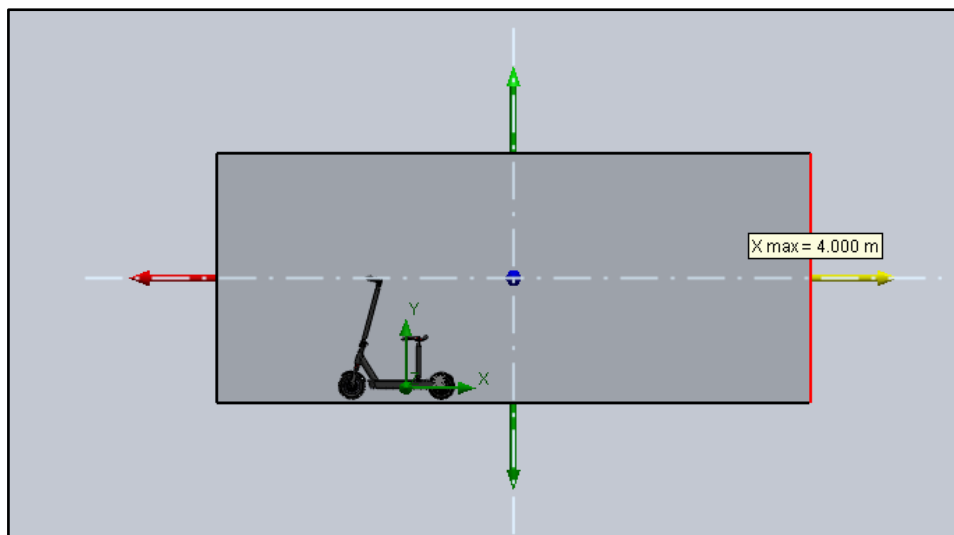
Estas son las configuraciones con las que se ejecuta el túnel de viento para el análisis, el cual se puede modificar con la opción Computational Domain. Para la parte frontal se mueve los ejes

representados por flechas verdes y azules para que la parte inferior del túnel se alinee con la llanta y mover los costados para que el punto rojo quede en el centro del scooter, todo esto se realiza ya que el análisis importante es por encima del scooter y no por debajo, se puede observar la configuración en la figura 99-2. En el caso de la vista lateral, se necesita que detrás del scooter tenga un espacio de al menos 3 o 4 m y se puede observar en la figura 100-2.



**Figura 99-2.** Ajuste frontal de túnel de viento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

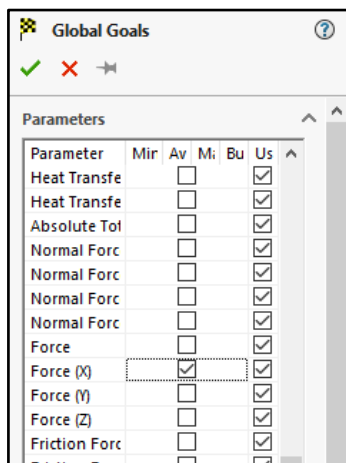


**Figura 34-2.** Ajuste lateral de túnel de viento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

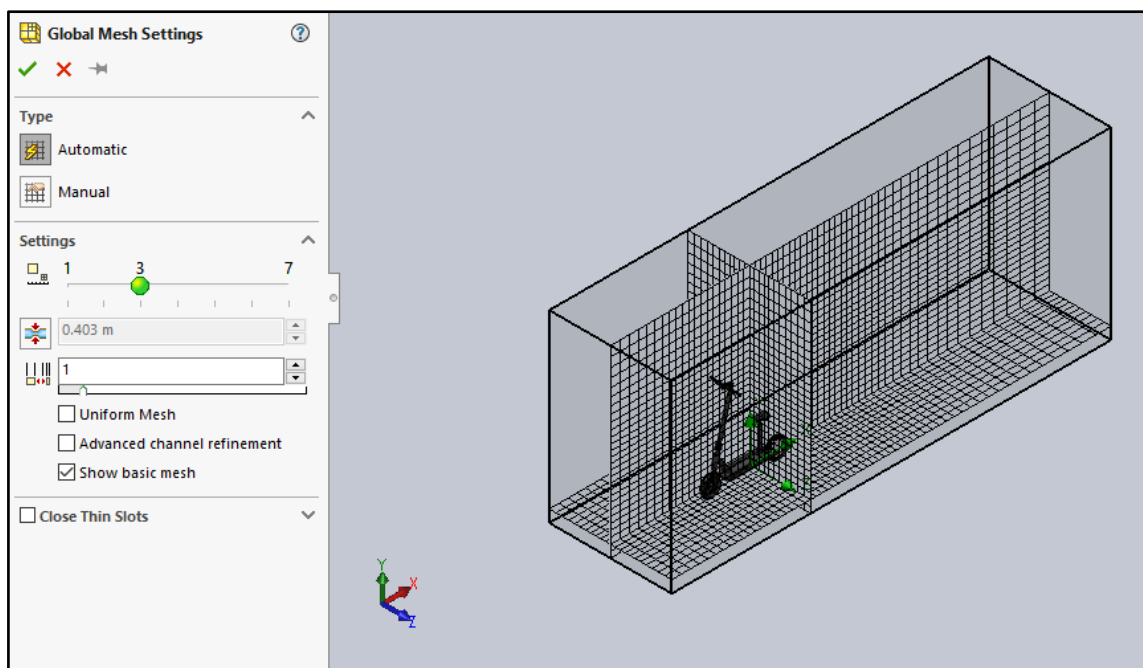


Luego de esto se activa las metas en la opción Goals dando clic derecho y seleccionando Insert Global Goals, de esta manera se presentará un cuadro de opciones donde se debe seleccionar la fuerza en X como se observa en la figura 101-2. A continuación se modifica la malla dando clic derecho en Mesh y seleccionando Global Mesh con las configuraciones que se observan en la figura 102-2. A partir de estas configuraciones se procede a correr la simulación en la opción Run, donde aparecerá un cuadro como el que se observa en la figura 103-2.



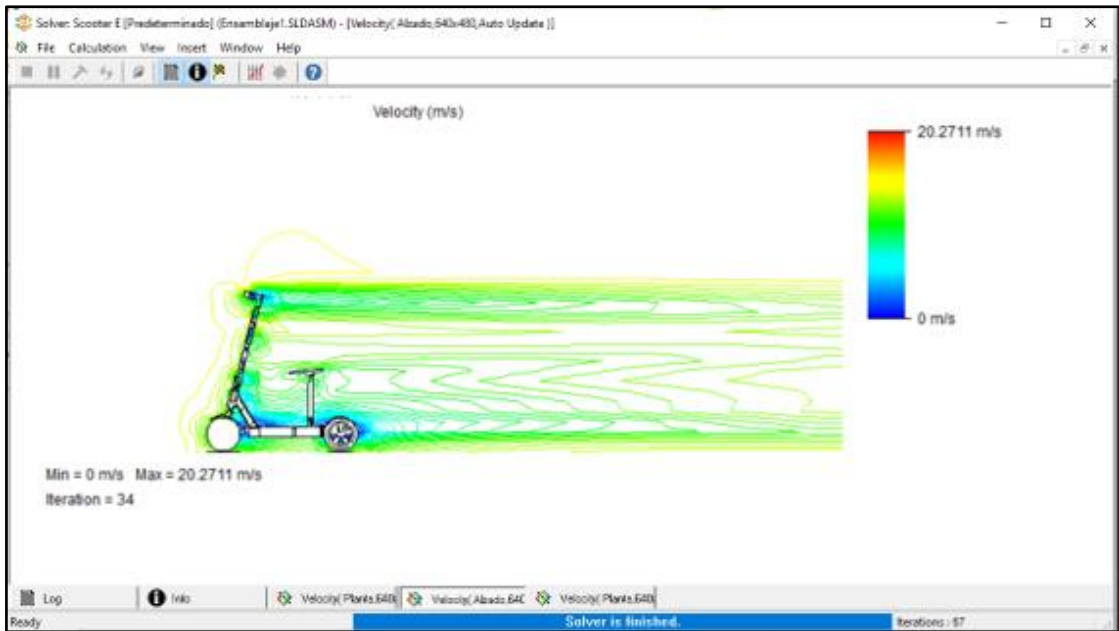
**Figura 35-2.** Selección de fuerza en el eje X.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 36-2.** Configuración de malla.

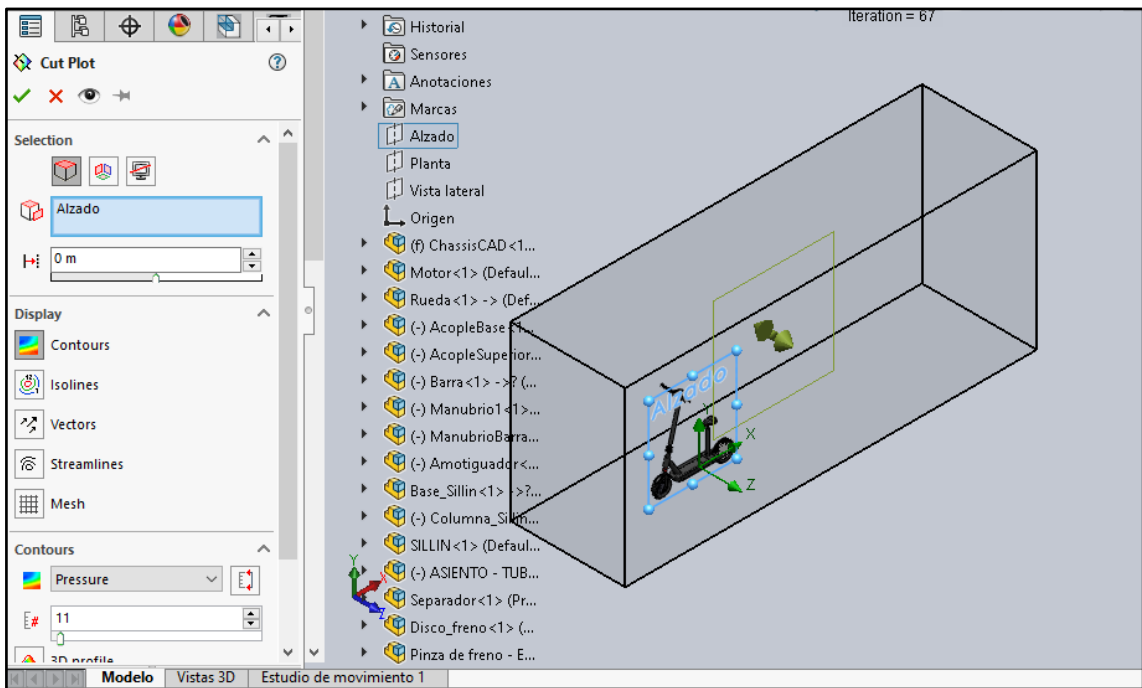
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 37-2.** Proceso de simulación.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

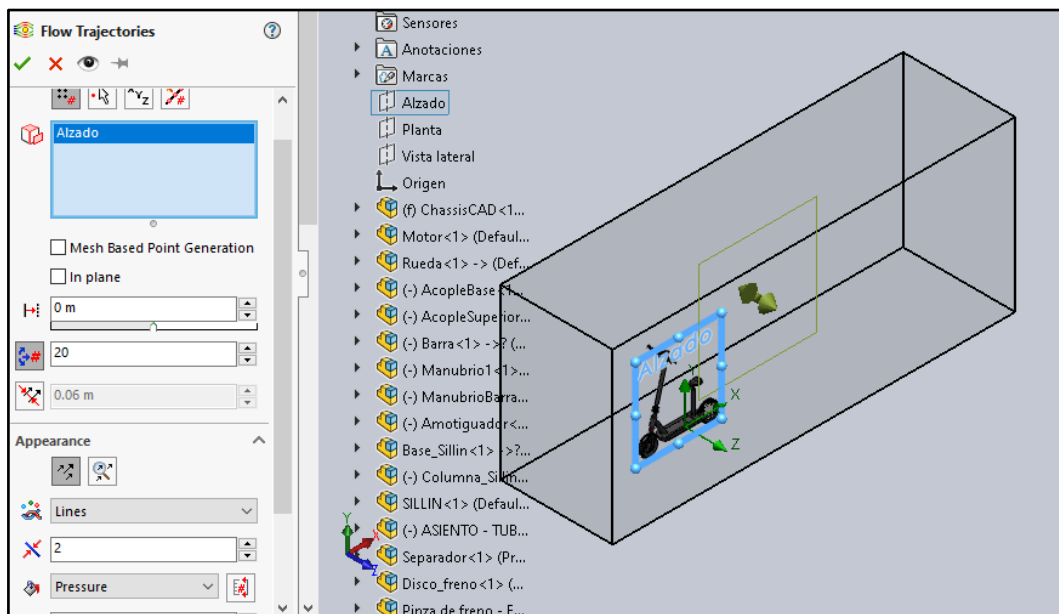
Una vez terminado este proceso, en la parte de resultados se selecciona la opción cut plots, donde se debe seleccionar el plano Alzado y Pressure, esto sirve para ver cómo se comporta la presión en el scooter, luego de esto se da clic en aceptar, como se presenta en la figura 104-2.



**Figura 38-2.** Configuración de Cut Plots.

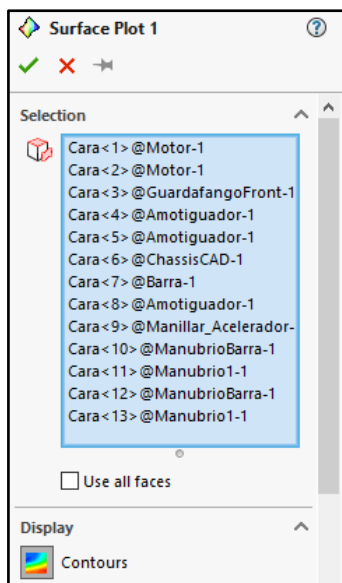
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

La opción de Flow Trajectories sirve para observar el comportamiento del viento ante el scooter y para configurar esta opción se puede observar la figura 105-2. Para observar los Goals se debe insertar y seleccionar todas las caras frontales del scooter como se observa en la figura 106-2, de esta manera al plotear los datos de presión, velocidad y fuerza se obtendrá los resultados que se necesitan para continuar con el análisis y calcular el coeficiente aerodinámico.



**Figura 39-2.** Configuración de Flow Trajectories.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 40-2.** Selección de caras frontales del scooter.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Con todos los datos obtenidos se procede a calcular el coeficiente aerodinámico que tendrá el scooter, para ello se debe aplicar la formula (1), de la cual se despeja el coeficiente obteniendo la fórmula (2).

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * v^2 \quad (1)$$

$\rho$ = Densidad del aire [ $\frac{kg}{m^3}$ ]

$C_d$ =Coeficiente de arrastre

$A$ = Área frontal del vehículo [ $m^2$ ]

$v$ = Velocidad del vehículo [ $\frac{m}{s}$ ]

$$C_d = \frac{2 * F_d}{\rho * v^2 * A} \quad (2)$$

## 2.9 Tren de potencia y Autonomía de batería (Matlab y Simulink)

### 2.9.1 Selección de motor DC, batería y controlador

El motor eléctrico seleccionado es de corriente directa (DC) sin escobillas los cuales funcionan por medio de baterías recargables, este tipo de motores presentan dos configuraciones la clásica y la in-wheel, que es el motor integrado en la rueda. De estas opciones se selecciona el motor in-wheel ya que permite un ensamble más sencillo con la estructura y evita un aumento excesivo del peso. El motor debe lograr una velocidad de por lo menos 40 km/h en una superficie horizontal, debido a esto se opta por un motor de 500 watts el cual tiene las especificaciones que se observan en la tabla 2-2, el cuál es utilizado por scooters ofertados en el mercado con características similares a las del scooter propuesto para el proyecto. Los motores vienen juntamente con un controlador para su instalación y sus características se las observa en la tabla 3-2, el controlador abre o cierra el flujo de corriente, en caso de un vehículo grande y avanzado se necesita un controlador más sofisticado que restringe los picos de corriente y voltaje, en este caso el scooter utiliza un controlador muy sencillo por lo que no es necesario en la simulación y también porque se necesita trabajar con ellos para la obtención de datos.

**Tabla 2-2.** Características del motor.

Marca	Kunray
-------	--------

<b>Potencia (W)</b>	500
<b>Tensión (V)</b>	36
<b>Corriente nominal (A)</b>	12
<b>Torque (Nm)</b>	22
<b>Peso (kg)</b>	4
<b>Velocidad nominal (rpm)</b>	930
<b>Eficiencia</b>	≥83 %

Fuente: (Kunray, 2021).

**Tabla 3-2.** Características controlador.

<b>Voltaje</b>	36v - 48v
<b>peso</b>	255g
<b>potencia</b>	500W
<b>Corriente nominal</b>	12A - 25A

Fuente: (Kunray, 2021).

Las características del motor seleccionado conllevan a utilizar una batería recargable de 36 V y la corriente necesaria se analizará con 3 opciones diferentes que son de 7.8Ah, 10 Ah y 15.6 Ah. La mejor opción de batería es una de ion-litio, la cual soporta amplios ciclos de carga, son de menor peso a comparación de otras baterías de la misma capacidad, además su capacidad de almacenaje es seis veces mayor ocupando menor espacio lo que permite ahorrar peso volviéndola ideal en el diseño del scooter eléctrico, las especificaciones de las 3 baterías se pueden observar en las tablas 4-2, 5-2 y 6-2.

**Tabla 4-2.** Características batería ion litio 36V y 7.8Ah.

<b>Voltaje nominal</b>	36 V
<b>Capacidad nominal</b>	7.8 Ah
<b>Potencia nominal</b>	280.8 w
<b>Corriente de salida</b>	15A a 20 A
<b>Temperatura de trabajo</b>	entre -10° / +60°
<b>Peso</b>	2 kg
<b>Corte de voltaje</b>	30 V
<b>Tensión total de carga</b>	40 V
<b>Resistencia interna</b>	0.027 Ω
<b>Corriente de descarga nominal</b>	10 A
<b>Capacidad (Ah) a la tensión nominal</b>	6.24 Ah
<b>Precio</b>	\$160.94

Fuente: (FREEDOH, 2021b)

**Tabla 5-2.** Características batería ion litio 36V y 10Ah.

<b>Voltaje nominal</b>	36 V
<b>Capacidad nominal</b>	10 Ah
<b>Potencia nominal</b>	360 w
<b>Corriente de salida</b>	15A a 20 A
<b>Temperatura de trabajo</b>	entre -10° / +60°
<b>Peso</b>	2 kg
<b>Corte de voltaje</b>	28 V
<b>Tensión total de carga</b>	42 V
<b>Resistencia interna</b>	0.02 Ω
<b>Corriente de descarga nominal</b>	15 A
<b>Capacidad (Ah) a la tensión nominal</b>	8 Ah
<b>Precio</b>	\$170.94

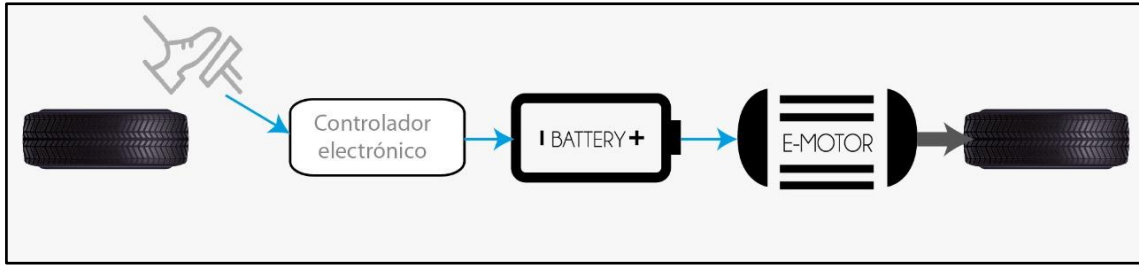
Fuente: (FREEDOH, 2021a)

**Tabla 6-2.** Características batería ion litio 36V y 15.6Ah.

<b>Voltaje nominal</b>	36 V
<b>Capacidad nominal</b>	15.6 Ah
<b>Potencia nominal</b>	561.6 w
<b>Corriente de salida</b>	15A a 20 A
<b>Temperatura de trabajo</b>	entre -10° / +60°
<b>Peso</b>	2 kg
<b>Corte de voltaje</b>	30 V
<b>Tensión total de carga</b>	42 V
<b>Resistencia interna</b>	0.02 Ω
<b>Corriente de descarga nominal</b>	15 A
<b>Capacidad (Ah) a la tensión nominal</b>	12.48 Ah
<b>Precio</b>	\$195.43

Fuente: (FREEDOH, 2021c)

Los componentes seleccionados para el tren de potencia forman un esquema eléctrico que se lo puede representar gráficamente como se observa en la figura 107-2. Estos componentes son configurados en Matlab según las especificaciones de cada uno, de esta manera se procede a ingresar las fórmulas para calcular la potencia del tren motriz en funcionamiento, la cual puede variar dependiendo de los datos que se ingresen debido a ello se realizará una serie de pruebas con distintos valores para un estudio más exacto.




**Figura 41-2.** Esquema eléctrico del tren de potencia

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Al igual que la potencia, la corriente de las baterías a analizar, ha sido seleccionadas a partir de modelos ofrecidos al mercado, que para 500 w utilizan baterías de 36V y varían el amperaje, de acuerdo con esto se pueden observar características diferentes para cada variante de modelo. Como ejemplo se presentan en las tablas: 7-2, 8-2 y 9-2, 3 modelos que se encuentran en el mercado y las características que tiene cada uno.

**Tabla 7-2.** Scooter niubility.

<b>Modelo</b>	
<b>Marca</b>	Niubility
<b>Peso (kg)</b>	13.5
<b>Material</b>	Aluminio
<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	25
<b>Especificaciones de la batería</b>	36 voltios - 7.8 Ah
<b>Autonomía (Km)</b>	25
<b>Motor (watts)</b>	350 - 500
<b>Carga máxima (kg)</b>	120
<b>Precio</b>	\$495

Fuente: (Niubility, 2021).

**Tabla 8-2.** Scooter J&LILI.

<b>Modelo</b>	
<b>Marca</b>	J&LILI
<b>Peso (kg)</b>	20
<b>Material</b>	Aleación de aluminio + magnesio
<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	35
<b>Especificaciones de la batería</b>	36 voltios - 10 Ah
<b>Autonomía (Km)</b>	35
<b>Motor (watts)</b>	500
<b>Carga máxima (kg)</b>	120
<b>Precio</b>	\$650

Fuente: (J&LILI, 2021).

**Tabla 9-2.** Scooter vespa.

<b>Modelo</b>	
<b>Marca</b>	Dh-2 Vespa
<b>Peso (kg)</b>	20
<b>Material</b>	Aleación de aluminio
<b>Velocidad máxima (km/h)</b>	40
<b>Especificaciones de la batería</b>	36 voltios - 15.6 Ah
<b>Autonomía (Km)</b>	65
<b>Motor (watts)</b>	500
<b>Carga máxima (kg)</b>	100
<b>Precio</b>	\$1744,65

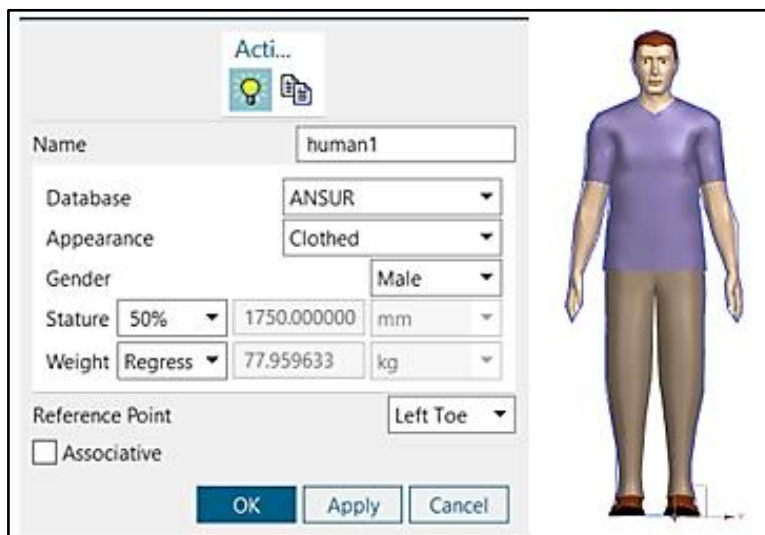
Fuente: (dh-2, 2021).



La autonomía que ofrecen los fabricantes de estos scooters son para condiciones específicas de carga, velocidad y pendiente. El scooter Niubility ofrece una autonomía de 25 Km, pero con una carga de 70 kg en una superficie totalmente horizontal, así también el scooter J&LILI ofrece una autonomía de 35 km con las condiciones de una carga igual a 70 kg con pendiente igual a 0. El scooter Dh-s Vespa ofrece una autonomía de 65km sujeto a las condiciones de una carga de 70 kg y una superficie totalmente horizontal.

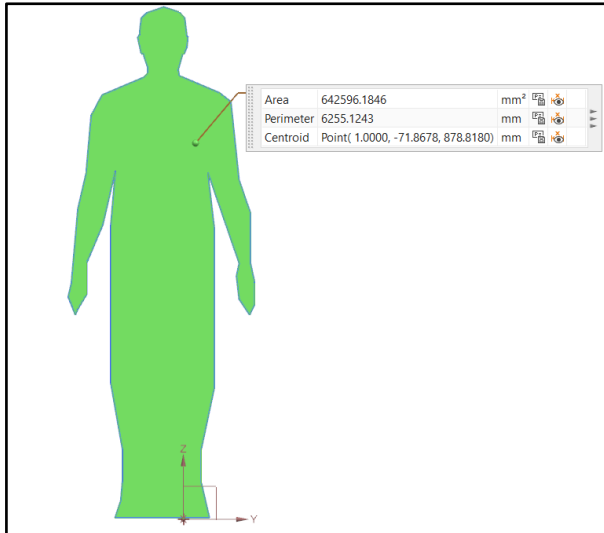
### 2.9.2 Definición de parámetros base y cálculo de área frontal

Las fórmulas que se emplearán en los distintos procesos utilizan algunos parámetros que se deben calcular como lo es el área frontal, para esto se realizó en el software Nx un dummy al cual se le añaden datos de apariencia, genero, estatura, peso como se puede observar en la figura 108-2. Este dummy se junta con el scooter y con la vista frontal se procede a realizar un contorno a su alrededor, de esta manera se puede obtener el área frontal del scooter con el pasajero tal como se ve en la figura 109-2. Los demás parámetros son constantes que ya están definidas o que se pueden ir variando a conveniencia, debido a esto se realiza la tabla 10-2 con una base de valores definidos con los que se partirá el análisis. En el caso de la relación del diferencial y transmisión se va a utilizar el valor de 1, debido a que un scooter no cuenta con dichos componentes.



