

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DISEÑO AERODINÁMICO DEL CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA FABRICADA EN LA UISEK

Lenin Joseph Trujillo Tinizaray

Notas de Autor

Lenin Joseph Trujillo Tinizaray, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas,

Universidad Internacional SEK

Director: Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

ltrujiillo.mec@uisek.edu.ec

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Lenin Joseph Trujillo Tinizaray, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1750251561, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

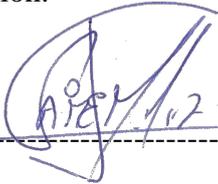


Lenin Joseph Trujillo Tinizaray

C.I.: 1750251561

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

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



M. Sc. Jaime Vinicio Molina Osejos

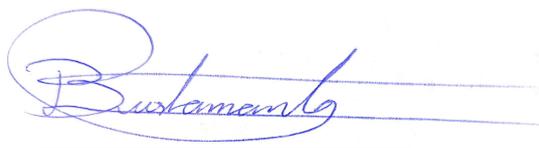
CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

LOS PROFESORES INFORMANTES:

ELI BENJAMÍN FALCÓN CÁRDENAS

DIEGO FERNANDO BUSTAMANTE VILLAGOMEZ

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



Ing. Eli Benjamín Falcon Cárdenas

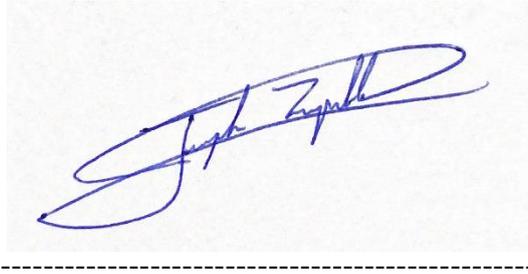
Ing. Diego Fernando Bustamante Villagómez

Quito, 19 de octubre de 2022

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lenin Joseph Trujillo Tinizaray', is written on a light-colored background. The signature is stylized and cursive. Below the signature is a horizontal dashed line.

LENIN JOSEPH TRUJILLO TINIZARAY

C.I.: 1750251561

Dedicatoria

El siguiente trabajo se lo dedico a mis padres y a mi hermano, ellos siempre han sido y serán los pilares fundamentales de mi vida Los valores y principios que me han inculcado, han sido imprescindibles para que yo pueda superar cualquier adversidad y haber sabido salir de situaciones difíciles. Todo el apoyo y amor incondicional del que me han rodeado a lo largo de toda mi vida y mi carrera han sido vitales para que yo pueda llegar a cumplir todas las metas que he alcanzado y lo seguirán siendo para que me siga desarrollando en un futuro como profesional. Todo el esfuerzo y sacrificio que he realizado y realizaré a lo largo de mi vida es por y para ellos.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a mi familia, por haberme dado la oportunidad de estudiar lo que más me apasiona en mi vida y por siempre haberme apoyado de forma incondicional a lo largo de toda mi carrera para que yo pueda formarme como un gran profesional

Quiero también agradecer de igual manera a todos mis amigos y profesores, especialmente al MsC. Jaime Molina y al MsC. Eli Falcón, por haberme compartido su conocimiento para permitirme formar como un ingeniero de excelencia y por brindar un gran apoyo y guía durante todo el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE

I. Introducción.....	1
Planteamiento del Problema	2
Variable Independiente	3
Variable Dependiente.....	3
Justificación.....	3
Delimitación Espacial	6
Objetivos	7
Objetivo del Estudio.....	7
Objetivos Específicos.....	7
II. Estado del Arte.....	7
2.1. Motocicleta Eléctrica.....	7
2.1.1. Motor Eléctrico	8
2.1.2. Baterías	10
2.1.3. Controlador	10
2.2. Carenado y Carrocería de la Motocicleta.....	11
2.2.1. Parabrisas	11
2.2.2. Carenado Frontal.....	11
2.2.3. Carenado Lateral.....	12
2.2.4. Guardabarros.....	13
2.2.5. Tanque.....	13
2.2.6. Quilla.....	14
2.2.7. Colín.....	15
2.3. Software CAE	15
2.3.1. Modelamiento 3D	16
2.4. Análisis CFD.....	17
2.4.1. Aerodinámica de la Motocicleta	18
2.4.2. Propiedades del Fluido.....	18
2.4.3. Coeficiente y Fuerza de Arrastre	22
2.4.4. Fuerza de Sustentación	24
2.4.5. Ecuaciones de Navier Stokes	25
2.4.6. Influencia del Piloto en la Simulación.....	25
2.4.7. Simulación y Análisis en CFD.....	26
2.5. Fibra de Vidrio	27