**Figura 42-2.** Configuración dummy.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 43-2.** Área frontal.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 10-2.** Parámetros de scooter.

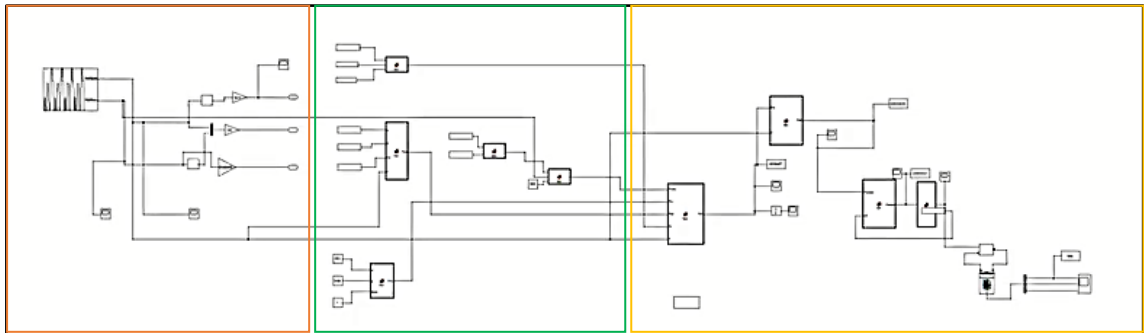
N°	PARAMETROS	VALORES	UNIDADES
1	Masa total máxima de scooter y conductor	200	Kg
2	Coficiente de resistencia normal a la rodadura del neumático	0.013	m/s2
3	Densidad del aire	0.9393	Kg/m3
4	Área frontal	0.64259618	m2
5	Angulo de pendiente	0	grados
6	Gravedad	9.81	m/s2
7	Relación de diferencial	1	-
8	Relación de transmisión	1	-

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 2.9.3 Simulación y diagrama

Se realiza una simulación backward, que significa ir de atrás hacia adelante, está simulación se utiliza cuando se quiere calcular consumo de energía. El primer punto es estructura el tren de potencia y todo lo que hace posible su funcionamiento, se puede observar en la figura 110-2. Lo siguiente es dividir el esquema en 3 partes, la primera es la selección del ciclo de conducción (sección anaranjada), la segunda parte es la dinámica del vehículo (sección verde) y la tercera parte es el motor eléctrico y la autonomía de la batería (sección amarilla). Una vez dividido el esquema se procede a establecer las fórmulas para cada sección que las necesite, debido a esto únicamente se plantean fórmulas para la parte de dinámica del vehículo ya que el ciclo de conducción viene predeterminado en el software, el motor eléctrico tiene valores definidos y la

autonomía de baterías utiliza el conjunto de resultados de las fórmulas anteriores las cuales desembocan en el SOC.



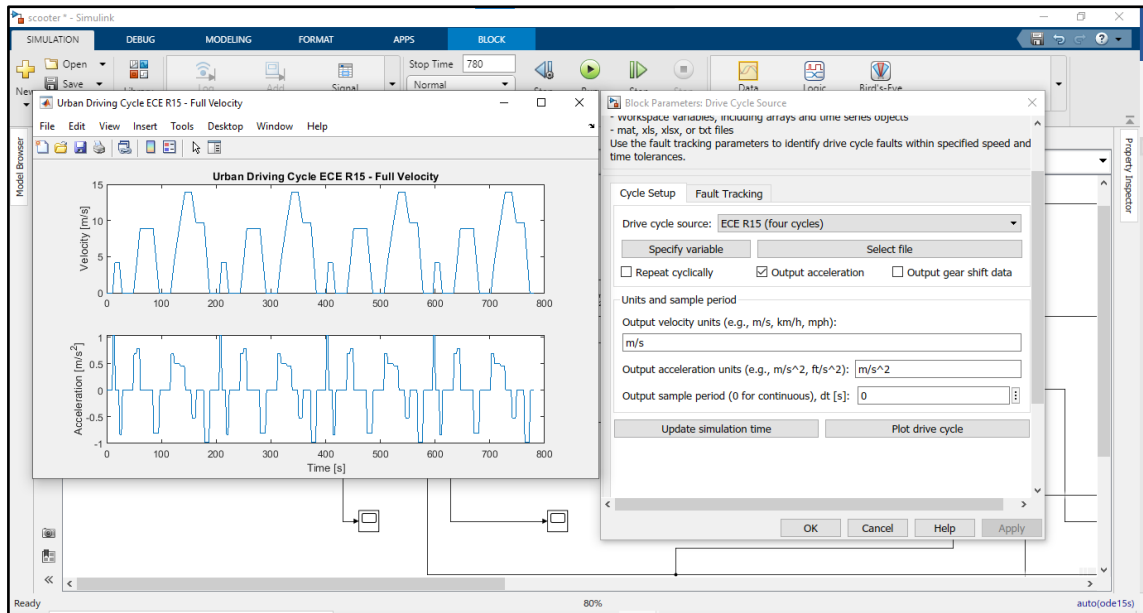
**Figura 44-2.** Diagrama de scooter eléctrico.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

#### **2.9.4 Selección de ciclo de conducción**

El ciclo de conducción es una parte importante en el cálculo de la autonomía de la batería ya que, a pesar de ser una simulación, se puede conseguir datos más reales. El software Matlab tiene en su base de datos una variedad de ciclos de conducción que se pueden utilizar, en este caso se selecciona el ciclo (Urban Driving Cycle ECE R15 – Full Velocity) que se puede observar en la figura 111-2, este ciclo fue seleccionado debido a que se utiliza en vehículos livianos y tiene una velocidad máxima de 50 km/h, esto se comprueba al multiplicar la velocidad máxima en m/s \* 3.6, tiene una duración de 780 sg y está representado en 4 tiempos con una distancia de 4.067 km.

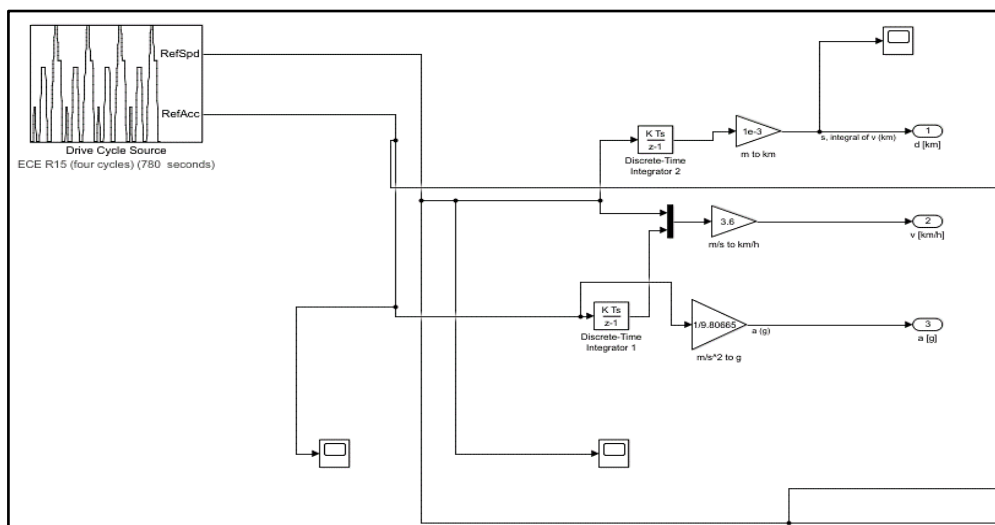


**Figura 45-2.** Ciclo de conducción ECE R15 (four cycles).

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Una vez cargado el ciclo de conducción en simulink se procede a ramificar el proceso partiendo de la velocidad y la aceleración, las cuales se conectan a un (Discrete-Time Integrador), de esta manera se puede insertar un bloque de parámetros que servirán para la conversión de unidades de los datos según se necesiten, ya sea de (m a km), (m/s a km/h) o (m/s<sup>2</sup> a g). Este punto es importante para la siguiente sección que calcula la dinámica del vehículo y se puede observar el esquema de esta sección en la figura 112-2.



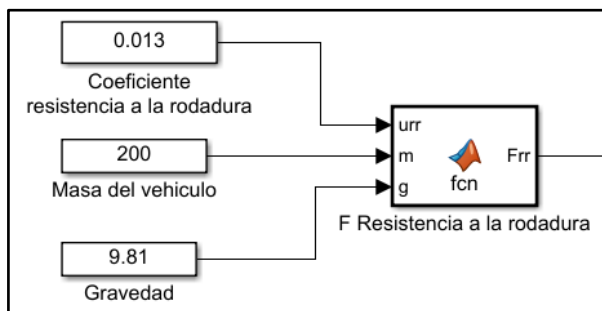
**Figura 46-2.** Sección 1 ciclo de conducción.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 2.9.5 Dinámica del vehículo

La configuración de la sección de dinámica de vehículo se la realiza con cuadros (fcn) los cuales se utilizan para ingresar las fórmulas necesarias en el esquema eléctrico del scooter. A continuación de la sección del ciclo de conducción se ingresa la fuerza de resistencia a la rodadura (3) en la figura 113-2, la cual tendrá 3 constantes que serán el coeficiente de resistencia a la rodadura, la masa del vehículo y la gravedad.



**Figura 47-2.** Constantes fuerza de resistencia a la rodadura.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

$$F_{rr} = urr * m * g \quad (3)$$

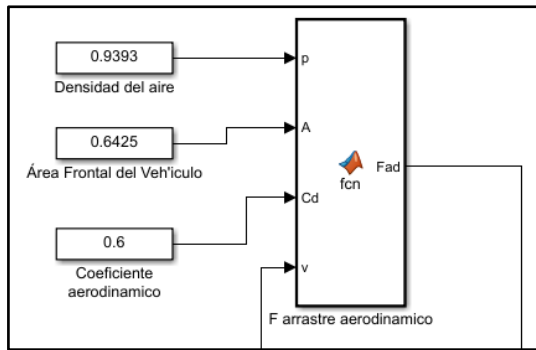
**Frr**= Fuerza de resistencia a la rodadura

**Urr**= Coeficiente de resistencia a la rodadura

**m**= Masa

**g**= Gravedad

La siguiente configuración es el ingreso de la fuerza de arrastre aerodinámico (4) en la figura 114-2, esta fórmula cuenta con 3 constantes las cuales son: densidad del aire, área frontal del vehículo, coeficiente aerodinámico, y también cuenta con la velocidad del ciclo de conducción. Una vez terminada esta configuración, se ingresa la fuerza de ascenso a pendiente (5) en la figura 115-2, esta fórmula cuenta con 3 constantes que son: masa del vehículo, gravedad y el ángulo de inclinación que se desea analizar.



**Figura 48-2.** Constantes fuerza de arrastre aerodinámico.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * p * A * C_d * v^2 \quad (4)$$

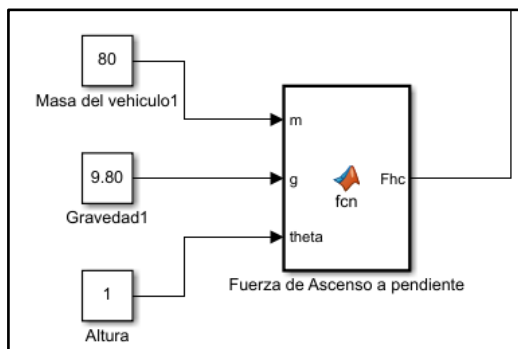
$F_{ad}$ = Fuerza de arrastre aerodinámico

$p$  = Densidad del aire

$A$ = Área frontal

$Cd$ = Coeficiente aerodinámico

$v^2$ = Velocidad



**Figura 49-2.** Constantes fuerza de ascenso a pendiente.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

$$F_{hp} = \sin \alpha * m * g \quad (5)$$

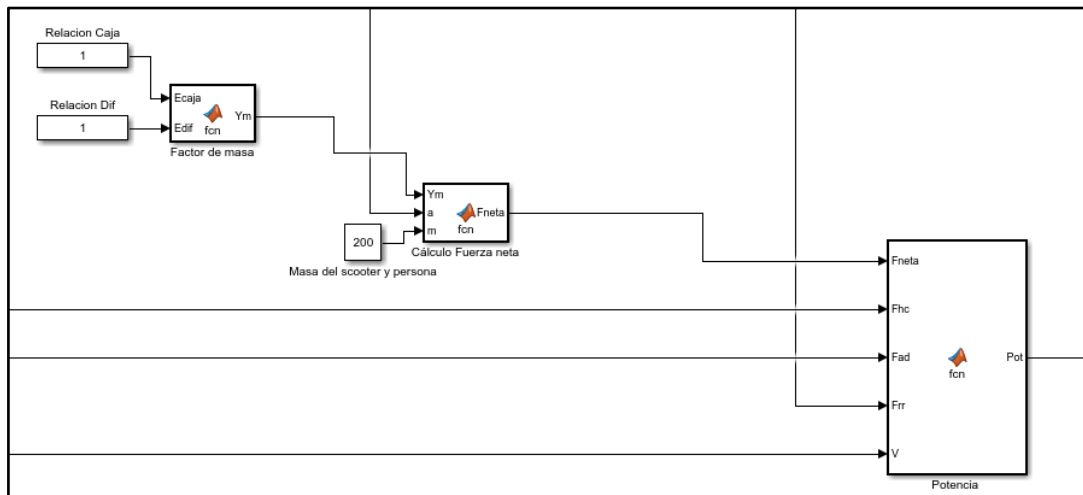
$F_{hp}$ = Fuerza de ascenso de pendiente

$\alpha$ = Ángulo de pendiente

$m$ = Masa

$g$ = Gravedad

Estas fórmulas al igual que el factor de masa (6), la cual tiene una configuración particular, ya que al no existir una relación de caja y de diferencial en el scooter se debe tomar estas constantes como valor de 1 y la fuerza neta (7), que únicamente tiene como constante la masa del vehículo, se conectan en el siguiente bloque de tal manera que se calculará la potencia mecánica (8) como se observa en la figura 116-2.



**Figura 50-2.** Factor de masa, fuerza neta y potencia mecánica.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

$$Y_m = 1.04 + 0.0025 * (Ecaja * Edif)^2 \quad (6)$$

$Y_m$  = Factor de masa

**Ecaja** = Relación de transmisión

**Edif** = Relación de diferencial

$$F_{neta} = (Y_m * a * m) \quad (7)$$

$F_{neta}$  = Fuerza neta

$Y_m$  = Factor de masa

**a** = Aceleración

**m** = Masa

$$Pot = (F_{neta} + F_{hp} + F_{ad} + F_{rr}) * V \quad (8)$$

**Pot**= Potencia mecánica

**F<sub>neta</sub>**= Fuerza neta

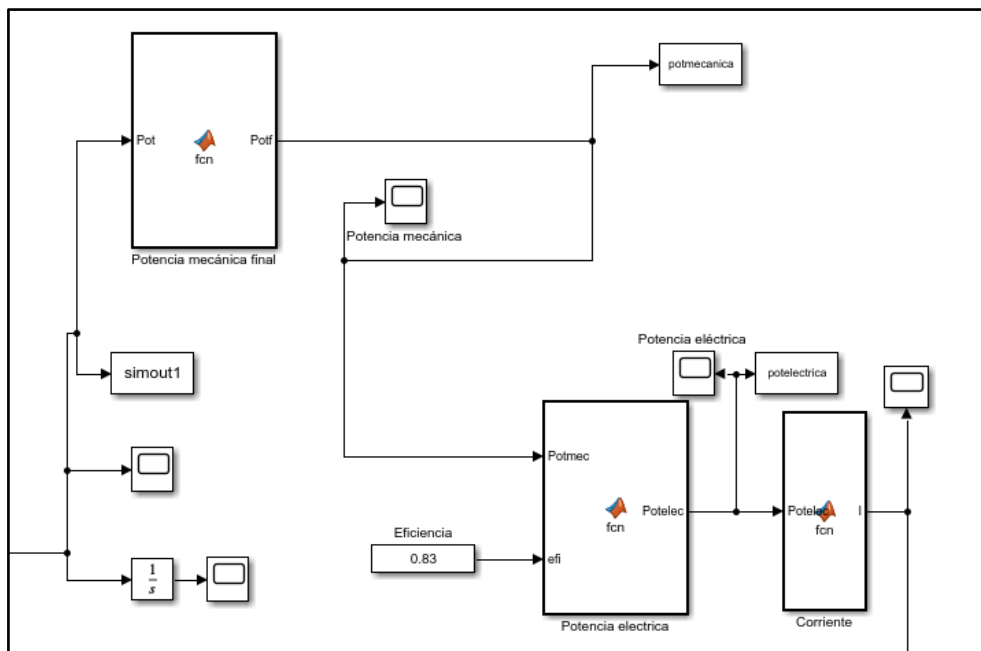
**F<sub>hp</sub>**= Fuerza de ascenso de pendiente

**F<sub>ad</sub>**= Fuerza de arrastre aerodinámico

**F<sub>rr</sub>**= Fuerza de resistencia a la rodadura

**V**= Velocidad

Lo siguiente es calcular la potencia mecánica final (9), que se desprende de la potencia mecánica, la cual se necesita para obtener la potencia eléctrica (10), esta fórmula tiene como constante el porcentaje de eficiencia del motor eléctrico aplicado y con ella se puede despejar la corriente eléctrica (11), formando la siguiente parte del esquema que se observa en la figura 117-2. Los datos utilizados a remplazar en las fórmulas han sido establecidos en los puntos anteriores.



**Figura 51-2.** Potencia mecánica final, potencia eléctrica y corriente.

**Fuente:** (Simulink Matlab 2020a)

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

$$Pot_{fin} = Pot * efi \tag{9}$$

**Pot<sub>fin</sub>** = Potencia mecánica final

**Pot**= Potencia mecánica

**efi**= Eficiencia del motor eléctrico



$$Pot_{elec} = \frac{Pot_{fin}}{efi} \quad (10)$$

**Pot<sub>elec</sub>** = Potencia eléctrica

**Pot<sub>fin</sub>** = Potencia mecánica final

**efi** = Eficiencia del motor eléctrico

$$I = \frac{Pot_{elec}}{V} \quad (11)$$

**I** = Corriente

**Pot<sub>elec</sub>** = Potencia eléctrica

**V** = Voltaje de batería

### 2.9.6 Batería y pruebas de autonomía

Los datos obtenidos en las fórmulas aplicadas en las 2 secciones anteriores del esquema llegan a unirse con la batería, la cual será configurada de acuerdo con las tablas 19-2, 20-2 y 21-2 así como se ve en la figura 118-2, de tal manera que todos estos valores se conecten a un SOC, el cual al igual que la corriente y el voltaje se conectan a un (scope) como en la figura 119-2, donde se podrá observar el comportamiento de la batería según el ciclo de conducción y así determinar su autonomía.

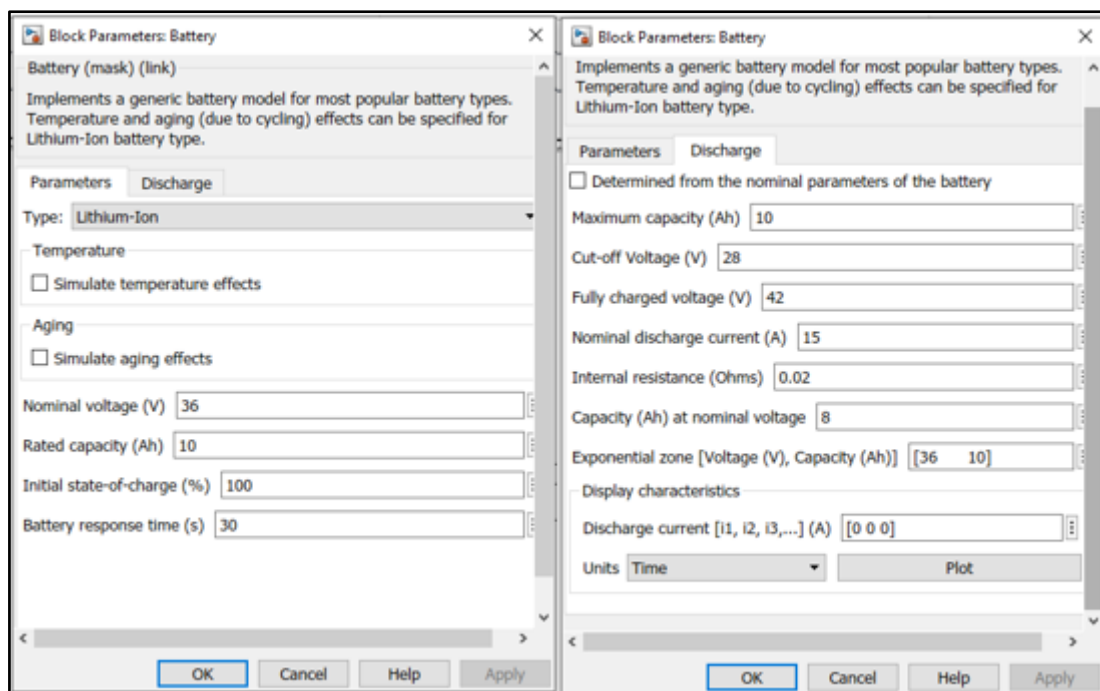


Figura 52-2. Configuración de la batería en simulink.

Fuente: (Simulink Matlab 2020a)

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

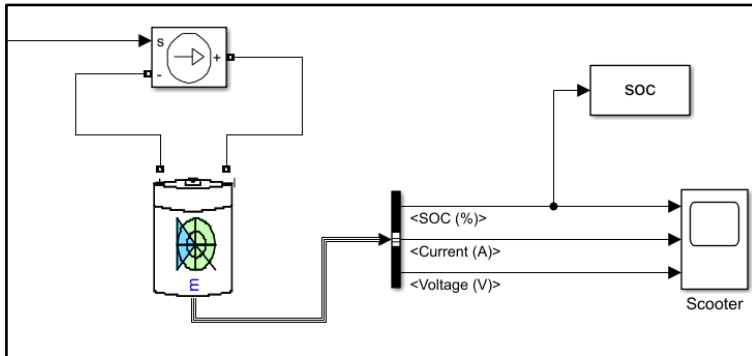


Figura 53-2. Conexión de la batería.

Fuente: (Simulink Matlab 2020a)

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Las pruebas de autonomía se las realizará en base al ciclo de conducción, las fórmulas de dinámica del vehículo y la eficiencia del motor eléctrico, de tal manera que para obtener un resultado más preciso se variaran los valores de la masa y el ángulo de pendiente ya que son los que influyen directamente en el rendimiento y autonomía de la batería. En el scope final se obtendrán las gráficas del porcentaje de descarga de la batería, el voltaje y la corriente, como se aprecia en la gráfica 1-2.

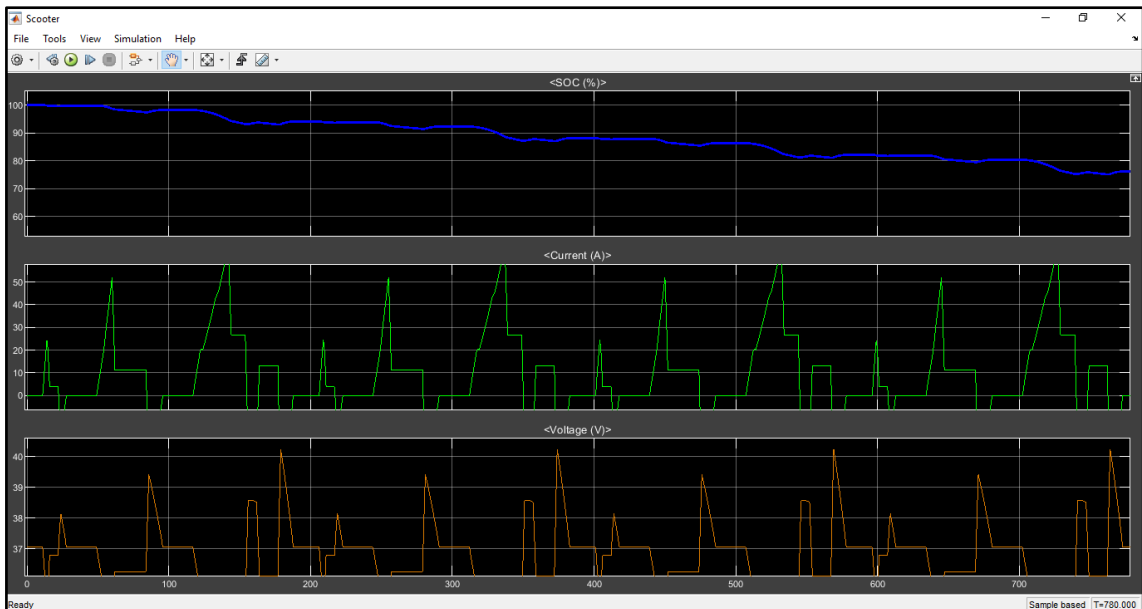
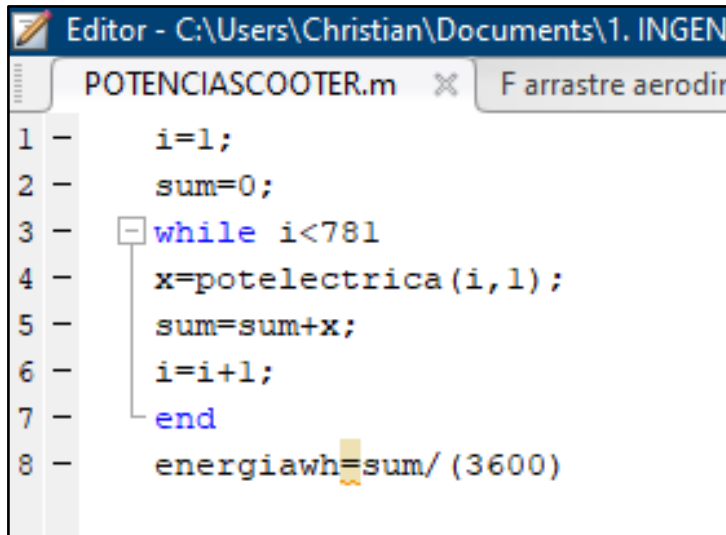


Gráfico 15-2. Porcentaje de descarga, voltaje y corriente de batería.