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

2.5.1.	Propiedades de la Fibra de Vidrio.....	28
2.5.2.	Tipos de Fibra de Vidrio y sus Características	29
2.5.3.	Mezcla de Fibra de Vidrio y Resina	30
2.6.	Masilla Automotriz	31
2.7.	Lijas de Estearato	31
2.8.	Pistolas para Pintado	32
2.9.	Diluyente (Thinner).....	33
2.10.	Fondo de Relleno Automotriz	34
2.11.	Pintura Automotriz	34
2.12.	Barniz Automotriz	35
III.	Método	36
3.1.	Metodología Aplicada	36
3.2.	Diseño del Modelo CAD.....	37
3.3.	Creación de Dummy para la Simulación del Modelo Original	39
3.4.	Configuración del Túnel de Viento del Modelo Original	43
3.5.	Diseño del Carenado con el Chasis Modificado	53
3.6.	Configuración del Túnel de Viento para las Propuestas de Carenado 1, 2 y 3	59
3.7.	Condiciones del Fluido para la Simulación en CFD	59
3.8.	Construcción del Carenado	62
IV.	Presentación, análisis y discusión de resultados	72
4.1.	Simulación del Carenado Frontal Propuesta 1	72
4.2.	Simulación del Carenado Frontal Propuesta 2	74
4.3.	Simulación del Carenado Frontal Propuesta 3	76
4.4.	Interpretación de Resultados de Simulación Aerodinámica	78
4.5.	Simulación del Desempeño Aerodinámico de la Motocicleta Original	80
4.6.	Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 1	85
4.7.	Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 2	90
4.8.	Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 3	96
4.9.	Selección del Diseño del Carenado	102
4.10.	Construcción del Carenado.....	104
4.10.1.	Construcción de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor	104
4.10.2.	Construcción de los Paneles Laterales del Carenado.....	108
4.10.3.	Construcción del Carenado Frontal	112
4.10.4.	Aplicación de Pintura y Adaptación del Guardabarros Frontal	115
4.10.5.	Adaptación de la Cola de la Motocicleta	117

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

4.10.6. Montaje y Armado de la Motocicleta	120
4.11. Discusión de Resultados	122
V. Conclusiones.....	132
VI. Recomendaciones	135
VII. Referencias Bibliográficas	139
Anexos	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Funcionamiento de un Motor Eléctrico de CA.....	8
Figura 2	Motor Eléctrico con Mecanismo de Cadena	9
Figura 3	Motor Incorporado en la Rueda de la Motocicleta.....	10
Figura 4	Parabrisas de la Motocicleta (BMW 1000RR).....	11
Figura 5	Carenado Frontal de la Motocicleta	12
Figura 6	Carenado Lateral de la Motocicleta.....	12
Figura 7	Guardabarros de la Motocicleta.....	13
Figura 8	Tanque de la Motocicleta	14
Figura 9	Quilla de la Motocicleta	14
Figura 10	Colín de la Motocicleta	15
Figura 11	Arrastre Aerodinámico y Resistencia a la Rodadura vs. Velocidad en una motocicleta tipo "Enduro".....	23
Figura 12	Fuerza de Sustentación (FL) y Fuerza de Resistencia al Avance (FD).....	24
Figura 13	Posición del piloto en diferentes tipos de motocicletas y aporte al área frontal por parte del piloto	26
Figura 14	Pistola para Pintado Automotriz.....	32
Figura 15	Chasis y Estructura Original de la Motocicleta Eléctrica de la UISEK	37
Figura 16	Modelo 3D de la Motocicleta Original.....	38
Figura 17	Modelo 3D Simplificado de la Motocicleta Original	39
Figura 18	Modelo del Dummy Base para Simulación.....	41
Figura 19	Dimensionamiento del Dummy en base a las normativas DIN 33402 y NTE INEN 2669.....	42
Figura 20	Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado con el Dummy	43
Figura 21	Geometría Validada de la Mitad del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado	44
Figura 22	Superficies Creadas con Herramienta "Subtract" de la Motocicleta Original sin Carenado	44
Figura 23	Superficies Creadas con Herramienta "Subtract" de la Motocicleta Original sin Carenado	45
Figura 24	Túnel de Viento de la Motocicleta Original sin Carenado	46
Figura 25	Configuración del "Reference Frame" de la Rueda Trasera de la Motocicleta.....	47
Figura 26	Configuración de las Paredes del Túnel de Viento de la Motocicleta sin Carenado	48
Figura 27	Configuración de las Paredes del Túnel de Viento de la Motocicleta sin Carenado	49
Figura 28	Configuración de las Condiciones de Borde en las Superficies de la Motocicleta sin Carenado.....	49
Figura 29	Configuración de las Zonas de Refinamiento alrededor de la Motocicleta sin Carenado	50
Figura 30	Configuración de las Superficies a las que se aplicará un Mallado de Superficie ..	51
Figura 31	Configuración de las Superficies para aplicación de Capas Límite	52
Figura 32	Chasis Modificado de la Motocicleta	54
Figura 33	Ángulo de Impacto de la Primera Propuesta de Carenado Frontal	56