Fuente: (Simulink Matlab 2020a)

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Estas gráficas, en especial la del SOC, presenta el porcentaje de descarga de la batería, dato que será de utilidad para calcular cuantos km de autonomía posee. Luego de esto se procede a calcular la energía consumida utilizando la codificación planteada en la figura 120-2 y todos estos datos se los almacenará en una tabla que representará la autonomía de la batería de una forma más real y precisa.



```
Editor - C:\Users\Christian\Documents\1. INGENI
POTENCIASCOOTER.m  F arrastre aerodin
1 -     i=1;
2 -     sum=0;
3 -     while i<781
4 -         x=potelectrica(i,1);
5 -         sum=sum+x;
6 -         i=i+1;
7 -     end
8 -     energiawh=sum/(3600)
```

**Figura 54-2.** Energía consumida.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

## 2.10 Análisis de variables

El análisis estático del chasis se realizará a cada una de las tres alternativas modeladas. Las condiciones que se aplicarán a este proceso son: el material, el cual tendrá dos alternativas, y la carga, estas cargas se ejercen de acuerdo con el peso mínimo que se plantea como objetivo 120 kg que debe soportar el scooter y la segunda se aplica para ver su comportamiento ante una carga exagerada de 200 kg, cabe recalcar que los scooters ofrecidos en el mercado no ofrecen soportar una carga mayor a 150 kg. Una vez realizado los cálculos se obtendrá los valores de las variables dependientes: peso y deformación para cada chasis, tal y como se observa en la tabla 11-2. (Rocha-Hoyos et al., 2019) menciona que para su análisis estadístico aplica el análisis ANOVA que significa (Análisis de variancia), es un análisis que se acopla a nuestras necesidades ya que realiza una comparación entre diferentes medidas y se basa en la hipótesis de que dos o más poblaciones serán iguales, evaluando la importancia que tiene cada factor al comparar los datos obtenidos en las variables de respuesta en cada nivel de los factores.

**Tabla 11-2.** Análisis estático con acero estructural con carga de 120 kg.

<b>Datos con una carga de 120 kg</b>					
<b>Modelo de chasis</b>	<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Directional Deformation (mm)</b>	<b>Equivalent Elastic strain (mm/mm)</b>	<b>Equivalent Stress (Mpa)</b>
<b>Alternativa 1</b>	Acero estructural	27.2425	Min: -0.007765	Min: 3.4472e-8	Min: 0.003777
			Max: 0.0000373	Max: 3.3236e-5	Max: 6.5887
<b>Alternativa 2</b>	Acero estructural	57.7697	Min: -0.007318	Min: 1.0947e-8	Min: 0.0014674
			Max: 0.0022349	Max: 7.0983e-5	Max: 8.0792
<b>Alternativa 3</b>	Acero estructural	15.9587	Min: -0.031208	Min: 3.8262e-9	Min: 0.0004915
			Max: 0.0040954	Max: 8.797e-5	Max: 17.128

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

También se presenta el comportamiento de las variables: autonomía, porcentaje de carga y la energía consumida las cuales dependen directamente de la carga con la que se trabaje y el ángulo de inclinación que se pretenda ascender, obteniendo datos como se observan en la tabla 12-2. Estos datos ayudan a comprender de mejor manera que batería es la adecuada para el conseguir el objetivo planteado, ya que se aplicará 3 tipos de baterías, cada una con 36 V pero diferente Ah, los cuales serán 7.8 Ah, 10 Ah y 15.6 Ah.

**Tabla 12-2.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso (°)</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	0	33.6276	9.34	43.54
80	0	36.9254	10.24	39.71
100	0	40.2232	11.16	36.44
120	0	43.5210	12.09	33.63
150	0	48.4677	13.47	30.19
200	0	56.7122	15.06	27.00

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En este análisis se ocuparán dos métodos, el primero de ellos será el diagrama de dispersión, el cual es una herramienta que presenta la relación que puede existir entre dos variables de forma gráfica, lo que permite visualizar la correlación y entenderla más fácilmente. Este método se aplicará en la parte de autonomía de batería, ya que se podrá visualizar el comportamiento de la batería en distintas condiciones de uso. Además, permite cambiar algunas variables con lo que se puede obtener varios análisis del comportamiento, por ejemplo: el peso total, la eficiencia de la batería, el grado de la pendiente, y así obtener una idea más clara del comportamiento de estas variables con el porcentaje de descarga de la batería de ion litio, lo que resulta directamente en la autonomía con la que contará la batería seleccionada.

El segundo método es el diagrama de barras, el cual permite realizar un resumen de los datos obtenidos en distintas categorías, con lo que se permite realizar una comparación de los resultados obtenidos. La altura de las barras representa a los valores numéricos consolidados en cada categoría, este método será aplicado en cada análisis ya que permite visualizar y comparar con que factores el scooter eléctrico tendrá un mejor desarrollo.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Resultados del análisis estático de chasis

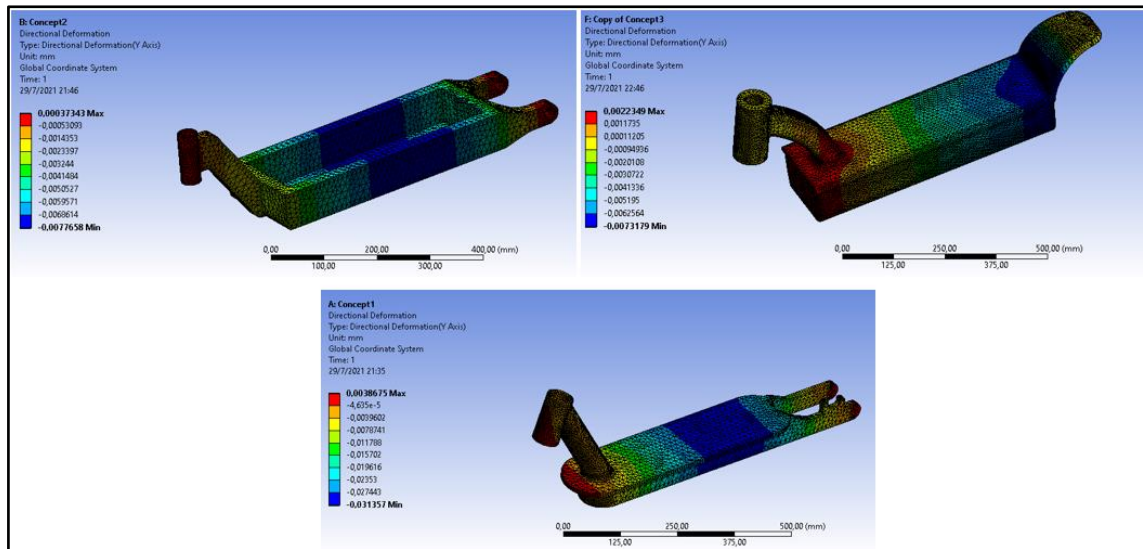
En las tablas 1-3 y 2-3 se muestran los resultados del peso y los valores de deformaciones obtenidos al aplicar el acero estructural como material con una carga de 120 kg y 200 kg respectivamente en cada una de las diferentes alternativas de chasis. Estos resultados han sido recopilados de los cálculos realizados en el software (Ansys 19.2), y se pueden observar en las figuras 153-3, 154-3, 155-3 y 156-3.

**Tabla 1-3.** Análisis estático con acero estructural con carga de 120 kg.

<b>Datos con una carga de 120 kg</b>				
<b>Modelo de chasis</b>	<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Directional Deformation (mm)</b>	<b>Equivalent Stress Von Mises (Mpa)</b>
<b>Alternativa 1</b>	Acero estructural	27.2425	Min: -0.007765	Min: 0.0018813
			Max: 0.0000373	Max: 6.588
<b>Alternativa 2</b>	Acero estructural	57.7697	Min: -0.007318	Min: 0.0014674
			Max: 0.0022349	Max: 8.0792
<b>Alternativa 3</b>	Acero estructural	15.9587	Min: -0.031357	Min: 0.0004479
			Max: 0.0038675	Max: 17.128

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

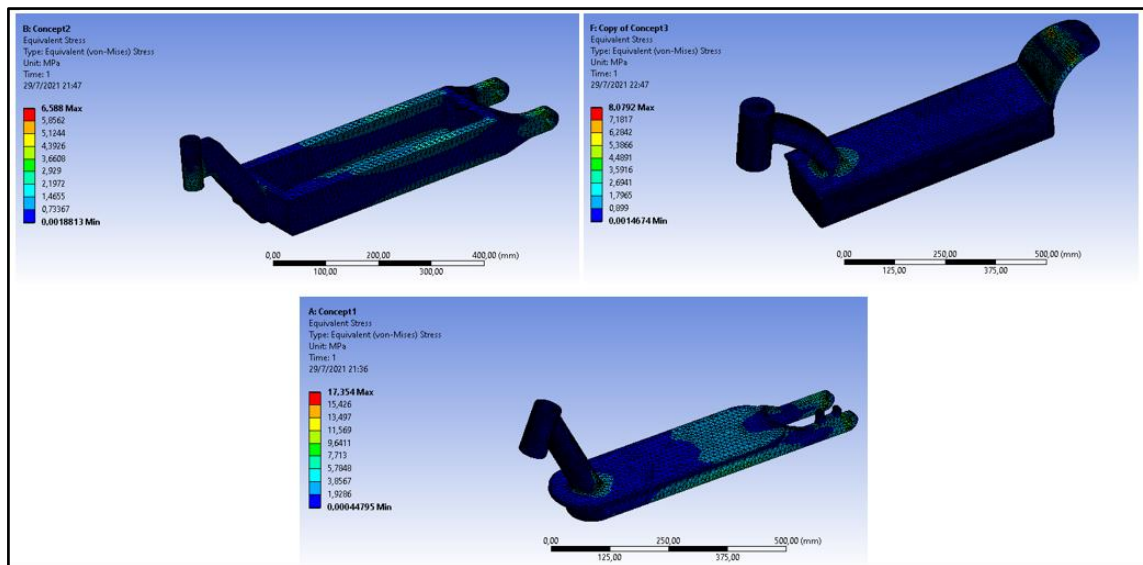
En la imagen 1-3 a, se puede observar que la mayor deformación direccional se encuentra en los apoyos del eje posterior, de igual manera en el apoyo de la rueda delantera. En la figura 1-3 b, se observa como el valor máximo de deformación se encuentra en la parte de unión del chasis con el acople donde se colocará el eje para la dirección del scooter. En la figura 1-3 c, se observa que en la parte inferior del apoyo donde se coloca la rueda delantera se encuentran los mayores esfuerzos direccionales.



**Figura 55-3.** Deformación direccional con acero estructural y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la imagen 2-3a, se puede observar que los valores de tensión equivalente en este modelo de scooter se encuentran en valores muy bajos y no existen puntos críticos para estos esfuerzos. En la figura 2-3b, se observa como los valores de tensión equivalente no presentan puntos críticos ni mucho menos valores elevados. En la figura 2-3c, se observa que los valores de la tensión equivalente son relativamente bajos en todas las áreas de modelo de chasis, por lo que se observa que los modelos de los chasis presentan estructuras compactas en sus diseños.



**Figura 2-3.** Tensión equivalente con acero estructural y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

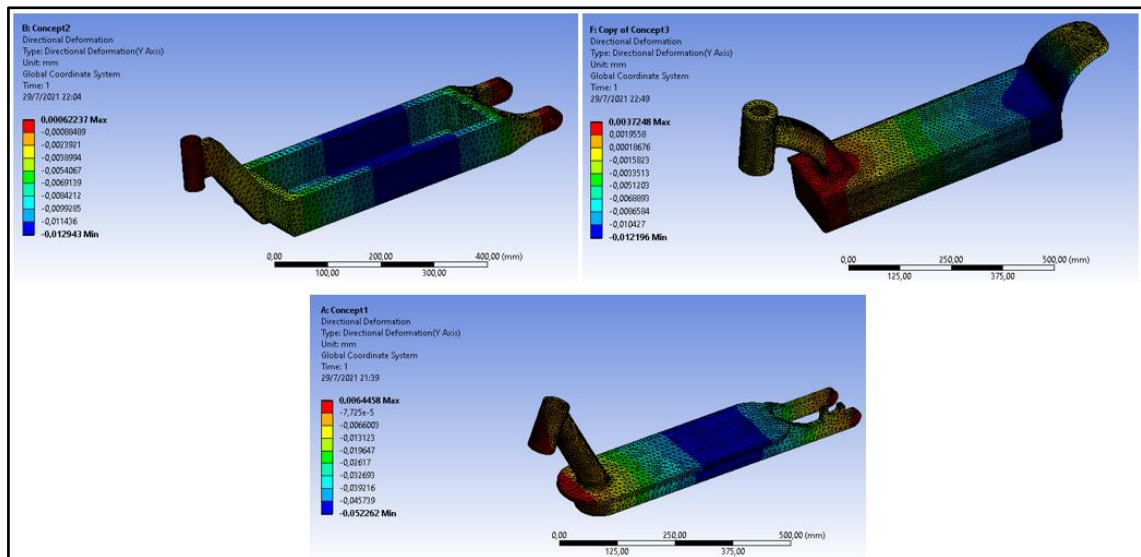
Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 2-3.** Análisis estático con acero estructural con carga de 200 kg.

Datos con una carga de 200 kg				
Modelo de chasis	Material	Peso (kg)	Directional Deformation (mm)	Equivalent Stress Von Mises (Mpa)
Alternativa 1	Acero estructural	27.2425	Min: -0.012943	Min: 0.0031354
			Max: 0.0006223	Max: 10.98
Alternativa 2	Acero estructural	57.7697	Min: -0.012196	Min: 0.0024457
			Max: 0.003724	Max: 13.465
Alternativa 3	Acero estructural	15.9587	Min: -0.052262	Min: 0.0007465
			Max: 0.0064458	Max: 28.923

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Al igual que en el caso anterior con los valores de deformación direccional en la figura 3-3, se observa que en la figura 3-3, se presentan las mismas áreas críticas en los distintos modelos de chasis del scooter eléctrico, con la única diferencia que los valores de los esfuerzos aumentaron mínimamente ya que esta vez se aplicó una carga de 200kg para el análisis.

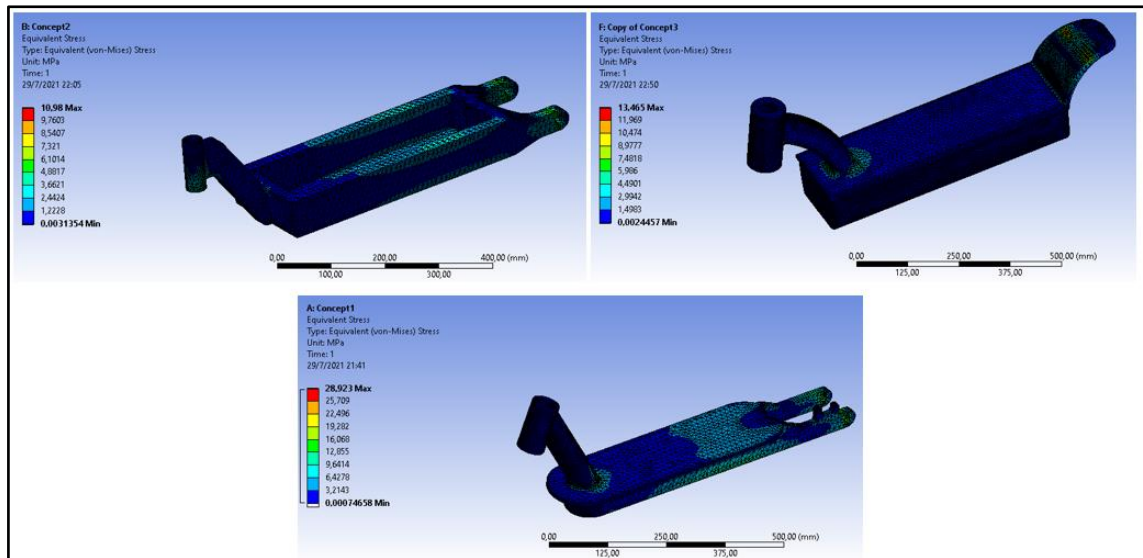


**Figura 3-3.** Deformación direccional con acero estructural y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la figura 4-3, se observa el comportamiento que tiene los valores de la tensión equivalente y se puede visualizar que dichos valores no son altos por lo que no se observa áreas en color dado que dicho color en las áreas indica que podrían tener secciones críticas en los diseños de los diferentes modelos de chasis.





**Figura 4-3.** Tensión equivalente con acero estructural y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

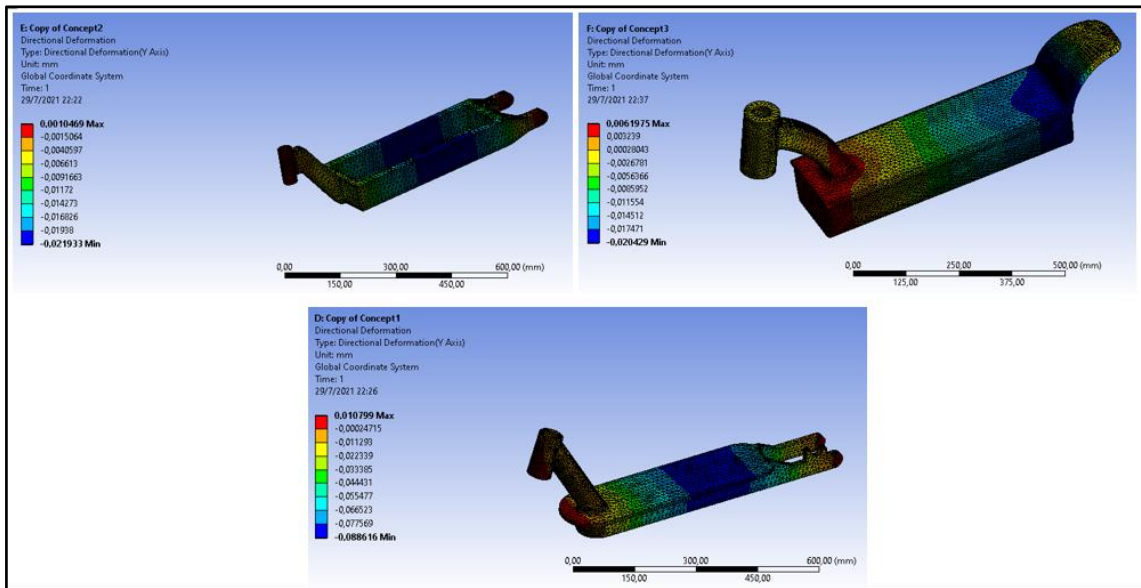
En las tablas 3-3 y 4-3 se muestran los resultados del peso y los esfuerzos obtenidos: direccional deformation y equivalent stress, al aplicar el aluminio aleado 1060 como material y una carga de 120 kg y 200 kg respectivamente en las diferentes alternativas de chasis. La representación gráfica de los resultados obtenidos se los puede observar en las figuras 5-3, 6-3, 7-3 y 8-3.

**Tabla 17-3.** Análisis estático con aluminio aleado con carga de 120 kg.

<b>Datos con una carga de 120 kg</b>				
<b>Modelo de chasis</b>	<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Directional Deformation (mm)</b>	<b>Equivalent Stress Von Mises (Mpa)</b>
<b>Alternativa 1</b>	Aluminio aleado 1060	9.5526	Min: -0.021933	Min: 0.0022912
			Max: 0.0010469	Max: 6.7627
<b>Alternativa 2</b>	Aluminio aleado 1060	20.2569	Min: -0.020429	Min: 0.0014603
			Max: 0.0061975	Max: 8.1754
<b>Alternativa 3</b>	Aluminio aleado 1060	5.5959	Min: -0.088616	Min: 0.0004593
			Max: 0.010799	Max: 17.253

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

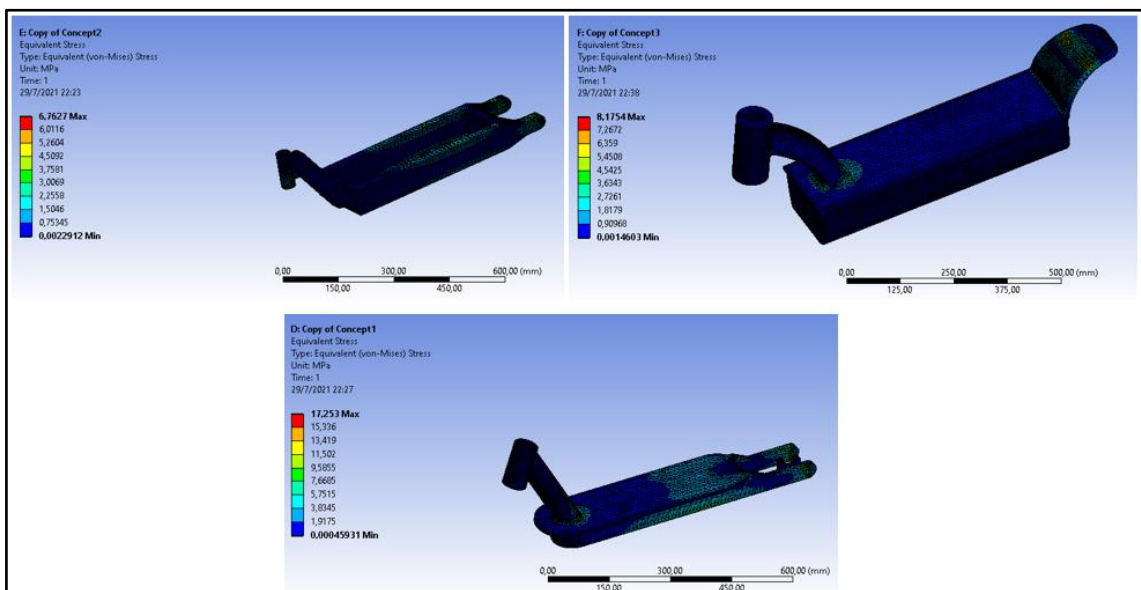
En la figura 5-3, se observa el comportamiento de la deformación direccional en el primer modelo de chasis, al igual que en las gráficas anteriores se presenta que los valores de esta deformación se encuentran un poco más elevados que en los resultados anteriormente observados ya que esta vez se usó como material el aluminio aleado 1060 y una carga de 120 kg, dando áreas de color rojo en las mismas secciones de los chasis, ya que el material utilizado presenta una menor resistencia a la del acero estructural.



**Figura 5-3.** Deformación direccional con aluminio aleado 1060 y carga de 120 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la imagen 6-3, se observa que al igual que sucedía con los valores de la tensión equivalente en los modelos de chasis cuando estos tenían como material el acero estructural, en este análisis pese a haber seleccionado como material el aluminio aleado (siendo un material menos resistente a los esfuerzos que el acero estructural), casi en su totalidad son áreas azules lo que indica que se tiene valores bajos y no se presentan áreas críticas en los modelos.



**Figura 6-3.** Tensión equivalente con aluminio aleado 1060 y carga de 120 kg alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

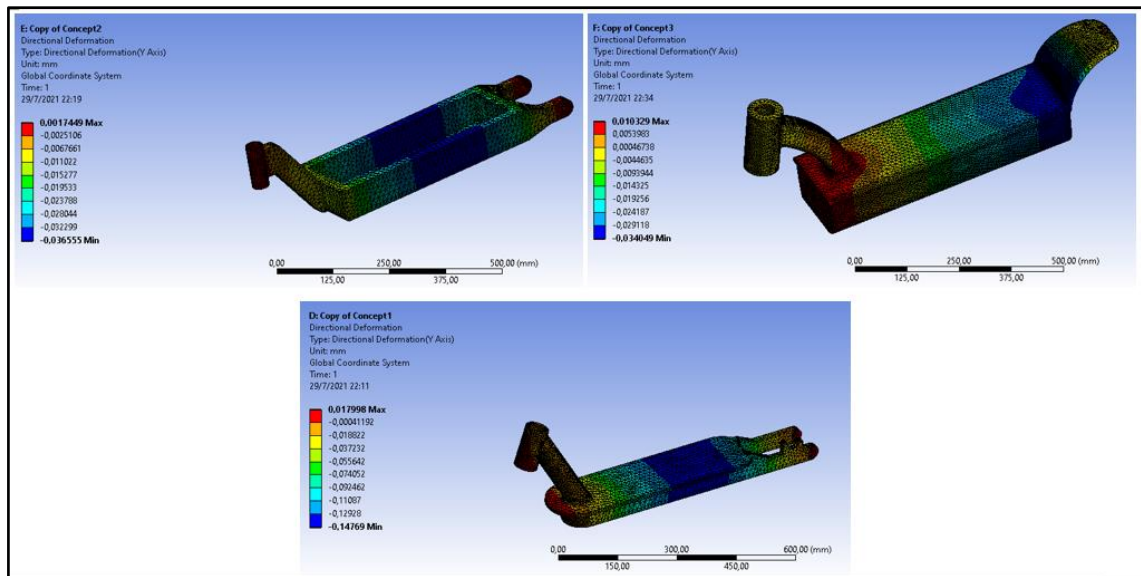
Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 4-3.** Análisis estático con aluminio aleado con carga de 200 kg.

Datos con una carga de 200 kg				
Modelo de chasis	Material	Peso (kg)	Directional Deformation (mm)	Equivalent Stress Von Mises (Mpa)
<b>Alternativa 1</b>	Aluminio aleado 1060	9.5526	Min: -0.036555	Min: 0.0038186
			Max: 0.0017449	Max: 11.271
<b>Alternativa 2</b>	Aluminio aleado 1060	20.2569	Min: -0.034049	Min: 0.0024339
			Max: 0.010329	Max: 13.626
<b>Alternativa 3</b>	Aluminio aleado 1060	5.5959	Min: -0.14769	Min: 0.0007655
			Max: 0.017998	Max: 28.756

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

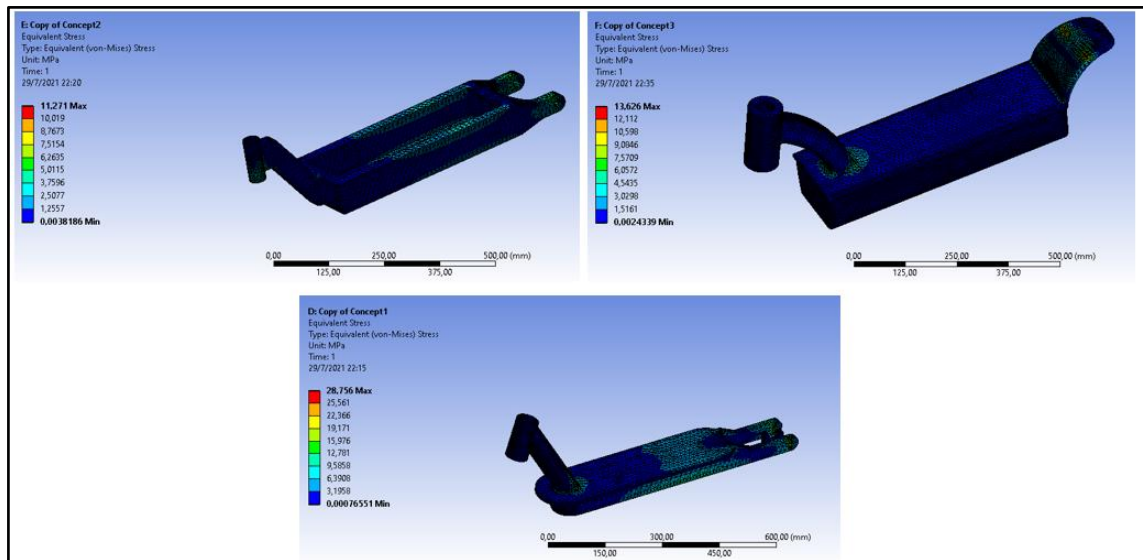
En la figura 7-3, se puede visualizar que los modelos de los chasis presentan áreas un poco más rojas indicando donde se encuentran las áreas críticas de dichos modelos, esto debido a que se utiliza una carga mayor (200kg), y un material menos resistente (aluminio aleado) que en el anterior análisis.



**Figura 7-3.** Deformación direccional con aluminio aleado y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la imagen 8-3, se observa que las áreas azules permanecen constantes, a pesar de que en este análisis se utiliza una carga de 200kg y el aluminio aleado 1060, lo que permite deducir que los tres modelos diferentes de chasis son resistentes a las tensiones equivalentes ya que no presentan áreas críticas en ningún modelo y con pesos diferentes.

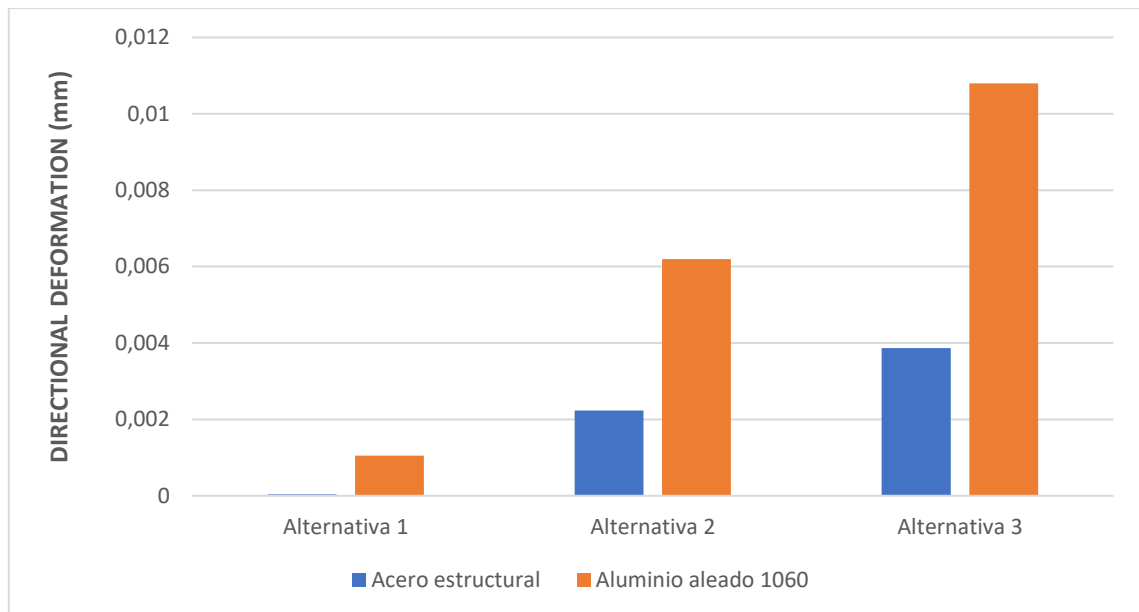


**Figura 8-3.** Tensión equivalente con aluminio aleado y carga de 200 kg, alternativa 1 a), alternativa 2 b), alternativa 3 c).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.2 Discusión de resultados del análisis estático de las alternativas de chasis

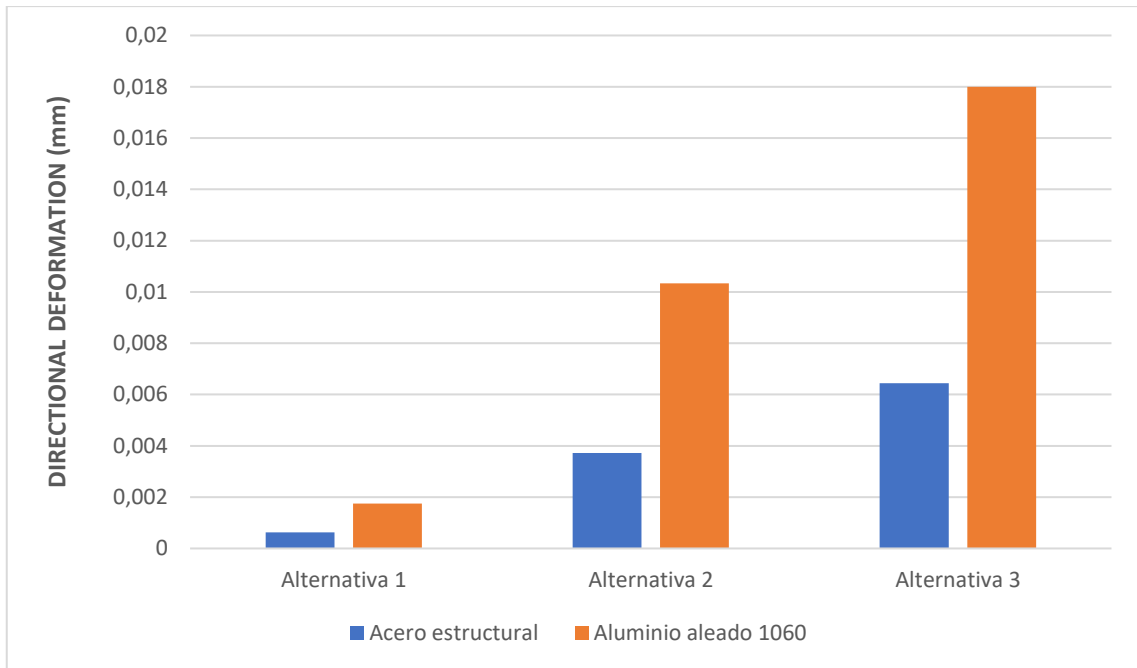
El gráfico de barras 1-3, de la deformación direccional indica que cantidad se deformará el chasis hacia abajo con la carga aplicada. Cada material y alternativa posee un resultado diferente, logrando visualizar que la alternativa 3 con aluminio aleado 1060 es la que mayor deformación tendrá con respecto a las demás llegando a los 0.0107998 mm.



**Gráfico 1-3.** Deformación direccional con carga de 120 kg.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

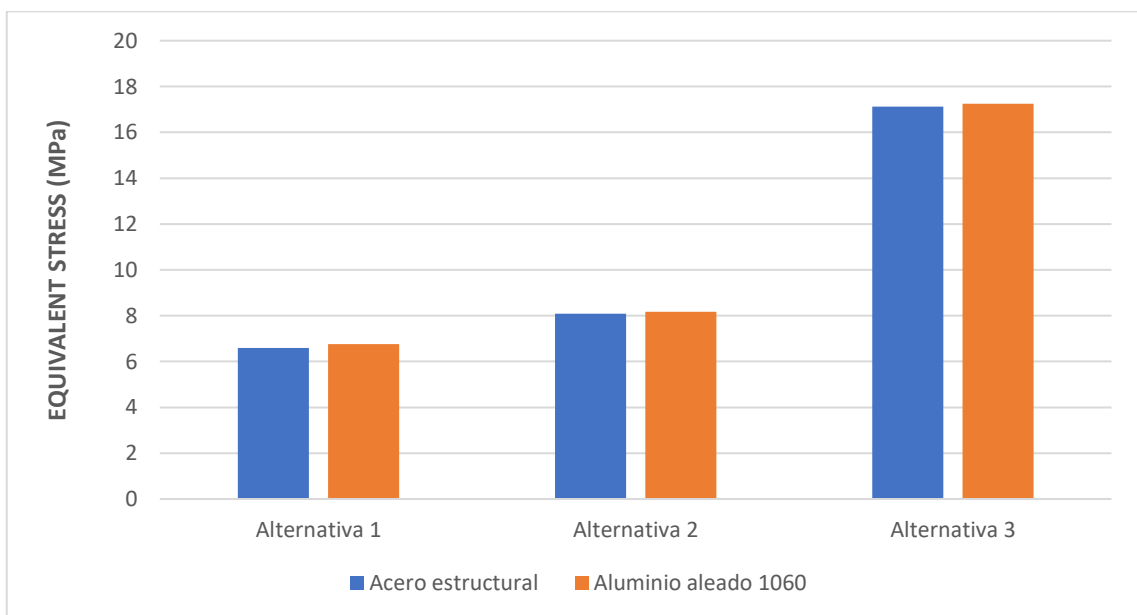
De igual manera se puede observar cómo cambia la deformación direccional cuando se le aplica una carga más grande en el gráfico de barras 2-3, presentando a la alternativa 3 con aluminio aleado 1060 como la que tiene mayor deformación llegando a los 0.017998 mm. Teniendo los resultados de las dos cargas aplicadas a cada chasis y con diferente material, se obtiene que la deformación máxima de la opción que más se deforma no llega ni a 1 milímetro, lo que vuelve aptos a todos los modelos para continuar con el diseño. Según Ganjapure et al.,(2016), utilizar el acero estructural es más seguro, tiene una buena resistencia que reduce las posibilidades de falla del material, esto lo deduce al aplicar al chasis una fuerza de 1710 N (174.37 kg) obteniendo una deformación máxima en su chasis de 0,45 mm. Para este proyecto también se observa una menor deformación utilizando acero estructural, pero con deformaciones mucho menores.



**Gráfico 2-3.** Deformación direccional con carga de 200 kg.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

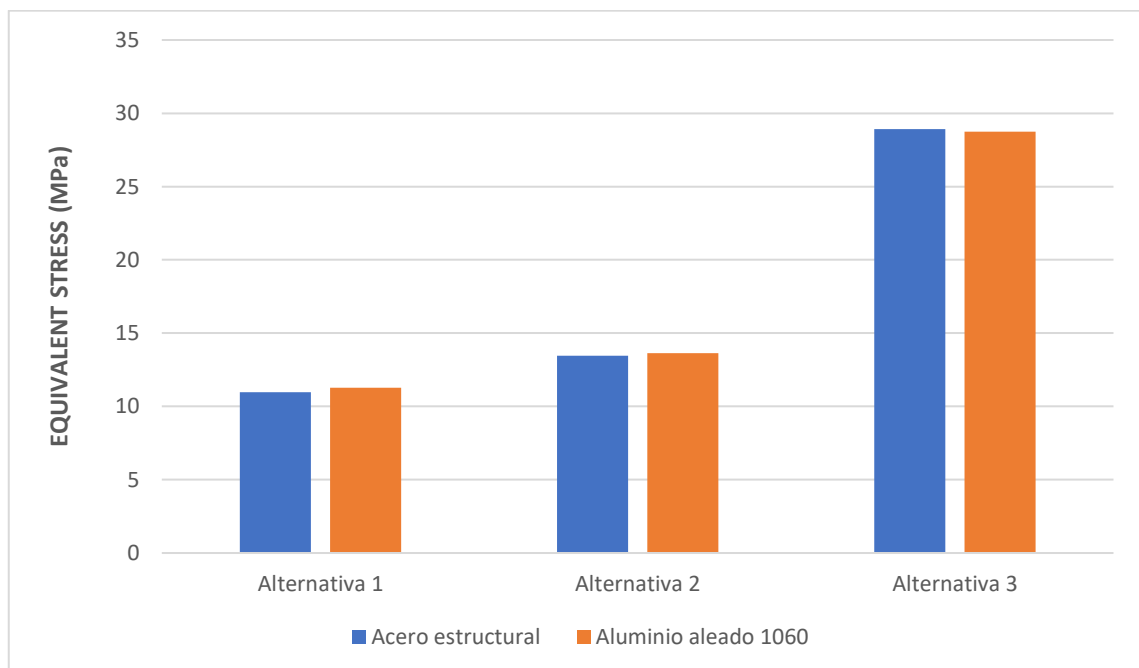
Con los datos representados en el gráfico de barras 3-3, se puede visualizar que la tensión equivalente de Von Mises no varía demasiado para cada alternativa con diferente material, sin embargo, para la alternativa 3 se nota que tiene el mayor valor llegando a 17.128 MPa para el acero estructural y a 17.253 MPa para el aluminio aleado 1060.



**Gráfico 3-3.** Tensión equivalente de Von Mises con carga de 120 kg.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

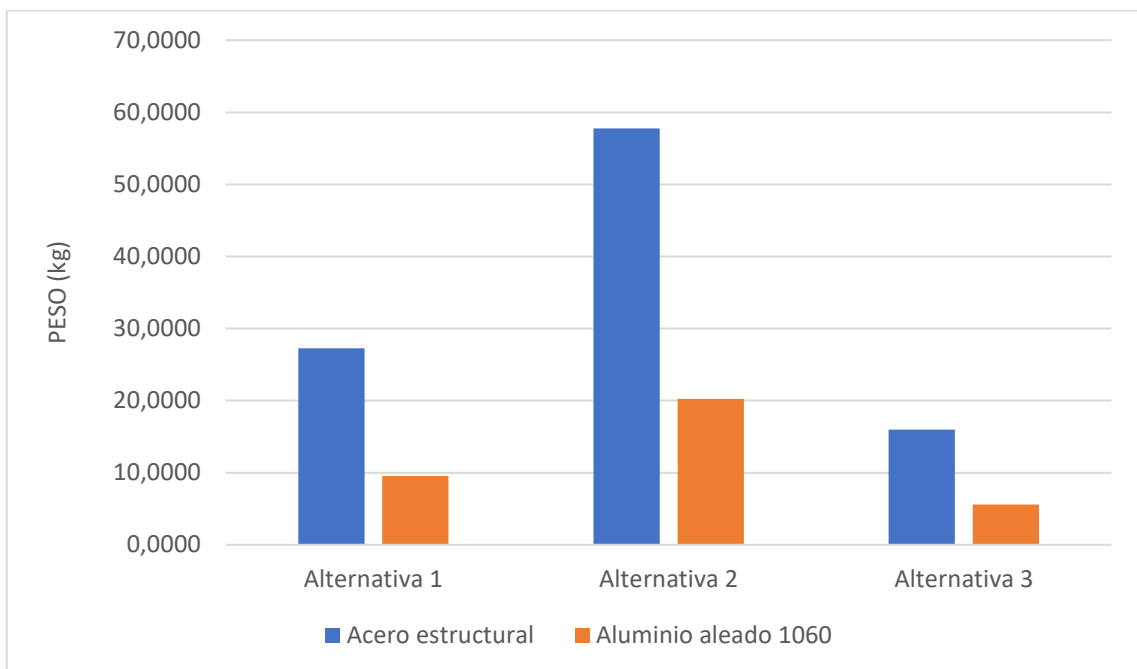
De la igual forma, al aplicar una carga mayor se puede observar en el gráfico 4-3 que el comportamiento es similar entre ambos materiales. El mayor esfuerzo se produce en la alternativa 3 llegando a 28.923 MPa para el acero estructural y a 28.756 MPa para el aluminio aleado. Como ya se presentó anteriormente en el capítulo 2, el esfuerzo de cedencia para el acero estructural y el aluminio aleado es de 250 MPa y 280 MPa respectivamente, valores con los que se puede comparar la tensión equivalente máxima en cada material y entender que los esfuerzos máximos producidos en el chasis son muy bajos y se encuentran dentro del límite volviendo a cada alternativa una buena opción para continuar con el diseño. En el análisis realizado por Chang Ma y Kumar Darsi, (2020), después de analizar el acero estructural y el aluminio aleado 7050 utiliza como material para el chasis el aluminio, ya que al aplicar una fuerza de 1410 N (143.78 kg) en el chasis obtiene un esfuerzo máximo de 0.06519 MPa teniendo en cuenta que este material tiene un esfuerzo a la cedencia de 515 MPa. Chun et al., (2016) en cambio utiliza para su análisis únicamente el aluminio aleado 6061 que cuenta con un esfuerzo a la cedencia de 395 MPa, que al aplicar una carga de 1961.33 N (200 kg) obtiene un esfuerzo máximo de 14.402 MPa. En este proyecto los esfuerzos son mayores debido a las diferencias entre los materiales, y las condiciones en las que se aplican, pero también tiene menor esfuerzo el aluminio aleado 1060 en comparación con el acero estructural.



**Gráfico 4-3.** Tensión equivalente de Von Mises con carga de 200 kg.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Los resultados de esfuerzo y deformación obtenidos anteriormente no son suficientes para tomar una decisión, ya que todos los modelos están dentro del rango necesario para ser seleccionados, de tal manera que la decisión principal se realizará por el peso del chasis. Como se puede observar en el gráfico de barras 5-3, el aluminio aleado 1060 vuelve a cada modelo más liviano y de estos la alternativa 3 es la más liviana con un peso de 5.5959 kg. Aunque en los anteriores análisis la alternativa 3 siempre fue la que obtuvo mayor esfuerzo y deformación, estos valores son mínimos por lo tanto la alternativa 3 con aluminio aleado 1060 es la mejor opción para el diseño del scooter eléctrico.



**Gráfico 5-3.** Peso total según el material para cada alternativa de chasis.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.3 Resultados del modelo final de scooter eléctrico y peso total

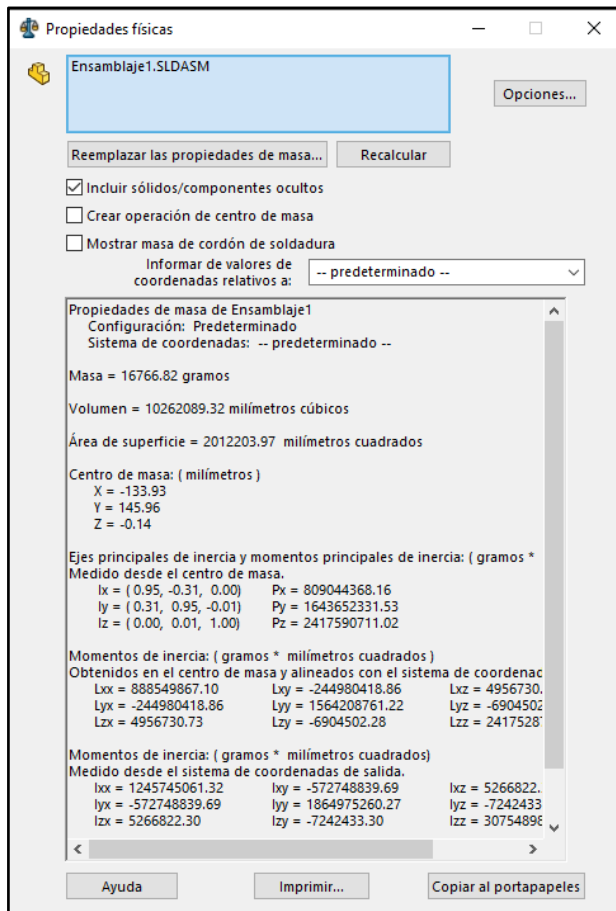
En la figura 9-3, se puede observar el modelado final del scooter eléctrico con asiento, cabe recalcar que el asiento es un accesorio que se puede montar o quitar en el equipo según se necesite. Así mismo en la imagen 10-3, se presentan los resultados obtenidos por la simulación acerca de las propiedades físicas del scooter con asiento.





**Figura 9-3.** Scooter final con asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 56-3.** Peso total del scooter eléctrico con asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

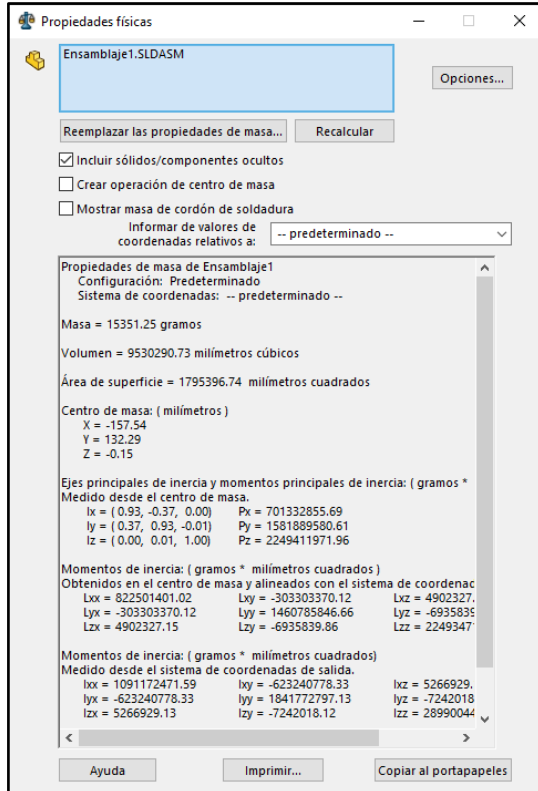
De igual manera, en la imagen 11-3 se puede observar el modelado final del scooter eléctrico sin asiento. Este modelo es necesario ya que el usuario no siempre va a usar el asiento en sus viajes,

de tal forma que las propiedades físicas que se presentan en la figura 12-3 cuentan con una variación en sus resultados. Los scooters eléctricos ofertados al público presentan un peso total que no incluye el asiento, por esta razón las principales propiedades físicas a tomar en cuenta son las del scooter eléctrico sin asiento.



**Figura 57-3.** Scooter eléctrico final sin asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 58-3.** Peso total del scooter eléctrico sin asiento.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

A continuación, se agruparon las propiedades físicas principales del scooter eléctrico con y sin asiento en las tablas 5-3 y 6-3. En estas tablas se puede observar que el centro de masa es una variable dependiente de la distribución de pesos del scooter, por esta razón, al quitar el asiento del scooter el centro de gravedad presenta un cambio de coordenadas, se puede apreciar de mejor manera en las figuras 13-3 y 14-3, así mismo el volumen y el área de superficie varían.

**Tabla 5-3.** Propiedades físicas del scooter con asiento.

Scooter eléctrico con asiento	
Peso total (kg)	16.7668
Volumen (mm <sup>3</sup> )	10262089.32
Área de superficie (mm <sup>2</sup> )	2012203.97
Centro de masa (mm)	Eje X: -133.93
	Eje Y: 145.96
	Eje Z: -0.14

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Figura 59-3.** Centro de gravedad del scooter con asiento.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 6-3.** Propiedades físicas del scooter sin asiento.