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 34 Modelo 3D de la Motocicleta con la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	56
Figura 35 Ángulo de Impacto de la Segunda Propuesta de Carenado Frontal	57
Figura 36 Modelo 3D de la Motocicleta con la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	57
Figura 37 Ángulo de Impacto de la Tercera Propuesta de Carenado Frontal.....	58
Figura 38 Modelo 3D de la Motocicleta con la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	58
Figura 39 Configuración de los Parámetros del Fluido utilizado para la Simulación CFD ...	62
Figura 40 Creación del Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor	64
Figura 41 Molde de Espuma del Carenado Lateral de la Motocicleta.....	65
Figura 42 Lijado de la Superficie del Molde de Espuma del Carenado Lateral	66
Figura 43 Aplicación de Fibra de Vidrio en el Molde del Carenado Lateral de la Motocicleta	67
Figura 44 Superficie del Carenado Lateral preparada para la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz.....	68
Figura 45 Superficie del Carenado Lateral con la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz.....	69
Figura 46 Aplicación de Masilla Roja Automotriz sobre el Guardabarros Frontal.....	69
Figura 47 Carenado Lateral Izquierdo con la Aplicación de 2 capas de Fondo de Relleno Automotriz.....	70
Figura 48 Aplicación de Pintura sobre la pieza del Carenado Lateral Izquierdo	71
Figura 49 Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	72
Figura 50 Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal Propuesta 1.....	73
Figura 51 Streamlines de Velocidad en la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal Propuesta 1.....	74
Figura 52 Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	75
Figura 53 Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	76
Figura 54 Streamlines de Velocidad en la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal	76
Figura 55 Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	77
Figura 56 Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal.....	78
Figura 57 Streamlines de Velocidad en la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal	78
Figura 58 Gráfica de Fuerza de Arrastre y Sustentación de la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal	79
Figura 59 Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado para la Simulación CFD.....	80
Figura 60 Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado	81

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 61 Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado	81
Figura 62 Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado	82
Figura 63 Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado	84
Figura 64 Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD.....	86
Figura 65 Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	86
Figura 66 Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	87
Figura 67 Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	87
Figura 68 Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	89
Figura 69 Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD.....	91
Figura 70 Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	92
Figura 71 Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	92
Figura 72 Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	93
Figura 73 Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	95
Figura 74 Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD.....	97
Figura 75 Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	98
Figura 76 Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	98
Figura 77 Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	99
Figura 78 Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	101
Figura 79 Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor	104
Figura 80 Aplicación de Fibra de Vidrio sobre el Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor	105
Figura 81 Aplicación de Masilla sobre la pieza de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor.....	105
Figura 82 Superficie de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor lista para la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz	106
Figura 83 Tapa de la Computadora de Gestión del Motor con la Aplicación de las Capas de Fondo de Relleno Automotriz.....	107