Scooter eléctrico sin asiento	
Peso total (kg)	15.3512
Volumen (mm <sup>3</sup> )	9530290.73
Área de superficie (mm <sup>2</sup> )	1795396.74
Centro de masa (mm)	Eje X: -157.54
	Eje Y: 132.29
	Eje Z: -0.15

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

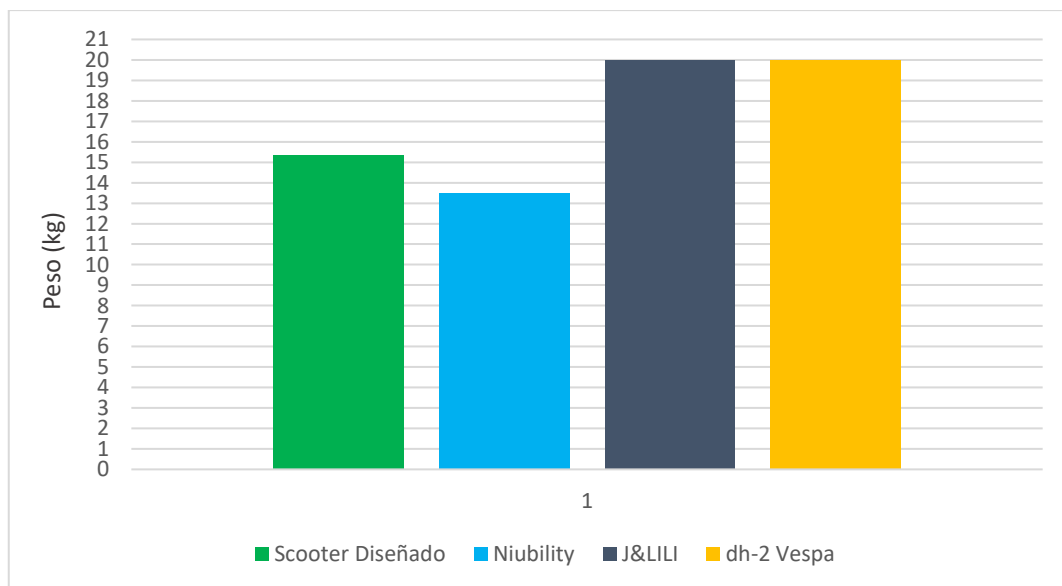


**Figura 60-3.** Centro de gravedad del scooter sin asiento.

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.4 Discusión de resultados del modelado final de scooter eléctrico

El peso total obtenido para el scooter eléctrico sin asiento es igual a 15.3512 kg, los fabricantes de scooters indican en sus catálogos el peso total del scooter sin asiento, ya que el asiento se lo considera como un accesorio. En el gráfico de barras 6-3, se puede apreciar una comparación de scooters ofrecidos al mercado con similares características. Para Niubility, (2021), su scooter con material de aluminio aleado y motor de 500 W cuenta con una masa de 13.5 kg, es decir un 12.05% menos que la masa obtenida para el scooter, en cambio, para J&LILI, (2021), su scooter eléctrico con motor de 500 W y aluminio aleado con magnesio, cuenta con una masa de 20 kg, de igual manera, dh-2, (2021), presenta entre sus modelos el Dh-2 Vespa el cual cuenta con una masa de 20 kg utilizando como material una aleación de aluminio, lo que presenta un aumento del 23.24% en comparación con el scooter diseñado. Con estos resultados se puede entender que el peso del scooter eléctrico diseñado en este proyecto se encuentra dentro de un rango intermedio entre el menor y mayor peso que presentan fabricantes reales para sus usuarios. al obtener un aumento del 12.05% en comparación del primer scooter.



**Gráfico 6-3.** Comparación entre pesos reales vs simulado.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.5 Resultados del análisis ergonómico

El primer análisis ergonómico se lo realiza con el humano de 1.65 m de altura , 68.88 kg de peso y una altura del asiento de 10 cm respecto al eje base que lo sostiene, con lo cual se obtiene los resultados observados en la figura 15-3. En el cuadro de confort se debe tener en cuenta que

mientras el muñeco se acerque más a la línea de la mitad mayor será la comodidad y mientras más se aleje menor comodidad tendrá, cabe recalcar que si el muñeco sobrepasa el límite verde el scooter y la postura no son cómodas y por ende se deben configurar. Se puede apreciar que todas las articulaciones del humano se encuentran dentro del rango de confort, pero la parte inferior del cuerpo de la persona, conformada por el muslo derecho, izquierdo, la pantorrilla derecha, izquierda y el pie y tobillo derecho e izquierdo están mas cerca del límite de confort, lo que vuelve menos cómodo al scooter para esta sección a comparación de la sección superior.

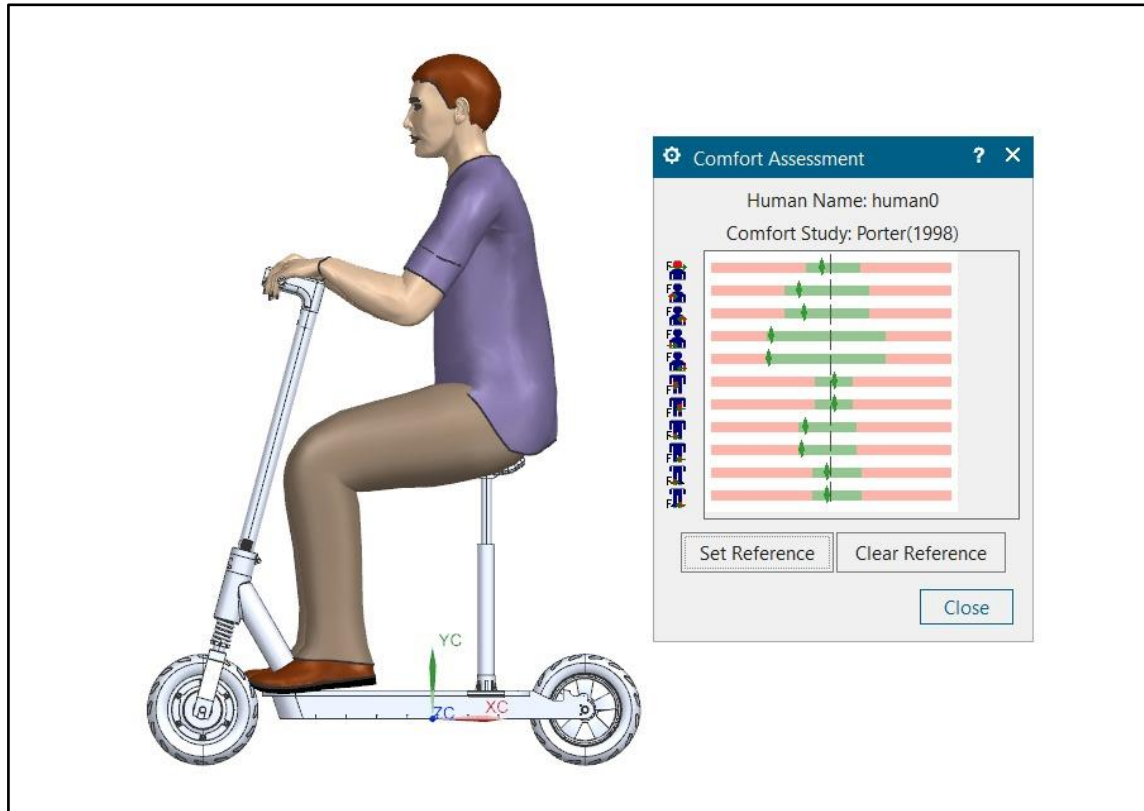


**Figura 61-3.** Confort del scooter para una persona de 1.65 m de altura.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Para el segundo análisis con una persona de 1.75 m de altura, 77.95 kg de peso y una altura del asiento de 10 cm respecto al eje base que lo sostiene, se obtiene los resultados observados en la figura 16-3. En el cuadro de confort se debe tener en cuenta que mientras el muñeco se acerque más a la línea de la mitad mayor será la comodidad y mientras más se aleje menor comodidad tendrá, cabe recalcar que si el muñeco sobrepasa el límite verde el scooter y la postura no son

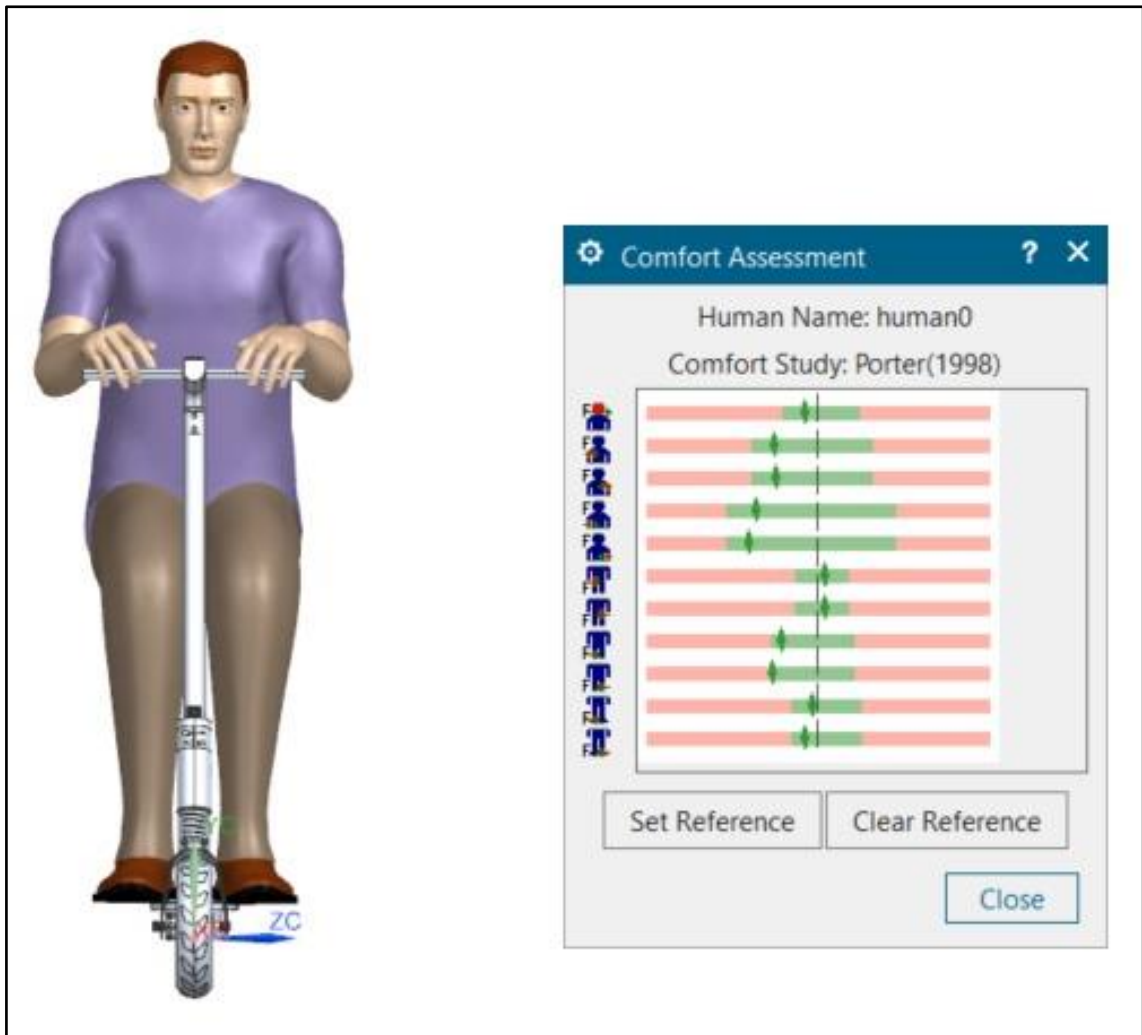
comodas y por ende se deben configurar. Se puede apreciar que todas las articulaciones del humano se encuentran dentro del rango de confort, ya que ninguno sobrepasa el área verde. Hay casos como el brazo izquierdo y derecho que se acercan mucho al límite de confort, pero al no sobrepasar el rango se puede asegurar que el scooter y la postura del humano son cómodas.



**Figura 62-3.** Confort del scooter para una persona de 1.75 m de altura.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

De igual manera se realiza el segundo análisis con una altura del asiento con el eje base que lo sujeta de 10 cm, pero con la diferencia de que esta vez se ocupa el humano con una altura de 1.87 m y 88.85 kg de peso, obteniendo los datos presentados en la figura 17-3. Con estos resultados se puede conocer que también se encuentra dentro del rango de comodidad aceptable, ninguna de las articulaciones sobrepasa el límite de confort, por lo tanto, se puede verificar que el scooter diseñado será cómodo tanto para una persona de altura promedio, como para una persona mucho más alta.

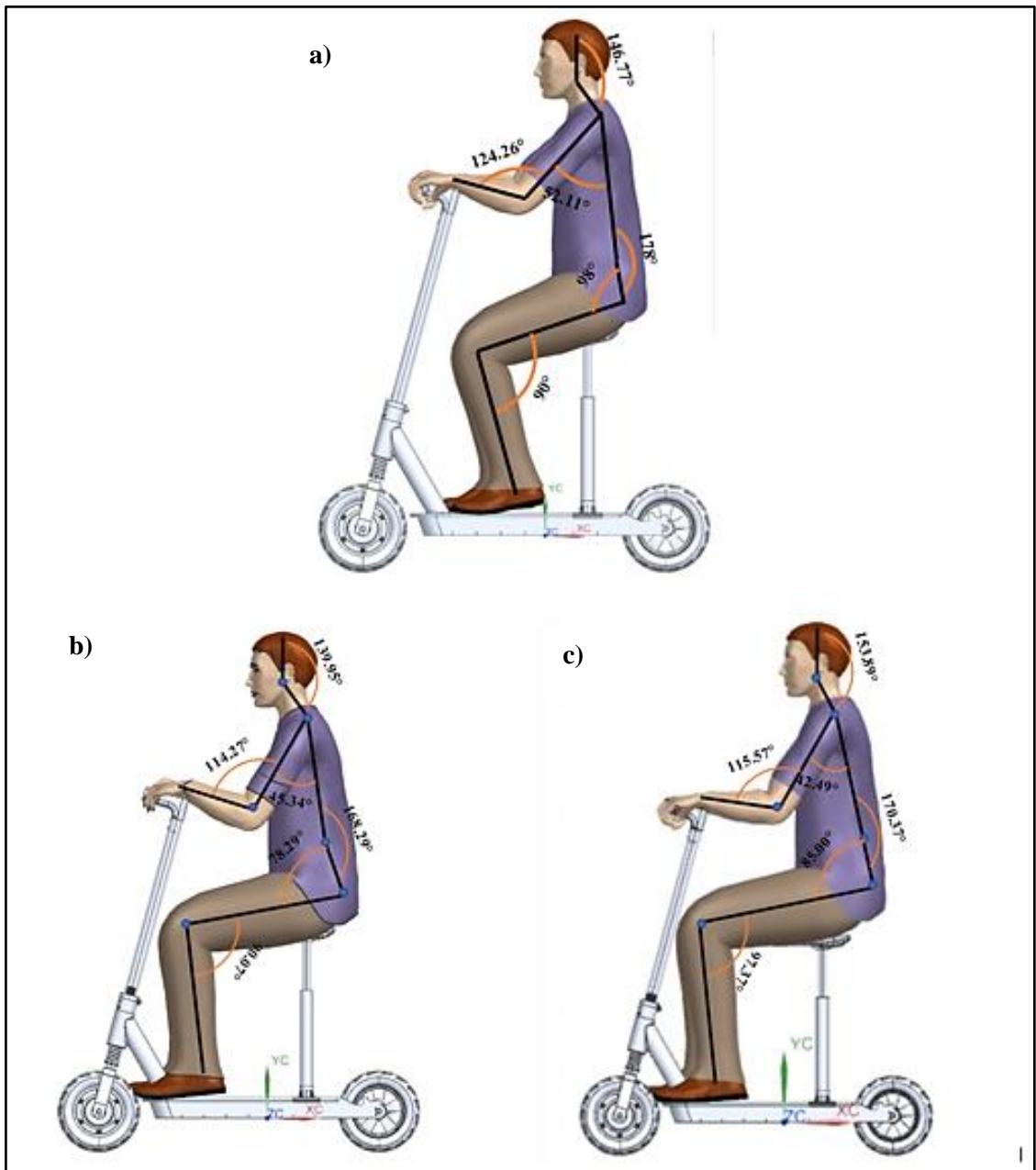


**Figura 63-3.** Confort del scooter para una persona de 1.87 m de altura.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Las investigaciones citadas previamente en el capítulo 1 utilizan el análisis ergonómico basado en los ángulos entre las articulaciones del cuerpo con el diagrama presentado en la figura 18-3, utilizando 6 puntos importantes que también serán presentados como parte de los resultados de este proyecto, en la tabla 7-3, se puede observar los puntos esenciales y el rango de ángulos de comodidad que encaja para los dos humanos analizados.





**Figura 64-3.** Diagrama para cálculo de ángulos para humano de 5% a) 50% b), humano de 85% c).

**Tabla 7-3.** Resultados de ángulos de confort.

Código de ángulo	Parte del cuerpo	Ángulos característicos
$\Theta 1$	Cuello	$139.95^\circ < \Theta 1 < 153.89^\circ$
$\Theta 2$	Hombro	$42.49^\circ < \Theta 2 < 52.11^\circ$
$\Theta 3$	Codo	$114.27^\circ < \Theta 3 < 124.26^\circ$
$\Theta 4$	Parte inferior de la espalda	$168.29^\circ < \Theta 4 < 178^\circ$

$\Theta 5$	Cadera	$78.29^\circ < \Theta 5 < 98.00^\circ$
$\Theta 6$	Rodilla	$90.07^\circ < \Theta 6 < 97.37^\circ$

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.6 Discusión de resultados del análisis ergonómico

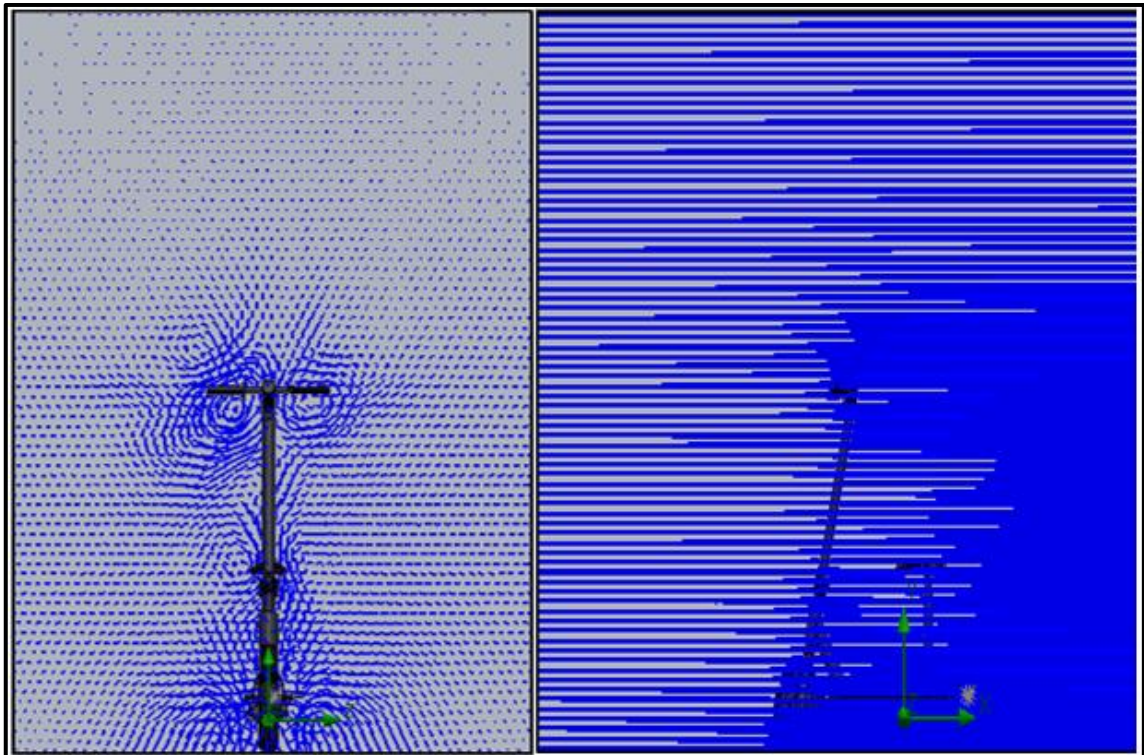
Los resultados obtenidos con el análisis de confort Porter (1998) presenta que el scooter diseñado se encuentra dentro del rango de comodidad para personas de diferentes características, este tipo de estudio es utilizado por Mansfield et al., (2014), el cual puntúa este tipo de estudio como factible ya sea en simulación o de manera manual, en su estudio aplica en la exposición a la vibración y el tiempo sentado como variables independientes y medidas de malestar utilizando la escala de calificación de confort de 7 puntos de Porter cada 10 minutos como variable dependiente, al no realizar una simulación, para cada parte del cuerpo, los sujetos dieron una respuesta verbal del número relacionado con su comodidad en cada momento de muestra después de que el experimentador lo solicitara.

En cambio, para Fadzly et al., (2017), el análisis ergonómico se realiza con un bosquejo de las articulaciones del cuerpo y define que la comodidad de este se presentará mientras los ángulos característicos para el cuello se encuentren en el rango de  $157.7^\circ < \Theta 1 < 160.9^\circ$ , para el hombro entre  $37.2^\circ < \Theta 2 < 42.2^\circ$ , para el codo entre  $133.5^\circ < \Theta 3 < 146.9^\circ$ , la parte inferior de la espalda entre  $166.6^\circ < \Theta 4 < 173.0^\circ$ , la cadera entre  $99.5^\circ < \Theta 5 < 107.3^\circ$  y la rodilla entre  $74.3^\circ < \Theta 6 < 82.1^\circ$ . Este tipo de análisis también es utilizado por Ganesh Murali et al., (2021), el cual presenta que en el modelado de la postura, el movimiento del cuerpo es comúnmente delineado en términos de ángulos formados por segmentos del cuerpo en lugar de tratar de modelar las coordenadas de las articulaciones directamente, presentado como resultado en su análisis que la comodidad de su scooter se presentará mientras se mantenga los ángulos característicos de  $\Theta 1 = 164.23^\circ$  para el cuello, de  $\Theta 2 = 43^\circ$  para el hombro, para el codo un ángulo  $\Theta 3 = 146.93^\circ$ , la parte inferior de la espalda igual a  $\Theta 4 = 175.49^\circ$ , la cadera entre  $\Theta 5 = 98^\circ$  y la rodilla con un ángulo  $\Theta 6 = 81^\circ$ . Todos los resultados de cada investigación citada no se encuentran muy alejados a los resultados obtenidos para este análisis.

### 3.7 Resultados del análisis aerodinámico

EL eje del scooter es un tubo cilíndrico, se conoce que para un cilindro normal al flujo de aire el arrastre se debe al arrastre por fricción y presión, aunque principalmente se debe al arrastre debido a presión. El comportamiento del aire al chocar con el scooter se puede observar en la figura 19-

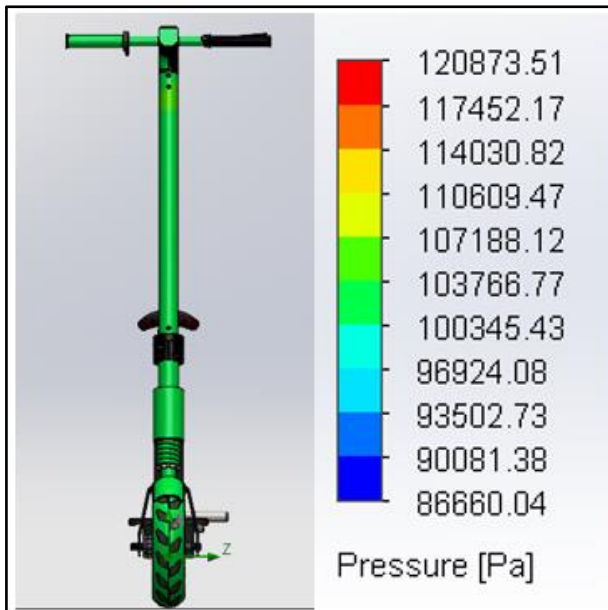
3, al ser un cuerpo cilíndrico que ocupa un espacio pequeño el viento roza los costados sin ejercer alternaciones en el movimiento del scooter.



**Figura 65-3.** Comportamiento del aire al chocar con el scooter.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

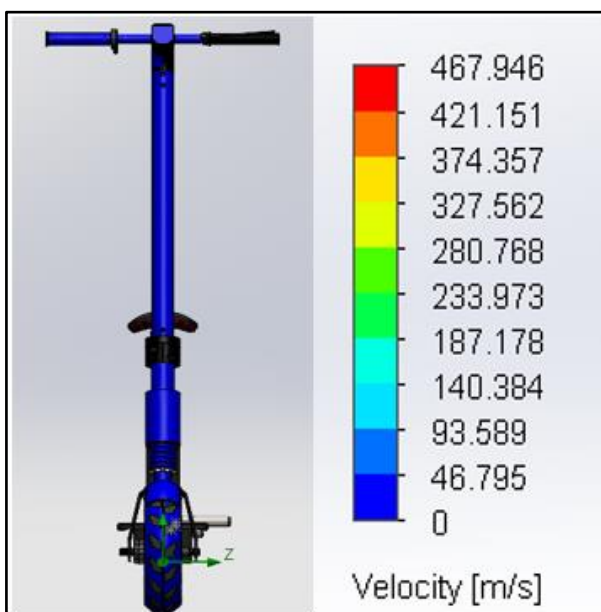
El arrastre que ejerce la presión es proporcional al área frontal y a la diferencia de las presiones que trabajan sobre la parte frontal y posterior del cuerpo. Debido a esto, el arrastre por presión es alto en los cuerpos que bloquean el paso del aire y es pequeño para cuerpos que alinean su forma con la corriente de flujo de aire. En la figura 20-3, se puede observar el comportamiento de la presión del aire hacia el scooter eléctrico en un túnel de viento con una velocidad máxima de 14 m/s (50 km/h), se puede comprobar que al no existir caras planas no existen cambios de presión puesto que el área de contacto con el aire es mínima. El color con el que se marca el scooter representa el intervalo de presión en el que se encuentra, en este caso es de color verde, el cual indica un valor entre 100345.43 Pa y 103766.77 Pa, llegando a ser similar a la presión atmosférica que tiene un valor de 101325 Pa.



**Figura 20-3.** Rango de presión que ejerce el aire.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

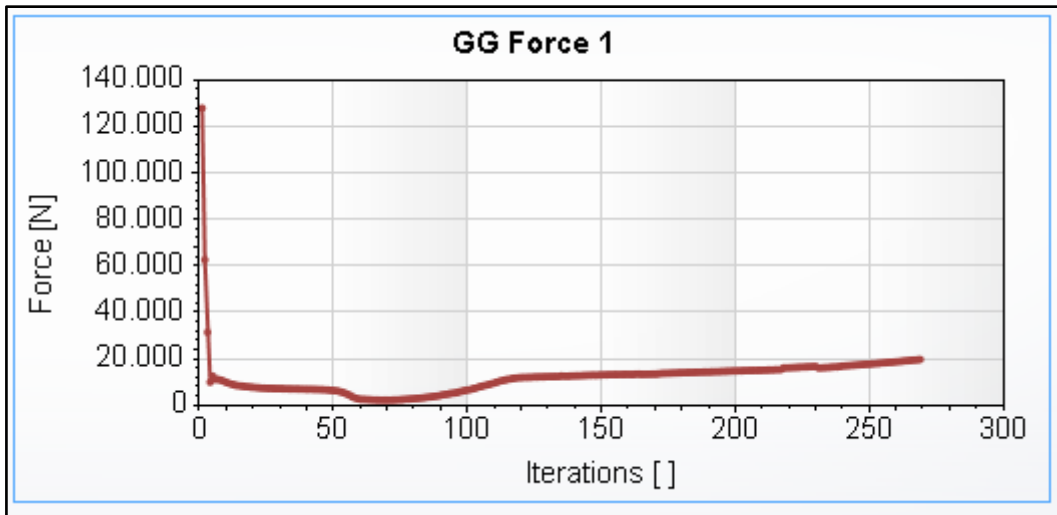
De igual manera se puede observar en la imagen 21-3 que la velocidad del aire al chocar con el scooter únicamente roza los costados y continua sin alterar la velocidad con la que se desplaza. En el túnel de viento lo marca de color azul, que representa una velocidad entre 0 m/s y 46.795 m/s, mientras se mantenga en este rango, se indica que la velocidad con la que el scooter circule no se verá afectada por la fuerza del aire.