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 84 Aplicación de las Capas de Pintura y Barniz en la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor	107
Figura 85 Tapa de la Computadora de Gestión del Motor con Calcomanías	108
Figura 86 Preparación del Molde de Espuma del Carenado Lateral Izquierdo	109
Figura 87 Aplicación de Fibra de Vidrio sobre el Molde de Espuma del Carenado Lateral Izquierdo	109
Figura 88 Superficie del Carenado Lateral Derecho para la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz	110
Figura 89 Pieza del Carenado Lateral con la Aplicación de todas las capas de Fondo de Relleno Automotriz.....	110
Figura 90 Aplicación de Pintura y Barniz en el Carenado Lateral Izquierdo	111
Figura 91 Aplicación de Pintura y Barniz en el Carenado Lateral Derecho.....	111
Figura 92 Carenado Lateral Izquierdo con Calcomanías.....	112
Figura 93 Molde de Espuma del Carenado Frontal	113
Figura 94 Aplicación de la Fibra de Vidrio sobre el Molde de Espuma.....	113
Figura 95 Superficie del Carenado Frontal para Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz	114
Figura 96 Corrección de Fallas en el Carenado Frontal con Masilla Roja Automotriz.....	114
Figura 97 Pieza del Carenado Frontal con Calcomanías	115
Figura 98 Preparación del Guardabarros Frontal para la Aplicación de Pintura y Barniz ...	116
Figura 99 Guardabarros Frontal con Calcomanías	117
Figura 100 Motocicleta construida en el estudio "Diseño mediante Simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica"	118
Figura 101 Parte Superior de la Cola de la Motocicleta Honda modelo CB1 Star.....	119
Figura 102 Parte Inferior de la Cola de la Motocicleta Honda modelo CB1 Star	119
Figura 103 Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta.....	121
Figura 104 Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta.....	121
Figura 105 Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta.....	122
Figura 106 Aplicación de Fibra de Vidrio sobre la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor.....	130
Figura 107 Pieza del Carenado Lateral Derecho recubierta de Fibra de Vidrio	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventas de Motocicletas Eléctricas en el Ecuador en el año 2021	6
Tabla 2 Propiedades de los Diversos Tipos de Fibra de Vidrio.....	29
Tabla 3 Características de los Diversos Tipos de Pintura.....	35
Tabla 4 Dimensiones del Cuerpo Humano según la Normativa DIN 33402.....	40
Tabla 5 Dimensiones de la Zonas de Refinamiento alrededor de la Motocicleta sin Carenado	50
Tabla 6 Parámetros de las Simulaciones CFD	53
Tabla 7 Dimensiones de las Zonas de Refinamiento alrededor de las 3 Propuestas de Diseño de Carenado	59
Tabla 8 Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Motocicleta Original sin Carenado	83
Tabla 9 Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado.....	85
Tabla 10 Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	88
Tabla 11 Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado	90
Tabla 12 Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	94
Tabla 13 Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado	96
Tabla 14 Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	100
Tabla 15 Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado	102
Tabla 16 Comparación de los Coeficientes de Arrastre y Sustentación de los 3 Diseños de Carenado Propuestos.....	103
Tabla 17 Tabla Comparativa de los Coeficientes de Arrastre Promedio de la Motocicleta sin Carenado y las 3 Propuestas de Diseño de Carenado	125
Tabla 18 Tabla Comparativa de los Coeficientes de Arrastre de Diversas Motocicletas de Producción con el Piloto en Diferentes Posiciones de Manejo.....	127
Tabla 19 Tabla Comparativa de los Coeficientes de Sustentación Promedio de la Motocicleta sin Carenado y las 3 Propuestas de Diseño de Carenado.....	128

Resumen

En los últimos años, la industria automotriz se ha enfocado en el desarrollo y masificación de la movilidad eléctrica ante los retos climáticos a los que se enfrenta el planeta. Sin embargo, factores como los altos costos, la menor autonomía en comparación con los vehículos convencionales y la falta de infraestructura de estaciones de carga en los países como Ecuador, han hecho que muchos potenciales usuarios de transporte no opten por el uso de estas tecnologías. Estos problemas han provocado que los fabricantes encuentren en la aerodinámica y las simulaciones computacionales, herramientas que permitan optimizar al máximo la autonomía de sus vehículos y que reduzcan los costos de desarrollo y producción. El presente estudio se enfocó en diseñar y construir un carenado eficiente desde la perspectiva aerodinámica para una motocicleta eléctrica mediante el uso de softwares CAE y CAD, orientado hacia la reducción principalmente del coeficiente y fuerza de arrastre de esta. Los tres diseños planteados se enfocaron en la variación del ángulo de impacto del carenado frontal, considerándose ángulos de 38° , 42° y 36° , siendo el más eficiente, la geometría con 38° generando un coeficiente de arrastre de 0,6718. Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar la construcción del carenado en base a las dimensiones del modelo 3D con el uso de fibra de vidrio, consiguiéndose así piezas resistentes a fenómenos externos, a la par de ligeras que son adecuadas para su uso en una motocicleta.

Palabras clave: Simulación CFD, coeficiente de arrastre, coeficiente de sustentación, construcción, fibra de vidrio.

Abstract

In recent years, the automotive industry has focused on the development and massification of electric mobility in response to the climate challenges facing the planet. However, factors such as high costs, lower autonomy compared to conventional vehicles and the lack of charging station infrastructure in countries such as Ecuador, have prevented many potential transportation users from opting for the use of these technologies. These problems have led manufacturers to use aerodynamics and computer simulations as tools to optimize the autonomy of their vehicles and reduce development and production costs. The present study focused on designing and building an efficient fairing from the aerodynamic perspective for an electric motorcycle by using CAE and CAD software, oriented towards the reduction of its drag coefficient and drag force. The three designs proposed focused on the variation of the impact angle of the front fairing, considering angles of 38° , 42° and 36° , being the most efficient geometry with 38° generating a drag coefficient of 0.6718. With the results obtained, we proceeded to build the fairing based on the dimensions of the 3D model with the use of fiberglass, thus obtaining parts that are resistant to external phenomena, as well as light and suitable for use in a motorcycle.