**Figura 21-3.** Rango de velocidad del aire.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Aunque en los análisis anteriores se determina que no existe una alteración en la normal movilización del scooter, si se va a generar una fuerza de arrastre aerodinámico en el eje X, la cual se debe a la fricción y presión del aire. Esta fuerza es muy importante, en la gráfica 7-3 se observa el comportamiento de la fuerza a través de las iteraciones realizadas por el programa hasta que converge, presentando una fuerza final. Como se observa en la figura 22-3, el software entrega la fuerza que se aplica en el eje x en las caras frontales en las que el flujo tiene contacto, dando un valor de 19.739 N que converge a las 273 iteraciones.



**Gráfico 7-3.** Comportamiento de la fuerza a través de iteraciones.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Force 1	[N]	19.739	18.025	16.404	19.739	39	Yes	2.227	0.875

**Figura 22-3.** Fuerza en el eje X.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

La fuerza obtenida es aplicada al momento de reemplazar valores en la fórmula de coeficiente aerodinámico, que en conjunto con los demás datos que ya se tienen definidos, presenta un resultado de 0.6086. El coeficiente aerodinámico obtenido es alto, esto se debe a que es altamente dependiente del área frontal, en este caso se utiliza el área frontal del scooter incluido la persona, y debido a que el cuerpo de una persona no es aerodinámico el coeficiente es alto. Este valor se utilizará para el análisis de autonomía de baterías.

$$Cd = \frac{2 * 19.74 \left( \frac{kg * m}{s^2} \right)}{1.225 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * \left( 14 \frac{m}{s} \right)^2 * 0.27 m^2}$$

$$Cd = 0.6086$$

### 3.8 Discusión de resultados del análisis aerodinámico

El análisis CFD es de gran ayuda al momento de realizar el diseño de vehículos, así como concluye Lombardi et al, (2015), es una herramienta muy útil en el diseño de vehículos de dos ruedas proporcionando una importante contribución en la comparación entre diferentes geometrías, con el fin de obtener la solución que ofrece resultados generales de la resistencia aerodinámica y consumo energético. Ezcurra y León, (2017) concluyen que el análisis CFD sirve para realizar mejoras aerodinámicas para reducir la resistencia aerodinámica, por esta razón en sus resultados obtiene que cuando realiza el cálculo con una persona de pie obtiene un menor valor de cd a comparación de cuando la persona viaja sentada, por esta razón se utilizó para este proyecto en esta parte del análisis el área frontal del scooter con una persona sentada con un valor de (0,27 m2). El coeficiente aerodinámico para un scooter eléctrico según Shenoy y Kumar, (2016), entre los parámetros obtenidos de su investigación es de 0.6, valor que coincide con el coeficiente aerodinámico obtenido en este proyecto.

### 3.9 Resultados del Análisis de autonomía de batería

En las tablas 8-3, 9-3, 10-3, 11-3, 12-3, 13-3 se presentan los resultados de la simulación en Matlab/Simulink obtenidos con la primera batería de 36 V y 7.8 Ah de: energía consumida, porcentaje de descarga, según el peso aplicado y el ángulo de ascenso de pendiente, de tal manera que se logra obtener la autonomía de la batería en km.

**Tabla 8-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso (°)	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	0	33.628	88.03	11.97	33.98
70	0	35.277	87.46	12.54	32.43
80	0	36.925	86.87	13.13	30.97
90	0	38.574	86.28	13.72	29.64
100	0	40.223	85.69	14.31	28.42
110	0	41.872	85.09	14.91	27.28
120	0	43.521	84.51	15.49	26.26
130	0	45.170	83.93	16.07	25.31

150	0	48.468	82.74	17.26	23.56
200	0	56.712	79.77	20.23	20.10

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 9-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	1	46.896	83.31	16.69	24.37
70	1	50.756	81.94	18.06	22.52
80	1	54.6164	80.57	19.43	20.93
90	1	58.477	79.20	20.8	19.55
100	1	62.337	77.82	22.18	18.34
110	1	66.197	76.45	23.55	17.27
120	1	70.058	75.07	24.93	16.31
130	1	73.918	73.70	26.3	15.46
150	1	81.638	70.96	29.04	14.00
200	1	100.940	64.07	35.93	11.32

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 10-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (w/h)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	2	60.160	78.60	21.4	19.00
70	2	66.231	76.43	23.57	17.25
80	2	72.302	74.26	25.74	15.80
90	2	78.373	72.11	27.89	14.58
100	2	84.444	69.95	30.05	13.53
110	2	90.515	67.79	32.21	12.63
120	2	96.586	65.63	34.37	11.83
130	2	102.657	63.44	36.56	11.12
150	2	114.799	59.12	40.88	9.95
200	2	145.154	48.32	51.68	7.87

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 11-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	3	73.416	73.87	26.13	15.56
70	3	81.697	70.90	29.1	13.98
80	3	89.977	67.99	32.01	12.71
90	3	98.257	65.02	34.98	11.63
100	3	106.538	62.07	37.93	10.72

110	3	114.818	59.13	40.87	9.95
120	3	123.098	56.19	43.81	9.28
130	3	131.379	53.24	46.76	8.70
150	3	147.939	47.32	52.68	7.72
200	3	189.341	32.61	67.39	6.04

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 12-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (w/h)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	5	99.888	64.45	35.55	11.44
70	5	112.581	59.93	40.07	10.15
80	5	125.273	55.40	44.6	9.12
90	5	137.965	50.89	49.11	8.28
100	5	150.657	46.36	53.64	7.58
110	5	163.350	41.85	58.15	6.99
120	5	176.042	37.35	62.65	6.49
130	5	188.734	32.83	67.17	6.05
150	5	214.119	23.78	76.22	5.34
200	5	277.581	1.20	98.8	4.12

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 13-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	12	191.693	31.77	68.23	5.96
70	12	219.687	21.81	78.19	5.20
80	12	247.680	11.82	88.18	4.61
90	12	275.6730	1.85	98.152	4.14
100	12	303.666	0	100	0
110	12	331.659	0	100	0
120	12	359.653	0	100	0
130	12	387.646	0	100	0
150	12	443.632	0	100	0
200	12	583.598	0	100	0

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Los resultados obtenidos en cada una de las tablas anteriores son agrupados en función del peso, el ángulo de ascenso y la autonomía, en una hoja de cálculo de Excel, la cual se ordenó con la finalidad de transferir los valores al software Minitab. En este programa se realizó un análisis ANOVA de un factor, donde se ingresó como resultado la autonomía y el ángulo de ascenso como



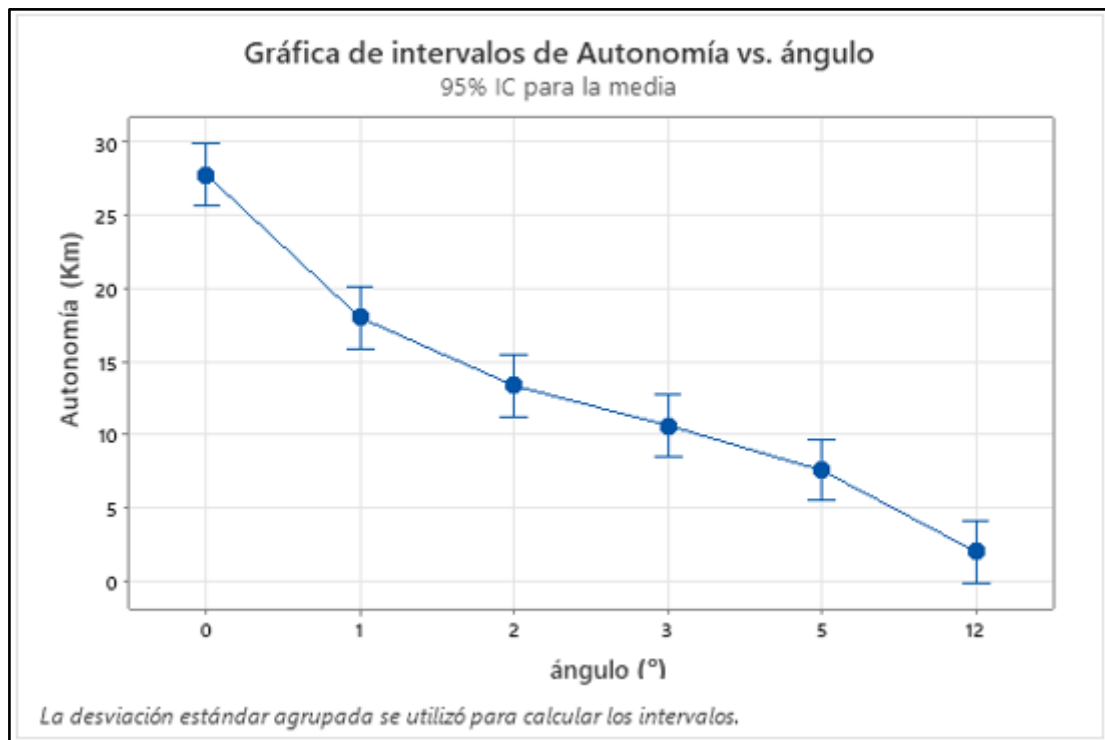
factor de estudio. Los resultados del análisis ANOVA realizado, presentan la media de la autonomía en función a los 10 pesos variados, como se puede observar en la tabla 14-3 y su representación en el gráfico 8-3.

**Tabla 14-3.** Medias de autonomía para batería de 36V 7.8Ah.

ángulo	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0	10	27.79	4.21	(25.70; 29.89)
1	10	18.01	3.98	(15.91; 20.10)
2	10	13.36	3.40	(11.26; 15.45)
3	10	10.629	2.914	(8.535; 12.723)
5	10	7.556	2.242	(5.462; 9.650)
12	10	1.991	2.610	(-0.103; 4.085)

Desv.Est. agrupada = 3.30306

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Gráfico 8-3.** Análisis ANOVA batería 36V 7.8Ah.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Con estos datos se puede concluir que el scooter eléctrico con una batería de 36V 7.8Ah en las condiciones de ruta plana o pendiente 0, ofrecerá una autonomía media de 27.79 km, el cual es el valor más alto de todas las medias. Cabe recalcar que los scooters presentados al mercado ofrecen una autonomía que es calculada bajo ciertas condiciones, de las cuales las principales son: una ruta completamente horizontal y un peso que en la mayoría de los casos es de 70 kg.

En las tablas 15-3, 16-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3 se presentan los resultados obtenidos de la simulación en Matlab/Simulink de la segunda batería de 36 V y 10 Ah de: energía consumida, porcentaje de descarga, según el peso aplicado y el ángulo de ascenso de pendiente, de tal manera que se logra obtener la autonomía de la batería en km.

**Tabla 15-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso (°)</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	0	33.628	90.66	9.34	43.54
70	0	35.277	90.21	9.79	41.54
80	0	36.925	89.76	10.24	39.72
90	0	38.574	89.30	10.7	38.01
100	0	40.223	88.84	11.16	36.44
110	0	41.872	88.38	11.62	35.00
120	0	43.521	87.91	12.09	33.64
130	0	45.170	87.46	12.54	32.43
150	0	48.468	86.53	13.47	30.19
200	0	56.712	84.94	15.06	27.01

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 16-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	1	46.896	86.98	13.02	31.24
70	1	50.756	85.91	14.09	28.86
80	1	54.6164	84.84	15.16	26.83
90	1	58.477	83.77	16.23	25.06
100	1	62.337	82.70	17.3	23.51
110	1	66.197	81.63	18.37	22.14
120	1	70.058	80.56	19.44	20.92
130	1	73.918	79.49	20.51	19.83
150	1	81.638	77.35	22.65	17.96
200	1	100.940	71.97	28.03	14.51

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 17-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (w/h)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	2	60.160	83.31	16.69	24.37
70	2	66.231	81.62	18.38	22.13

80	2	72.302	79.93	20.07	20.26
90	2	78.373	78.23	21.77	18.68
100	2	84.444	76.56	23.44	17.35
110	2	90.515	74.88	25.12	16.19
120	2	96.586	73.19	26.81	15.17
130	2	102.657	71.48	28.52	14.26
150	2	114.799	68.12	31.88	12.76
200	2	145.154	59.68	40.32	10.09

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 18-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	3	73.416	79.62	20.38	19.96
70	3	81.697	77.31	22.69	17.92
80	3	89.977	75.03	24.97	16.29
90	3	98.257	72.73	27.27	14.91
100	3	106.538	70.42	29.58	13.75
110	3	114.818	68.12	31.88	12.76
120	3	123.098	65.81	34.19	11.90
130	3	131.379	63.53	36.47	11.15
150	3	147.939	58.93	41.07	9.90
200	3	189.341	47.44	52.56	7.74

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 19-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (w/h)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	5	99.888	72.28	27.72	14.67
70	5	112.581	68.74	31.26	13.01
80	5	125.273	65.23	34.77	11.70
90	5	137.965	61.69	38.31	10.62
100	5	150.657	58.18	41.82	9.73
110	5	163.350	54.65	45.35	8.97
120	5	176.042	51.13	48.87	8.32
130	5	188.734	47.58	52.42	7.76
150	5	214.119	40.53	59.47	6.84
200	5	277.581	22.94	77.06	5.28

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 20-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	12	191.693	46.78	53.22	7.64
70	12	219.687	39.01	60.99	6.67
80	12	247.680	31.26	68.74	5.92
90	12	275.673	23.46	76.54	5.31
100	12	303.666	15.70	84.3	4.82
110	12	331.659	7.93	92.07	4.42
120	12	359.653	1.29	98.71	4.12
130	12	387.646	0	100	0
150	12	443.632	0	100	0
200	12	583.598	0	100	0

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

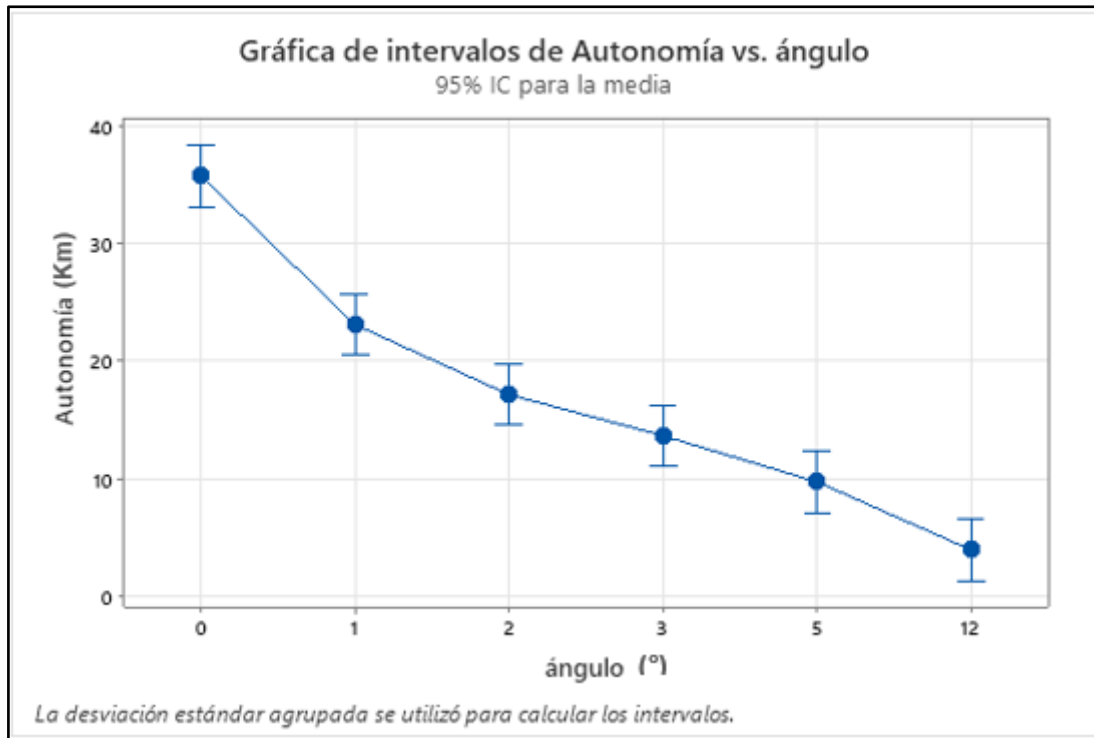
Al igual que en el análisis anterior también se realiza el análisis ANOVA en el software Minitab, con los datos obtenidos en la tabla 21-3 se puede concluir que el scooter eléctrico con una batería de 36V 10Ah en las condiciones de ruta plana o pendiente 0, ofrecerá una autonomía media de 35.75 km, se lo puede observar en el gráfico 9-3.

**Tabla 21-3.** Medias de autonomía para batería de 36V 10Ah.

<b>ángulo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
0	10	35.75	5.15	(33.14; 38.37)
1	10	23.09	5.10	(20.47; 25.70)
2	10	17.13	4.36	(14.51; 19.74)
3	10	13.63	3.74	(11.01; 16.24)
5	10	9.690	2.876	(7.075; 12.305)
12	10	3.890	2.878	(1.275; 6.505)

Desv.Est. agrupada = 4.12481

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Gráfico 9-3.** Análisis ANOVA batería 36V 10Ah.

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En las tablas 22-3, 23-3, 24-3, 25-3, 26-3, 27-3 se presentan los resultados de la tercera batería de 36 V y 15.6 Ah de: energía consumida, porcentaje de descarga, según el peso aplicado y el ángulo de ascenso de pendiente, de tal manera que se logra obtener la autonomía de la batería en km.

**Tabla 22-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 0°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso (°)	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	0	33.628	94.01	5.99	67.90
70	0	35.277	93.72	6.28	64.76
80	0	36.925	93.44	6.56	62.00
90	0	38.574	93.14	6.86	59.29
100	0	40.223	92.84	7.16	56.80
110	0	41.872	92.55	7.45	54.59
120	0	43.521	92.25	7.75	52.48
130	0	45.170	91.96	8.04	50.58
150	0	48.468	91.37	8.63	47.13
200	0	56.712	89.89	10.11	40.23

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 23-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 1°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	1	46.896	91.65	8.35	48.71
70	1	50756	90.97	9.03	45.04
80	1	546164	90.28	9.72	41.84
90	1	58.477	89.60	10.4	39.11
100	1	62.337	88.92	11.08	36.71
110	1	66.197	88.23	11.77	34.55
120	1	70.058	87.53	12.47	32.61
130	1	73.918	86.86	13.14	30.95
150	1	81.638	85.48	14.52	28.01
200	1	100.940	82.04	17.96	22.64

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 24-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 2°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (w/h)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	2	60.160	89.30	10.7	38.01
70	2	66.231	88.22	11.78	34.52
80	2	72.302	87.13	12.87	31.60
90	2	78.373	86.05	13.95	29.15
100	2	84.444	84.97	15.03	27.06
110	2	90.515	83.89	16.11	25.25
120	2	96.586	82.81	17.19	23.66
130	2	102.657	81.73	18.27	22.26
150	2	114.799	79.57	20.43	19.91
200	2	145.154	74.16	25.84	15.74

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 25-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 3°.

<b>Peso total (kg)</b>	<b>Ángulo de ascenso</b>	<b>Energía consumida (wh)</b>	<b>SOC (%)</b>	<b>Porcentaje de descarga (%)</b>	<b>Autonomía (km)</b>
60	3	73.416	86.93	13.07	31.12
70	3	81.697	85.46	14.54	27.97
80	3	89.977	83.99	16.01	25.40
90	3	98257	82.52	17.48	23.27
100	3	106.538	81.04	18.96	21.45
110	3	114.818	79.56	20.44	19.90
120	3	123.098	78.09	21.91	18.56
130	3	131.379	76.61	23.39	17.39
150	3	147.939	73.67	26.33	15.45
200	3	189.341	66.30	33.7	12.07

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 26-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 5°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (w/h)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	5	99.888	82.23	17.77	22.89
70	5	112.581	79.97	20.03	20.30
80	5	125.273	77.70	22.3	18.24
90	5	137.965	75.45	24.55	16.57
100	5	150.657	73.17	26.83	15.16
110	5	163.350	70.92	29.08	13.99
120	5	176.042	68.68	31.32	12.99
130	5	188.734	66.41	33.59	12.11
150	5	214.119	61.88	38.12	10.67
200	5	277.581	50.62	49.38	8.24

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

**Tabla 27-3.** Análisis de autonomía con ángulo de ascenso de 12°.

Peso total (kg)	Ángulo de ascenso	Energía consumida (wh)	SOC (%)	Porcentaje de descarga (%)	Autonomía (km)
60	12	191.693	65.88	34.12	11.92
70	12	219.687	60.91	39.09	10.40
80	12	247.680	55.92	44.08	9.23
90	12	275.673	50.91	49.09	8.28
100	12	303.666	45.95	54.05	7.52
110	12	331.659	40.98	59.02	6.89
120	12	359.653	36.00	64	6.35
130	12	387.646	31.05	68.95	5.90
150	12	443.632	21.06	78.94	5.15
200	12	583.598	0	100	0

Realizado por: Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Al igual que en el análisis anterior también se realiza el análisis ANOVA en el software Minitab, con los datos obtenidos en la tabla 28-3 se puede concluir que el scooter eléctrico con una batería de 36V 15.6Ah en las condiciones de ruta plana o pendiente 0, ofrecerá una autonomía media de 55.58 km, se lo puede observar en el gráfico 10-3.

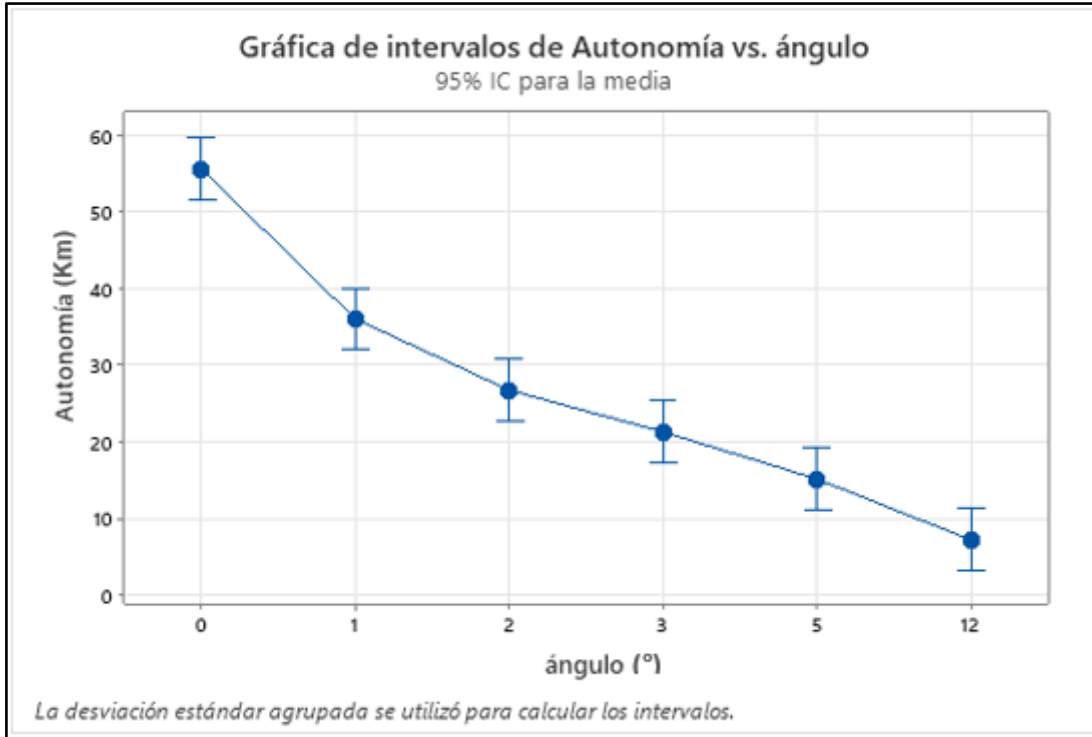
**Tabla 28-3.** Medias de autonomía para batería de 36V 15,6Ah.

ángulo	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0	10	55.58	8.40	(51.53; 59.63)
1	10	36.02	7.95	(31.97; 40.07)

2	10	26.72	6.80	(22.67; 30.77)
3	10	21.26	5.83	(17.21; 25.31)
5	10	15.12	4.49	(11.07; 19.17)
12	10	7.16	3.27	(3.11; 11.21)

Desv.Est. agrupada = 6.38849

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.



**Gráfico 10-3.** Análisis ANOVA batería 36V 15.6Ah.

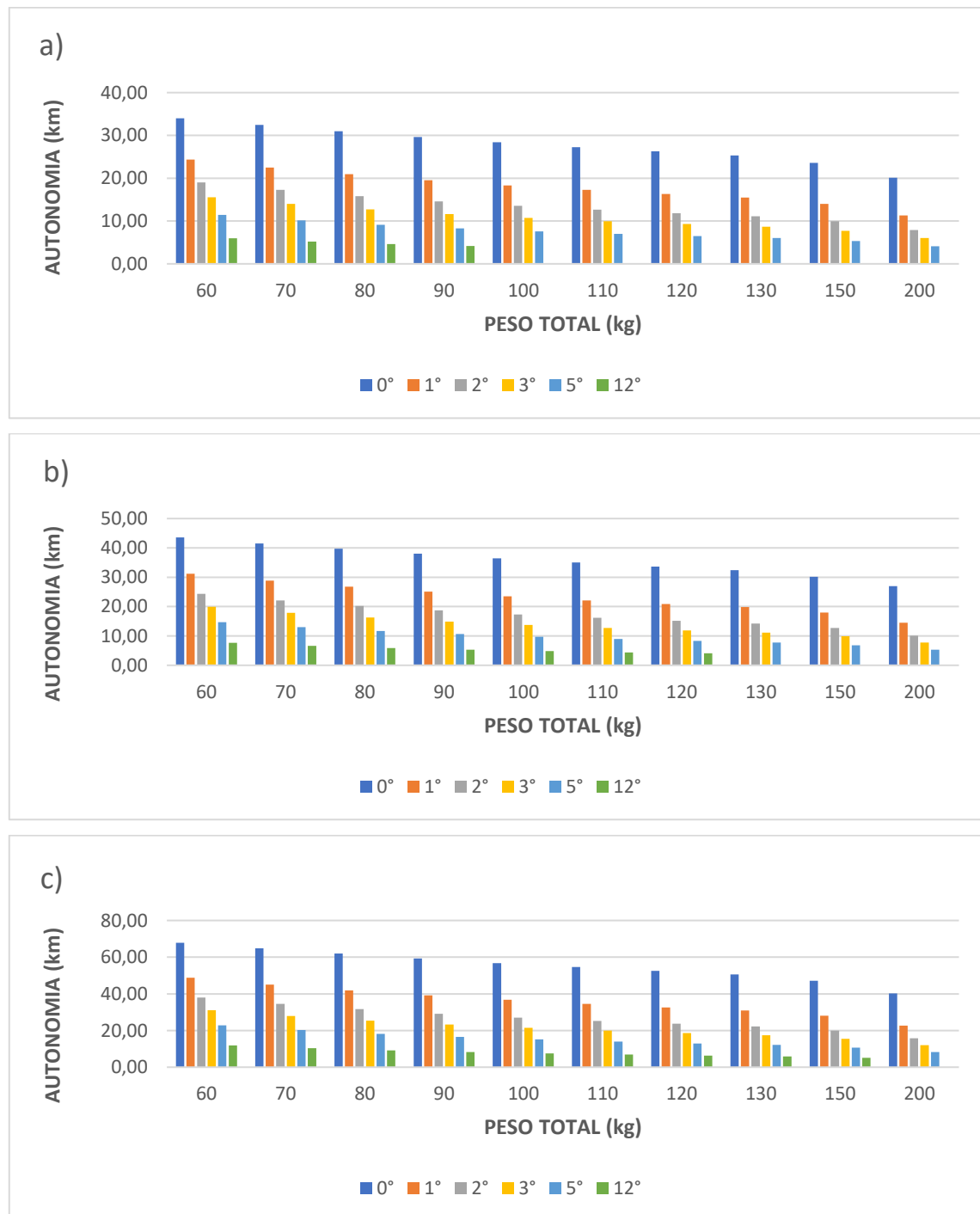
**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

### 3.10 Discusión de resultados de la autonomía de baterías

En el gráfico 11-3 de barras se representa la autonomía que tendrá el scooter con cada uno de los tres tipos de batería y con los 10 diferentes pesos analizados al finalizar un ciclo de conducción, que para este proyecto fue el (ECE R15 – Full Velocity), el cual cumple con las características de velocidad máxima para las características del scooter, coincidiendo con la conclusión de Tuan et al., (2020), en su investigación que comenta que para el análisis de autonomía para scooters eléctricos se estudian en los ciclos de conducción ECE 15, ECE R15, WMTC y en los ciclos de conducción reales. La tendencia de la autonomía de las baterías es mayor con una superficie totalmente horizontal, ya que el motor realiza un menor esfuerzo para lograr el desplazamiento y por ende el consumo de batería es menor. Al aumentar los ángulos de pendiente el motor requiere mayor esfuerzo para lograr el desplazamiento por lo tanto consume más porcentaje de carga.



También se puede observar que la autonomía disminuye con el peso, Ganesh Murali et al., (2021) concluye que el rendimiento del motor y la batería varían debido a la carga aplicada, coincidiendo así con este análisis ya que a medida que aumenta el peso del usuario genera mayor resistencia al motor para su desplazamiento lo que hace que se necesite mayor potencia y por lo tanto mayor consumo de batería.



**Gráfico 11-3.** Autonomía a diferentes ángulos de pendiente y pesos, Batería 36V-7.8Ah a), Batería 36V-10Ah b) y Batería 36V-15.6Ah c).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

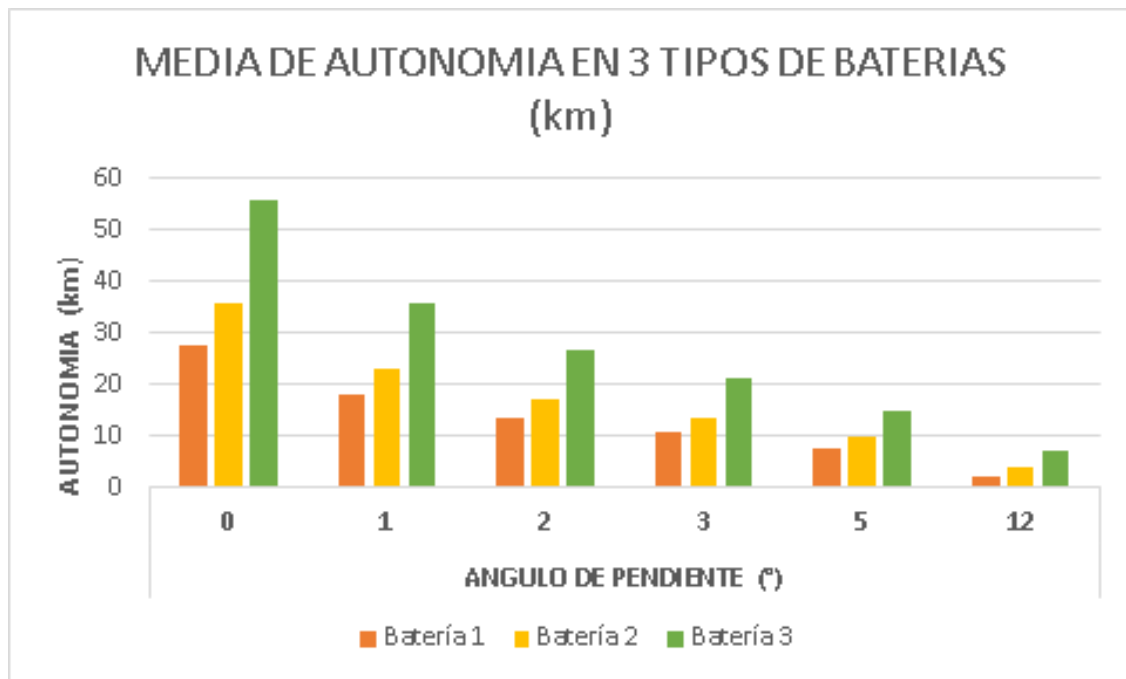
En la tabla 29-3 se representa la autonomía media calculada, en la cual se evidencia que existe diferencias significativas entre las tres opciones de baterías, siendo la batería 3 de 36V 15.6Ah la de mejor resultado para cada ángulo de pendiente analizado, ofreciendo la mayor autonomía con 55.58 km en una superficie totalmente horizontal. Además, se aprecia que al aumentar el amperaje de la batería se aumenta significativamente la autonomía.

**Tabla 29-3.** Análisis de diferencias significativas.

N° de Batería	Ángulo	Media (km)
Batería 1	0	27.79
Batería 2	0	35.75
Batería 3	0	55.58
Batería 1	1	18.01
Batería 2	1	23.09
Batería 3	1	36.02
Batería 1	2	13.36
Batería 2	2	17.13
Batería 3	2	26.72
Batería 1	3	10.629
Batería 2	3	13.63
Batería 3	3	21.26
Batería 1	5	7.556
Batería 2	5	9.69
Batería 3	5	15.12
Batería 1	12	1.991
Batería 2	12	3.89
Batería 3	12	7.16

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

En la gráfica de barras 12-3, se representa la comparación de los promedios para cada uno de los tres tipos de baterías, entendiéndose así que la batería mientras más amperios hora tenga mayor será su autonomía.



**Gráfico 12-3.** Promedio de autonomía a diferentes ángulos de pendiente y pesos, Batería 36V-7.8Ah 1), Batería 36V-10Ah 2) y Batería 36V-15.6Ah 3).

**Realizado por:** Valdivieso Valdivieso, Christian & Salamea Ortega, Luis, 2021.

Para comprobar la fiabilidad de nuestra simulación del tren de potencia para el scooter eléctrico, se procede a realizar una comparación de datos de autonomía, con los modelos de scooter ofrecidos en el mercado que se presentaron en el capítulo 2 y así verificar que porcentaje de coincidencia presentan nuestros resultados con los ofertados por los fabricantes de scooter, cabe recalcar que la simulación de tren de potencia trabaja con la masa total del scooter y el usuario por lo tanto la suma de los dos será el peso con el que se realizará la comparación.

El primer scooter con un peso de 13.5 kg y una batería de 36V-7.8Ah ofrece una autonomía de 25 km con una carga de 70 kg en una superficie horizontal, por lo tanto, el peso con el que se debe comparar es de 83.5 kg, que presenta 30.97 km de autonomía obteniendo un aumento del 19.27% según el resultado obtenido en la simulación con las mismas condiciones. El segundo scooter con un peso de 20 kg y batería de 36V-10Ah ofrece una autonomía de 35 km con una carga de 70 kg en una superficie horizontal, dando como peso de comparación 90 kg, que presenta 38.01 km de autonomía obteniendo un aumento del 7.92% según el resultado obtenido bajo las mismas condiciones de estudio. De igual forma, para el tercer scooter con peso de 20 kg y batería de 36V-15.6Ah el fabricante ofrece una autonomía de 65 km con una carga de 70 kg con una superficie horizontal, dando como peso de comparación 90 kg, que presenta una autonomía de 59.29 km obteniendo un decremento del 8.78% según los resultados obtenidos en la simulación. De esta manera se verifica que este modelo matemático está apegado a la realidad. Moreno,

(2015), realiza un análisis similar, con la diferencia de que es un scooter tipo motoneta vespa con una batería de 48V y 40 Ah, al realizar la comparación con los valores ofrecidos por el fabricante, el cual dice que luego de un ciclo de conducción la carga de la batería se mantiene en 89.2%, en su investigación obtiene que después del ciclo de conducción la batería mantiene el 88.5% de carga, con lo que se puede observar que la simulación se acerca a la realidad.

## CONCLUSIONES:

Este trabajo muestra una metodología de diseño estructural y tren de potencia para un scooter eléctrico con la finalidad de entregar análisis estructurales, análisis aerodinámicos, ergonómicos, análisis energéticos y planos del modelo que pueden servir para una futura construcción.

- Se analizó el comportamiento estructural de las tres alternativas de chasis planteadas con el software Ansys 19.2, con el cual se concluye que la alternativa 3 es la mejor de todas debido a que se consigue una masa de 5.5959 kg con el material de Aluminio Aleado 1060 y es aceptable según la deformación direccional obtenida con las cargas de 120 kg y 200 kg, presentando un resultado de 0.0107998 mm y 0.017998 mm respectivamente, de igual manera el esfuerzo de Von Mises obtenido para las mismas cargas es igual a 17.253 MPa y 28.756 MPa, estos resultados indican que la deformación es mínima para las cargas aplicadas sin llegar a 1 mm de deformación, así mismo el esfuerzo no sobrepasa el límite de cedencia del material que es igual a 280 MPa convirtiéndola en la mejor alternativa para el modelado final del scooter.
- Se modeló el sistema de dirección, suspensión delantera, tren de potencia y sistema de freno para el scooter eléctrico, con los cuales se obtiene una masa total de 15,35 kg sin asiento y de 16.77 kg con asiento, ya que el mismo es un accesorio que se puede poner o quitar dependiendo la necesidad del usuario, de tal manera que se puede concluir que se ha conseguido un diseño simple y práctico que proporciona un tamaño y una masa que permite al scooter ser transportado con una mano o guardado en la cajuela de un auto convencional y aparcarlo en cualquier lugar, ya que se encuentra dentro de un rango intermedio con sus competidores reales ofrecidos al mercado con similares características tanto en material, potencia y autonomía.
- Se analizó la ergonomía del scooter eléctrico mientras el conductor viaja sentado, tomando a tres personas con diferentes características, que según los límites obtenidos en el estudio Porter (1998) realizado en el software NX 1926 con una altura del asiento desde el soporte de 10 cm de alto, se concluye que no existe fatiga en las articulaciones durante el ciclo de conducción aplicado lo que demuestra la comodidad del modelo para diferentes tipos de personas tomando como punto base un humano de 5% (1.65 m) de altura y 68.88 kg de masa, para el cual la sección menos cómoda es la inferior compuesta por los muslos, pantorrillas, pie y tobillos, un humano de 50% (1.75 m) de altura y 77.95 kg de masa, siendo su parte menos cómoda los brazos y para un humano de 80% (1.87 m) y 88.85 kg de masa, su parte menos cómoda está en las pantorrillas, volviendo al scooter más cómodo para las personas más altas.
- Se realizó el análisis aerodinámico del scooter eléctrico en el software Solidworks 2021 y se obtuvo una fuerza de arrastre aerodinámico de 19.74 N, dato que al ser reemplazado en la

fórmula de coeficiente aerodinámico presenta un valor de 0.6086, también se obtiene un rango de presión entre 100345.43 Pa y 103766.77 Pa y la de velocidad no será alterada hasta los 46,79 m/s, resultados con los cuales se concluye que el scooter eléctrico tiene un  $c_d$  alto, no existen cambios de presión ya que es similar a la presión atmosférica y la velocidad del scooter no se verá afectada ya que la velocidad máxima es de 14 m/s.

- Se simuló el tren de potencia del scooter eléctrico en Matlab/Simulink, que está compuesto de 3 secciones que son: ciclo de conducción, dinámica del vehículo y por último el motor eléctrico y la autonomía de la batería. Con esta simulación se puede concluir que la autonomía del scooter, condicionada por: el peso total, pendiente de la calzada, el voltaje y la corriente de la batería, con un motor de 500 w de potencia tendrá mayor autonomía al utilizar una batería de 36V 15.6Ah, la cual presenta un promedio de 55.58 km utilizando el ciclo de conducción ECE R15 en una superficie totalmente horizontal.

## **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda utilizar el material Aluminio Aleado 1060, ya que ofrece una alta resistencia a la cedencia, disminuye la masa del chasis y es un material que se puede conseguir en el Ecuador.
- Para una futura tesis se puede optimizar el chasis del scooter, ya que la deformación y el esfuerzo producidos por las cargas aplicadas son mínimos, por esta razón se puede disminuir el peso y en caso de una construcción, dinero.
- Se recomienda utilizar el software Nx 1926 para realizar el análisis ergonómico ya que es el único que cuenta con este tipo de estudio y lo genera de una manera sencilla, didáctica, que es fácil de comprender y aplicar.
- Para el análisis estático se recomienda utilizar una malla de 6 mm o menos, ya que al utilizar una malla más grande se obtendrá valores más dispersos de la realidad.

## BIBLIOGRAFÍA:

- A, A.**, *Guía técnica: Baterías de scooter eléctrico*. [blog]. eciclos. [Consulta: 27 mayo 2021].  
Disponible en: <https://eciclos.cl/blogs/news/guia-tecnica-baterias-de-scooter-electrico>.
- ABULIFA, A.A., RAJA AHMAD, R.K., CHE SOH, A., RADZI, M.A.M. y HASSAN, M.K.**, Modelling and simulation of battery electric vehicle by using MATLAB-Simulink. *IEEE Student Conference on Research and Development: Inspiring Technology for Humanity, SCORED 2017 - Proceedings* [en línea], 2018, Janua, pp. 383-387. [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.1109/SCORED.2017.8305360. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8305360>.
- ACHARYA, B.B., DHAKAL, S., BHATTARAI, A. y BHATTARAI, N.**, PID speed control of DC motor using meta-heuristic algorithms. [en línea], 2021. vol. 12, no. 2, pp. 822-831. [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.11591/ijpeds.v12.i2.pp822-831. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Aayush-Bhattacharai-2/publication/352104587\\_PID\\_speed\\_control\\_of\\_DC\\_motor\\_using\\_meta-heuristic\\_algorithms/links/60b90b0da6fdcc22ead3ab6d/PID-speed-control-of-DC-motor-using-meta-heuristic-algorithms.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aayush-Bhattacharai-2/publication/352104587_PID_speed_control_of_DC_motor_using_meta-heuristic_algorithms/links/60b90b0da6fdcc22ead3ab6d/PID-speed-control-of-DC-motor-using-meta-heuristic-algorithms.pdf).
- AGUIRRE CHUNCHO, F.A. y ORTEGA CABRERA, J.E.**, *Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca*. S.l.: 2020. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18708>
- ALMELA, D.B.**, *El motor eléctrico en el sector automotriz : ¿ Debe SEAT apostar por él ?* [en línea]. S.l.: 2017. Universitat de Barcelona. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.comercioexterior.ub.edu/tesina/Proyectos16-17/primer\\_proyecto/Proyecto\\_BouDavid.pdf](https://www.comercioexterior.ub.edu/tesina/Proyectos16-17/primer_proyecto/Proyecto_BouDavid.pdf).
- ANDRADE-CASTAÑEDA, H.J., ARTEAGA-CÉSPEDES, C.C. y SEGURA-MADRIGAL, M.A.**, Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria* [en línea], 2017. vol. 18, no. 1, pp. 103-112. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 25005308. DOI 10.21930/rcta.vol18\_num1\_art:561. Disponible en: <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/561>.
- ASHHAD VERDEZOTO, T.Z., CABRERA MONTES, F.F. y ROA MEDINA, O.B.**, Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica* [en línea], 2020. vol. 21. [Consulta: 29 mayo 2021]. DOI <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5703/570363740001/html/index.html>.



- ASUNCION, R.B. y GALITA, W.M.**, Development of an Electric Tri-Wheel Scooter. *OALib* [en línea], 2015. vol. 02, no. 06, pp. 1-7. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 2333-9721. DOI 10.4236/oalib.1101558. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=68439>.
- AULA 21**, *Cómo funciona un motor eléctrico*. [blog]. aula21| Formación para la Industria. [Consulta: 27 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/como-funciona-un-motor-electrico/>.
- BAEK, K., LEE, H., CHUNG, J.H. y KIM, J.**, Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode? *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [en línea], 2021 vol. 90, no. December 2020, pp. 102642. [Consulta: 26 mayo 2021]. ISSN 13619209. DOI 10.1016/j.trd.2020.102642. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102642>.
- BALAGURU, S., NATARAJAN, E., RAMESH, S. y MUTHUVIJAYAN, B.**, Structural and modal analysis of scooter frame for design improvement. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2019. vol. 16, pp. 1106-1116. [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2019.05.202. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.202>.
- BIKELEC**, *Controlador*. [blog]. Bikelec. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.bikelec.es/blog/controlador/>.
- CARPIO, N.**, *Baterías de Ión-Litio. Ventajas e inconvenientes*. [blog]. Monsolar. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.monsolar.com/blog/baterias-de-ion-litio-ventajas-e-inconvenientes/>.
- CARS 12V**, *BATERIA ION LITIO PARA PATINETE 36V 10.4 AH*. [blog]. Cars 12V. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.cars12v.com/es/accesorios/451-bateria-ion-litio-para-patinete-36v-104-ah.html>.
- CHANG, C.-H. y HSIAO, S.-W.**, Concurrent Design Strategy in Modeling and Structure of Trash can research. [en línea], vol. 131, no. Icoi, pp. 227-233. 2017. [Consulta: 10 junio 2021]. DOI 10.2991/icoi-19.2019.126. Disponible en: <https://www.atlantispress.com/proceedings/icoi-17/25880054>.
- CHANG MA, J. y KUMAR DARSI, V.A.**, *Electric Kick Scooter* [en línea]. S.l.: 2020. Blekinge Institute of Technology. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://www.audi.pt/pt/web/pt/sustentabilidade/audi-electric-scooter.html>.
- CHEN, Y., MA, Y. y CHEN, H.**, State of charge and state of health estimation for lithium-ion battery through dual sliding mode observer based on AMESim-Simulink co-simulation. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* [en línea], 2018. vol. 10, no. 3. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 19417012. DOI 10.1063/1.5012602. Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5012602>.
- CHERGUI, H., NASRI, A. y KORHAN, K.**, NON-LINEAR BACKSTEPPING SPEED

CONTROL FORASIAN ELECTRIC SCOOTER USES H. [en línea], 2020. vol. 0, no. 1112-9867. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Abdelfatah-](https://www.researchgate.net/profile/Abdelfatah-Nasri/publication/348578507_Journal_of_Fundamental_and_Applied_Sciences_is_licensed_under_a_Creative_Commons_Attribution-NonCommercial_40_International_License_Libraries_Resource_Directory_We_are_listed_under)

[Nasri/publication/348578507\\_Journal\\_of\\_Fundamental\\_and\\_Applied\\_Sciences\\_is\\_licensed\\_under\\_a\\_Creative\\_Commons\\_Attribution-NonCommercial\\_40\\_International\\_License\\_Libraries\\_Resource\\_Directory\\_We\\_are\\_listed\\_under](https://www.researchgate.net/profile/Abdelfatah-Nasri/publication/348578507_Journal_of_Fundamental_and_Applied_Sciences_is_licensed_under_a_Creative_Commons_Attribution-NonCommercial_40_International_License_Libraries_Resource_Directory_We_are_listed_under).

**CHÉRREZ-ESCOBAR, J.M. y VILLACÍS-ESCOBAR, J.F., DISEÑO Y**

CONSTRUCCIÓN ERGONÓMICO DEL PROTOTIPO DEL ASIENTO DE UNA MOTOCICLETA DE 125CC DE CUATRO TIEMPOS DE MODELO TIPO SCOOTER.

[en línea], 2015. vol. 31, no. sup3.2. [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 0120-4157. DOI 10.7705/biomedica.v31i0.530. Disponible en:

<http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/4658>.

**CHOWDHURY, N., HOSSAIN, C.A., LONGO, M. y YAÏCI, W., Optimization of solar energy system for the electric vehicle at university campus in Dhaka, Bangladesh.**

*Energies* [en línea], 2018. vol. 11, no. 9, pp. 1-10. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en11092433. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/327657656\\_Optimization\\_of\\_Solar\\_Energy\\_System\\_for\\_the\\_Electric\\_Vehicle\\_at\\_University\\_Campus\\_in\\_Dhaka\\_Bangladesh](https://www.researchgate.net/publication/327657656_Optimization_of_Solar_Energy_System_for_the_Electric_Vehicle_at_University_Campus_in_Dhaka_Bangladesh).

**CHUN, S., SEONG, K., PARK, H., KIM, I. y KANG, S., Structure Vibration Analysis of Electric Scooter Frame.** [en línea], 2016. vol. 15, no. 1, pp. 116-121. [Consulta: 11 junio 2021]. DOI <http://dx.doi.org/10.14775/ksmpe.2016.15.1.116>. Disponible en:

<http://koreascience.or.kr/article/JAKO201615952962774.page>.

**COMUNICACIÓN, F., La calidad de los combustibles del Ecuador no supera la norma Euro 2.** [blog]. Acelerando. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en:

<https://acelerando.com.ec/calidad-de-los-combustibles-del-ecuador-no-superan-la-norma-euro-2/#:~:text=Los motores de los vehículos,tecnología Eu>.

**CRIADO-SÁNCHEZ, C., Motor eléctrico en rueda.** [blog]. *Movilidad Eléctrica*. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://movilidadelctrica.com/motor-electrico-en-rueda/>.

**DAGHERO, M.D., Proyecto Final Scooter Eléctrico.** *RIA* [en línea], 2019. vol. 0. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/xmlui/handle/20.500.12272/3857>.

**DH-2, Vespa eléctrica Todoterreno, Adultos de Las vespas eléctricas Plegables, con Motor 500W hasta 40Km / H, 36V / 15.6Ah.** *Amazon* [blog]. [Consulta: 01 agosto 2021].

Disponible en: [https://www.amazon.es/eléctrica-Todoterreno-Adultos-eléctricas-Plegables/dp/B099PBHGG6/ref=sr\\_1\\_3?\\_\\_mk\\_es\\_ES=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=scooter+electrico+motor+500w+36v&qid=1627105846&sr=8-3](https://www.amazon.es/eléctrica-Todoterreno-Adultos-eléctricas-Plegables/dp/B099PBHGG6/ref=sr_1_3?__mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=scooter+electrico+motor+500w+36v&qid=1627105846&sr=8-3).

**DOMINGUEZ., R., 3. Suspensiones vehiculares 3.1. Introducción.** [en línea], 2016. vol. 0, pp.

- 11-24. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en:  
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut73/anx1tut73.pdf>.
- EDEL, F., WASSMER, S. y KERN, M.**, Potential Analysis of E-Scooters for Commuting Paths. *World Electric Vehicle Journal* [en línea], 2021. vol. 12, no. 2, pp. 56. [Consulta: 24 mayo 2021]. DOI 10.3390/wevj12020056. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/350572266\\_Potential\\_Analysis\\_of\\_E-Scooters\\_for\\_Commuting\\_Paths](https://www.researchgate.net/publication/350572266_Potential_Analysis_of_E-Scooters_for_Commuting_Paths).
- EL UNIVERSO**, *La congestión vehicular en horas pico colapsa la circulación en Quito*. [blog]. El Universo. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en:  
<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/08/22/nota/7481736/congestion-vehicular-horas-pico-colapsa-circulacion-quito/>.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY**, La contaminación acústica es un problema importante, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. [blog]. *European Environment Agency*. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en:  
<https://www.eea.europa.eu/es/articles/la-contaminacion-acustica-es-un>.
- EZCURRA, S.A. y LEÓN, J.**, *Estudio aerodinámico de una motocicleta de competición* [en línea]. S.l.: 2017. Universidad Pública de Navarra. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://etd.adm.unipi.it/t/etd-11112013-095436/>.
- F.**, *Software de Simulación: Que es y Ejemplos (2021)*. [blog]. Software para Todo [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://softwareparatodo.com/software-de-simulacion/>.
- FADZLY, M.K., MUNIRAH, A., SHAYFULL, Z. y SAAD, M.S.**, Ergonomic study and static analysis for new design of electric scooter. *AIP Conference Proceedings* [en línea], 2017. vol. 1885. [Consulta: 30 mayo 2021]. ISSN 15517616. DOI 10.1063/1.5002270. Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5002270>.
- FRANCO, Á.**, DISEÑO Y ANÁLISIS, MEDIANTE EL MEF, DE UN CHASIS DE UN ESCÚTER ELÉCTRICO. [en línea], 2018. vol. 0. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7479>.
- FREDOH**, FREDOH 36V 10AH 21700 E-Bike Batería 10000mAh 10S 2P Batería de Litio Personalizable Batería Usada para Motores dentro de 750W para Scooters Bicicletas Eléctricas. *Amazon* [en línea]. 2021a. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en:  
[https://www.amazon.com/-/es/10000mAh-Personalizable-Scooters-Bicicletas-Eléctricas/dp/B098P6JKSQ/ref=sr\\_1\\_10?\\_\\_mk\\_es\\_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=FREDOH+36v+10aH&qid=1626717443&sr=8-10](https://www.amazon.com/-/es/10000mAh-Personalizable-Scooters-Bicicletas-Eléctricas/dp/B098P6JKSQ/ref=sr_1_10?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=FREDOH+36v+10aH&qid=1626717443&sr=8-10).
- FREDOH**, FREDOH 36V 7.8Ah batería de litio Smart Scooter Universal batería de litio batería recargable y reemplazo para Scooter eléctrico plegable M365 Scooter eléctrico, etc. *Amazon* [en línea]. 2021b. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en:  
<https://www.amazon.com/-/es/Universal-recargable-reemplazo-eléctrico->

plegable/dp/B095HQDTBT/ref=sr\_1\_26?\_\_mk\_es\_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=FREEDOH+36v+7.8aH&qid=1626717861&sr=8-26.

**FREEDOH**, FREEDOH 36V15.6Ah E-Bike batería de iones de litio de alta potencia batería de litio para bicicleta eléctrica modelo aviones herramientas eléctricas scooter incorporado 20A BMS con cargador 2A. *Amazon* [en línea]. 2021c. [Consulta: 25 julio 2021].

Disponible en: [https://www.amazon.com/-/es/bicicleta-eléctrica-herramientas-eléctricas-incorporado/dp/B08YMWLQWN/ref=sr\\_1\\_17?\\_\\_mk\\_es\\_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=bateria+freedoh+litio+36v+10a&qid=1626717112&sr=8-17](https://www.amazon.com/-/es/bicicleta-eléctrica-herramientas-eléctricas-incorporado/dp/B08YMWLQWN/ref=sr_1_17?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=bateria+freedoh+litio+36v+10a&qid=1626717112&sr=8-17).

**GANESH MURALI, J., AJITH, S., JOHNSON STEPHENRAJ, P., SANJAY, R. y SARAN KUMUR, S.T.**, Design and Development of a Motorized. *InTechOpen* [en línea], 2021. vol. 25, no. 6, pp. 617-626. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/4993/3987>.

**GANJAPURE, A., KAWALE, P., DESHPANDE, M. y PATIL, R.**, Design and Development of Compact Three-Wheeled Foldable Electric Moped. *International Journal of Engineering Research and technology*, [en línea], 2016. vol. V5, no. 05, pp. 390-395. [Consulta: 10 junio 2021]. DOI 10.17577/ijertv5is050442.

**GARCÍA NIETO, A.**, ICEX, España Exportación e inversión. Centrales Hidroeléctricas en Ecuador. *ICEX* [en línea], 2018. vol. 0, pp. 1-10. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2018786164.html?idPais=EC>.

**GÓMEZ-BASTAR, S.**, *Metodología de La Investigación* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf).

**GONZÁLES-TORRES, J.M.**, ¿Cuándo y cómo se inventó el patinete eléctrico? *Muy interesante* [blog]. [Consulta: 27 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades-motor/articulo/cuando-y-como-se-invento-el-patinete-electrico-921576180955>.

**GREEN E-MOTION**, *Compre 8 450W 24V De Ruedas Eléctrica Motor De Cubo Scooter Eléctrico Motor De Cubo Patín Eléctrico Motor De Cubo Para Maquinilla De Afeitar A 92,34 € Del Sarach1208 | Es.Dhgate.Com.* [blog]. DHgate. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://es.dhgate.com/product/8-quot-450w-24v-electric-wheel-hub-motor/393543703.html>.

**HOLLINGSWORTH, J., COPELAND, B. y JOHNSON, J.X.**, Are e-scooters polluters? the environmental impacts of shared dockless electric scooters. *Environmental Research Letters* [en línea], 2019. vol. 14, no. 8. [Consulta: 26 mayo 2021]. ISSN 17489326. DOI

- 10.1088/1748-9326/ab2da8. Disponible en:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2da8/meta>.
- HSIAO, S.-W. y HSU, Y.-H.**, Concurrent Design Strategy in Modeling and Structure of Electric Scooter for Young Disabilities. *KnE Social Sciences* [en línea], 2018. vol. 3, no. 10, pp. 1665-1679. [Consulta: 10 junio 2021]. DOI 10.18502/kss.v3i10.3501. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/Kne-Social/article/view/3501>.
- HSU, C.H., LIU, B.S., JHUANG, S.L. y LI, Y.C.**, The study of ergonomic evaluation and critical design factors for electric scooter. *2016 International Conference on Applied System Innovation, IEEE ICASI 2016*, [en línea] pp. 7-10. 2016. [Consulta: 30 mayo 2021]. DOI 10.1109/ICASI.2016.7539571.
- INEC**, Anuario de Estadísticas de Transporte. *Ecuador en cifras* [en línea], 2019. vol. 0. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en:  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica de Transporte/2019/2019\\_ANET\\_PPT.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2019/2019_ANET_PPT.pdf).
- IZQUIERDO MURILLO, J.F.**, *IMPORTACIÓN DE SCOOTERS ELÉCTRICOS DESDE CHINA Trabajo* [en línea]. S.l.: 2019. UDLA. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10453/1/UDLA-EC-TTEI-2019-01.pdf>.
- J&LILI, J&LILI** Scooter Eléctrico Adulto 500W E Scooter 35Km Scooter Eléctrico con Luz LED, Explosión Protegida 10 Pulgadas De Aire De Aire De Vacío 36V 10.4Ah Batería con Control De Aplicaciones. [en línea]. [Consulta: 01 agosto 2021]. Disponible en: [https://www.amazon.es/LILI-Eléctrico-Explosión-Protegida-Aplicaciones/dp/B09763QH7/ref=sr\\_1\\_18?\\_\\_mk\\_es\\_ES=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=scooter+electrico+motor+500w+36v&qid=1627105846&sr=8-18](https://www.amazon.es/LILI-Eléctrico-Explosión-Protegida-Aplicaciones/dp/B09763QH7/ref=sr_1_18?__mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=scooter+electrico+motor+500w+36v&qid=1627105846&sr=8-18).
- KHANDE, M.S., PATIL, A.S., ANDHALE, G.C. y SHIRSAT, R.S.**, Design and Development of Electric scooter. *International Research Journal of Engineering and Technology* [en línea], 2020. no. May. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 2395-0056. Disponible en: [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
- KISHORE, S., KARTHICK, P., HRITIK, B., SUDHANS, H. y VEERAMANIKANDAN, K.**, Design and Fabrication of Design and Fabrication of. [en línea], 2021. vol. 25, no. 5, pp. 3464-3470. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/4993/3987>.
- KUMAR, B., KHARE, N. y CHATURVEDI, P.K.**, Advanced battery management system using MATLAB/Simulink. *INTELEC, International Telecommunications Energy Conference (Proceedings)* [en línea], 2016. pp. 1-6. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 02750473. DOI 10.1109/INTLEC.2015.7572447. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7572447>.
- KUNRAY, KUNRAY** 24V/36V/48V/500W. [en línea]. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible

en:

[https://es.aliexpress.com/item/33009966109.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1661492cRp aGq2&algo\\_pvid=24eeaf9c-0a67-4779-a0a3-c5a1854f7b9f&algo\\_exp\\_id=24eeaf9c-0a67-4779-a0a3-c5a1854f7b9f-4](https://es.aliexpress.com/item/33009966109.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1661492cRp aGq2&algo_pvid=24eeaf9c-0a67-4779-a0a3-c5a1854f7b9f&algo_exp_id=24eeaf9c-0a67-4779-a0a3-c5a1854f7b9f-4).

**KURNIAWAN, E., RAHMAT, B., MULYANA, T. y ALHILMAN, J.**, Data analysis of Li-Ion and lead acid batteries discharge parameters with Simulink-MATLAB. *2016 4th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2016* [en línea], 2016. vol. 5, no. 2, pp. 0-4. [Consulta: 13 junio 2021]. DOI

10.1109/ICoICT.2016.7571959. Disponible en:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7571959>.

**KUSUMA SYA'BANA, Y.M., SANJAYA, K.H. y SVAHILAN, I.**, A preliminary design of electric scooter for sustainable tourist transportation. *Proceedings - 6th International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA 2018*, [en línea], 2019. pp. 28-33. [Consulta: 30 mayo 2021]. DOI 10.1109/ICSEEA.2018.8627126.

**LA HORA**, *Congestión vehicular, un problema en Ambato*. [blog]. La hora [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102082427/congestion-vehicular-un-problema-en-ambato>.

**LEE, J.Y., WOO, B.C., KIM, J.M. y OH, H.S.**, In-wheel motor design for an electric scooter. *Journal of Electrical Engineering and Technology* [en línea], 2017. vol. 12, no. 6, pp. 2307-2316. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 20937423. DOI

10.5370/JEET.2017.12.6.2307. Disponible en:

<http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201732663194100.pdf>.

**LEGUÍSAMO MILLA, J.C., LLANES CEDEÑO, E. y ROCHA HOYOS, J.**, Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito. *Enfoque UTE* [en línea], 2020. vol. 0, pp. 68-83. 2020. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoque.v11n1.500. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/338955783\\_Impacto\\_del\\_Ecodriving\\_sobre\\_las\\_emisiones\\_y\\_consumo\\_de\\_combustible\\_en\\_una\\_ruta\\_de\\_Quito\\_Impact\\_of\\_Ecodriving\\_on\\_fuel\\_emissions\\_and\\_consumption\\_on\\_road\\_of\\_Quito](https://www.researchgate.net/publication/338955783_Impacto_del_Ecodriving_sobre_las_emisiones_y_consumo_de_combustible_en_una_ruta_de_Quito_Impact_of_Ecodriving_on_fuel_emissions_and_consumption_on_road_of_Quito).

**LOMBARDI, G., BALDINI, S. y MANGANZI, M.**, *Approccio CFD allo studio aerodinamico di uno scooter* [en línea]. S.l.: 2015. Università degli Studi di Pisa. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://etd.adm.unipi.it/t/etd-11112013-095436/>.

**M., J. y SPUCH, M.**, *El motor de un coche eléctrico: tipos y funcionamiento*. [blog].

SoyMotor.com. [Consulta: 27 mayo 2021]. Disponible en:

<https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469>.

**MANSFIELD, N.J., MACKRILL, J., RIMELL, A.N. y MACMULL, S.J.**, Combined

- Effects of Long-Term Sitting and Whole-Body Vibration on Discomfort Onset for Vehicle Occupants. *ISRN Automotive Engineering*, vol. 2014, pp. 1-8. 2014. [Consulta: 27 mayo 2021]. ISSN 2314-6362. DOI 10.1155/2014/852607.
- MARIAN-ȘTEFAN, N., RALUCA-CRISTINA, P., ION, V., PETRE-MARIAN, N. y IONUȚ-DANIEL, S.**, Particular aspects concerning the design of a brushless DC electric motor driving a mini-scooter. *2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity, ICATE 2016 - Proceedings*, [en línea], 2016. vol. 0, pp. 0-5. [Consulta: 30 mayo 2021]. DOI 10.1109/ICATE.2016.7754712.
- MARTÍNEZ PERALTA, A., ULLOA DE SOUZA, R., MERCADO BAUTISTA, J. y OROBIO ARBOLEDA, T.**, Modelación de Motor/generador de corriente continua conexión independiente con MATLAB/SIMULINK. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020. vol. 6, pp. 361-377. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1607/3059>.
- MARTYANOV, A.S., SOLOMIN, E. V. y KOROBATOV, D. V.**, Development of control algorithms in MATLAB/Simulink. *Procedia Engineering* [en línea], 2015. vol. 129, pp. 922-926. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2015.12.135. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815040199>.
- MASON, H.**, *A comprehensive guide to electric scooter regulation practices* [en línea]. S.I.: 2019. KANSAS STATE UNIVERSITY. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2097/39655>.
- MEZA WEBER, F. y RAMOS MORALES, P.**, MODELO MATEMÁTICO MOTOR DC CONEXIÓN INDEPENDIENTE. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2015. vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. [Consulta: 2 junio 2021]. ISSN 1098-6596. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10257/1/UPS-GT001352.pdf>.
- MIRAFTABZADEH, S.M., LONGO, M. y FOIADELLI, F.**, Estimation Model of Total Energy Consumptions of Electrical Vehicles under Different Driving Conditions. *Energies* [en línea], 2021. vol. 14, no. 4, pp. 854. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 1996-1073. DOI 10.3390/en14040854. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349079944\\_Estimation\\_Model\\_of\\_Total\\_Energy\\_Consumptions\\_of\\_Electrical\\_Vehicles\\_under\\_Different\\_Driving\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/349079944_Estimation_Model_of_Total_Energy_Consumptions_of_Electrical_Vehicles_under_Different_Driving_Conditions).
- MORENO, A.**, Simulación y validación de un modelo de vehículo eléctrico para futuras aplicaciones en el ámbito militar. *Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar* [en línea], 2015. vol. 0, pp. 2014-2015. [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: <http://calderon.cud.uvigo.es/handle/123456789/76>.
- MTBPRO**, *Frenos de disco, discos y pastillas*. [blog]. mtbpro magazine. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.mtbpro.es/actualidad/frenos-de-disco-discos-y->





- POONSUK, J. y PONGYUPINPANICH, S.**, Design and estimation of state-charging applied for lithium-ion battery based on Matlab-Simulink. *2016 Management and Innovation Technology International Conference, MITiCON 2016* [en línea], 2017. pp. MIT176-MIT179. [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.1109/MITiCON.2016.8025222. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8025222>.
- QUISHPE GAIBOR, J.S.**, ANÁLISIS: HIDROELÉCTRICAS Y CALIDAD DE VIDA EN ECUADOR. *Eumed.net* [en línea], 2019. pp. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/hidroelectricas-calidad-vida.html>.
- RAPTOPOULOU, A., BASBAS, S., STAMATIADIS, N. y NIKIFORIADIS, A.**, A First Look at E-Scooter Users. *Advances in Mobility-as-a-Service Systems* [en línea], 2020. pp. [Consulta: 25 mayo 2021]. DOI 10.1007/978-3-030-61075-3\_85. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/345602382\\_A\\_First\\_Look\\_at\\_E-Scooter\\_Users](https://www.researchgate.net/publication/345602382_A_First_Look_at_E-Scooter_Users).
- RAWAT, A.**, Benefits of Buying an Electric Scooter. *Researchgate* [en línea], 2021. pp. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349919335\\_Benefits\\_of\\_Buying\\_an\\_Electric\\_Scooter](https://www.researchgate.net/publication/349919335_Benefits_of_Buying_an_Electric_Scooter).
- RECHKEMMER, S.K., ZHANG, W. y SAWODNY, O.**, Modeling of a Permanent Magnet Synchronous Motor of an E-Scooter for Simulation with Battery Aging Model. *IFAC-PapersOnLine* [en línea], 2017. vol. 50, no. 1, pp. 4769-4774. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 24058963. DOI 10.1016/j.ifacol.2017.08.956. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.956>.
- RINGER, K.D.**, Design and Performance Assessment of a Novel Electric Scooter. *UC Santa Cruz Electronic* [en línea], 2015. vol. 0. [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: <https://escholarship.org/uc/item/0jx2107r>.
- ROCHA-HOYOS, J.C., LLANES-CEDENO, E.A., CELI-ORTEGA, S.F. y PERALTA-ZURITA, D.C.**, Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. *Información tecnológica*, vol. 30, no. 3, pp. 137-146. 2019. [Consulta: 20 julio 2021]. DOI 10.4067/s0718-07642019000300137.
- RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, A. y PÉREZ JACINTO, A.O.**, Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. [en línea], no. 82, pp. 179-200. 2017. [Consulta: 30 junio 2021]. DOI <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>.
- ROJAS\_MONCAYO, M. V., CARABALLO-NÚÑEZ, M.A., ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, O.H. y VIVANCO-PINTA, S.**, Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Cedamaz* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 23-29. 2018. [Consulta: 29 mayo 2021]. ISSN 1390-5902. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/567%0Ahttps://revistas.unl.edu>.

ec/index.php/cedamaz/article/download/567/532.

**RUEDA JAIME, L.P.**, *DISEÑO DE UN MONOPLAZA ELÉCTRICO TIPO SCOOTER COMO MEDIO ALTERNATIVO DE TRANSPORTE URBANO* [en línea]. S.l.: 2017.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/38847/u808739.pdf?>

**SECURAME**, *Baterías de Li-Ion: Ventajas, desventajas, y mantenimiento*. [blog]. Securame.

[Consulta: 27 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.securame.com/blog/baterias-de-li-ion-ventajas-desventajas-y-mantenimiento/>.

**SEMENOV, A.S., KHUBIEVA, V.M. y KHARITONOV, Y.S.**, Mathematical modeling of static and dynamic modes DC motors in software package MATLAB. *2018 International Russian Automation Conference*, [en línea], 2018. pp. 1-5. [Consulta: 2 junio 2021]. DOI 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501666.

**SESA BALAJI, D.G., SHABEER AHAMED, S. y KIRUBAKARAN, D.**, Software development of electric scooter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], 2020. vol. 937, no. 1. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/937/1/012039.

**SHENOY, K.L. y KUMAR, M.S.**, Design topology and electromagnetic field analysis of Permanent Magnet Brushless DC motor for electric scooter application. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016* [en línea], pp. 1541-1545. 2016. [Consulta: 11 junio 2021]. DOI 10.1109/ICEEOT.2016.7754942. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7754942>.

**SUN, Y., LI, M. y LIAO, C.**, Analysis of wheel hub motor drive application in electric vehicles. *MATEC Web of Conferences* [en línea], 2017. vol. 100, pp. 0-5. [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 2261236X. DOI 10.1051/mateconf/201710001004.

**TOLEDANO, I.**, *CONTROLADORES DE MOTOR*. [blog]. Wattco. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.wattco.com/es/2020/12/controladores-motor/#:~:text=Todo motor eléctrico%2C independientemente de,tipo de mecanismo de control.&text=El controlador de motor más,a la fuente de alimentación.>

**TOME, C.**, *Así funcionan las baterías de litio*. [blog]. Cuaderno de Cultura Científica. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://culturacientifica.com/2020/02/20/asi-funcionan-las-baterias-de-litio/>.

**TOYOTA ESPAÑA**, *¿QUÉ SON LAS EMISIONES NOX Y CÓMO AFECTAN AL MEDIOAMBIENTE? EL ÓXIDO DE NITRÓGENO ES UN GRAN ENEMIGO DE TU SALUD*. [blog]. Toyota Es. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.toyota.es/world-of-toyota/contaminacion-diesel/que-es-nox-como-afectarlo-toyota>.

- TUAN, V.T., KREUAWAN, S., SOMSIRI, P., TUNGPIMOLRUT, K. y HUY, P.N.**, Switched Reluctance Motor and Induction Machine for E-Scooter Based on Driving Cycles Design Comparisons. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering* [en línea], 2020. vol. 15, no. 6, pp. 931-938. [Consulta: 30 mayo 2021]. ISSN 19314981. DOI 10.1002/tee.23136. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tee.23136>.
- USTUN, O., TANC, G., KIVANC, O.C. y TOSUN, G.**, In pursuit of proper BLDC motor design for electric bicycles. *Proceedings - 2016 22nd International Conference on Electrical Machines, ICEM 2016*, [en línea], 2016. vol. 0, pp. 1808-1814. [Consulta: 10 junio 2021]. DOI 10.1109/ICELMACH.2016.7732769.
- VEGA PASCUAL, A.J.**, *Comparativa Entre Motores Brushed y Brushless* [en línea]. S.l.: 2019. Universidad Oberta de Cataluña. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/89945/3/antoniopascualvTFM0119memoria.pdf>.
- VÉLEZ SÁNCHEZ, J.G.**, *Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador* [en línea]. S.l.: 2017. Universidad de Cuenca. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27353>.
- VERMA, A., RAI, A., AMIT-KUMAR, A. y KAUR-CHANNID, H.**, Design and Simulation of Armature Controlled DC Motor using MATLAB. [en línea], 2021. vol. 8, no. 12, pp. 237-242. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Harpreet-Kaur-Channi/publication/351765306\\_Design\\_and\\_Simulation\\_of\\_Armature\\_Controlled\\_DC\\_Motor\\_using\\_MATLAB/links/60a81c7392851ca9dcd6c9c0/Design-and-Simulation-of-Armature-Controlled-DC-Motor-using-MATLAB.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Harpreet-Kaur-Channi/publication/351765306_Design_and_Simulation_of_Armature_Controlled_DC_Motor_using_MATLAB/links/60a81c7392851ca9dcd6c9c0/Design-and-Simulation-of-Armature-Controlled-DC-Motor-using-MATLAB.pdf).
- VIMALRAJ, S., SURESH KUMAR, G., THOMAS, S. y KANNAN, N.**, MATLAB/SIMULINK based simulations on state of charge on battery for electrical vehicles. *Journal of Green Engineering* [en línea], 2019. vol. 9, no. 2, pp. 255-269. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 22454586. Disponible en: <http://www.jgenng.com/wp-content/uploads/2019/09/9.pdf>.
- WANG, L. y WU, X.**, The simulation of design electric vehicle charging circuit. [en línea], 2016. no. Amitp, pp. 415-417. [Consulta: 11 junio 2021]. DOI 10.2991/amitp-16.2016.78. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-simulation-of-design-electric-vehicle-charging-Wang-Wu/2949df3473903fe27584496c1e18a3e149fd13c0>.
- YUNIARTO, M.N., RIJANTO, E. y MUKHLISIN, A.**, Design and Performance Analysis of Brushless Direct Current (BLDC) Motor Controller for Electric Scooter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], 2019. vol. 694, no. 1. [Consulta: 10

junio 2021]. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/694/1/012004. Disponible en:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/694/1/012004/pdf>.

**ZAVALA HERRERA, N.D.**, *ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES DE UNA UNIDAD EURO I, EURO II, EURO III, DEL TRANSPORTE URBANO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA* [en línea]. S.l.: 2020. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en:  
<http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/14278/1/65T00352.pdf>.

## ANEXOS:

### ANEXO A. ALGORITMO PARA CALCULAR LA ENERGÍA CONSUMIDA.

```
POTENCIASCOOTER.m* x +
1 - i=1;
2 - sum=0;
3 - while i<781
4 -     x=potelectrica(i,1);
5 -     sum=sum+x;
6 -     i=i+1;
7 - end
8 - energiawh=sum/(3600)
```

### ANEXO B. ALGORITMO PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A LA RODADURA.

```
F Resistencia a la rodadura x +
1 - function Frr = fcn(urr,m,g)
2 -
3 -     Frr= urr*m*g;
4 -
```

### ANEXO C. ALGORITMO PARA FUERZA DE ARRASTRE AERODINÁMICO.

```
F arrastre aerodinamico x +
1 - function Fad = fcn(p,A,Cd,v)
2 -
3 -     Fad = 1/2*p*A*Cd*v^2;
4 -
```

**ANEXO D. ALGORITMO PARA FUERZA DE ASCENSO A PENDIENTE.**

```
Fuerza de Ascenso a pendiente x +
1 function Fhc = fcn(m,g,theta)
2
3 - Fhc= m*g*sind(theta);
4
```

**ANEXO E. ALGORITMO PARA CALCULAR EL FACTOR DE MASA.**

```
MATLAB Function1 x +
1 function Ym = fcn(Ecaja,Edif)
2
3 - Ym = 1.04+0.0025*(Ecaja*Edif)^2;
4
```

**ANEXO F. ALGORITMO PARA CALCULAR LA FUERZA NETA.**

```
C'alculo Fuerza neta x +
1 function Fneta = fcn(Ym,a,m)
2
3 - Fneta = (Ym*a*m);
4
```

**ANEXO G. ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA MECÁNICA.**

```
MATLAB Function1 x Potencia x +
1 function Pot = fcn(Fneta,Fhc,Fad,Frr,V)
2
3 - Pot=(Fneta+Fhc+Fad+Frr)*V;
4
```

**ANEXO H. ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA FINAL MECÁNICA.**

```
MATLAB Function5 x +
1 function Potf = fcn(Pot)
2
3 - Potf=Pot*0.95;
4
5
```

**ANEXO I. ALGORITMO PARA CALCULAR LA POTENCIA ELÉCTRICA.**

```
Potencia electrica x +
1 function Potelec = fcn(Potmec,efi)
2
3 - Potelec = Potmec/efi;
4
```

**ANEXO J. ALGORITMO PARA CALCULAR LA CORRIENTE.**

```
Corriente x +
1 function I = fcn(Potelec)
2
3 - I = Potelec/36;
4
```

**ANEXO K. PLANOS PARA DISEÑO DE SCOOTER ELÉCTRICO.**