Keywords: CFD simulation, drag coefficient, drag coefficient, lift coefficient, construction, fiberglass.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

I. Introducción

La movilidad eléctrica es una tendencia que ha dado grandes avances en el mundo en los últimos años, la región de América Latina en particular no ha dado grandes avances al momento en estas nuevas tecnologías, sin embargo, cuenta con un gran potencial debido a la producción de energías limpias en gran parte de los países que conforman esta región del mundo.

El Ecuador en particular es un país con un potencial mercado para la movilidad eléctrica puesto que la generación de electricidad proviene hasta en un 93% de hidroeléctricas lo cual implica que la energía empleada para la carga y utilización de este tipo de vehículos sea limpia y por ende la generación de emisiones sea prácticamente nula. En el país en los últimos años se han venido implementando una serie de proyectos y leyes que fomenten la adquisición de este tipo de vehículos. Tal es así, que desde el año 2018 se aprobó la “Ley de Promoción de la Producción”, la cual estipula que los vehículos tanto híbridos como eléctricos cuentan con 0% de Impuesto al Valor Agregado (IVA). (Gomis, G, 2019).

Los incentivos económicos lastimosamente no son motivo suficiente para la adquisición de vehículos o motocicletas eléctricas, ya que desde la perspectiva del consumidor existen otros problemas bastante limitantes y entre estos se encuentran la autonomía y la poca infraestructura de carga existente en el país. (Reyes-Campaña et al, 2021).) Es aquí donde la aerodinámica puede ser una herramienta muy útil que como se podrá observar más adelante en este estudio influye sobre el rendimiento y eficiencia en términos de consumo de energía de una motocicleta.

Por tales razones, en el presente estudio se busca diseñar y construir un carenado en fibra de vidrio que sea ligero, económico, resistente a fenómenos externos a la par de

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

eficiente desde un punto de vista aerodinámico con el fin de reducir en la medida de lo posible la fuerza de arrastre de la motocicleta.

Planteamiento del Problema

La movilidad eléctrica desde su aparición ha tenido un principal problema con respecto a la movilidad en vehículos con motores de combustión interna (MCI) y esta es la autonomía. Este factor como ya se mencionó previamente es clave desde la perspectiva del consumidor para adquirir uno de estos vehículos. Los fabricantes para lidiar con este problema han abordado diversas estrategias que van desde la creación de paquetes de baterías mucho más grandes, sistemas mucho más eficientes, la introducción de frenos regenerativos o hasta soluciones menos convencionales como la inclusión de remolques que brinden autonomía adicional al vehículo. Estas soluciones sin embargo no han sido definitivas para varios segmentos del mercado ya que por un lado un paquete de baterías más grande y el sistema de freno regenerativo puede aumentar considerablemente el costo del vehículo al igual que su peso y otras soluciones como la inclusión de un remolque no es del atractivo para todos los usuarios.

Es aquí donde la aerodinámica se ha incluido como una herramienta para ayudar a mejorar el desempeño de los vehículos eléctricos sin la necesidad de sistemas o elementos electrónicos adicionales que impliquen mayores costos. Un vehículo o una motocicleta que cuente con un buen diseño aerodinámico reducirá considerablemente su coeficiente y fuerza de arrastre, lo que hará que básicamente se requiera menos energía para que el vehículo “pase a través” del aire, contribuyendo así a mejorar la eficiencia energética. A partir de esto se plantea la siguiente interrogante en el estudio:

¿De qué manera incide el carenado de una motocicleta eléctrica sobre el rendimiento y desempeño de esta?

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Variable Independiente

Forma y área que representará el carenado en la motocicleta junto al piloto

Variable Dependiente

El coeficiente y fuerza de arrastre generado por la motocicleta a diversas velocidades.

Hipótesis

El diseño de un carenado eficiente desde la perspectiva aerodinámica en una motocicleta eléctrica ayudará a reducir la fuerza de arrastre necesaria en la motocicleta, mejorando así su eficiencia energética.

Justificación

Un diseño que proporcione un bajo arrastre aerodinámico es un factor fundamental para que un vehículo o una motocicleta atraviese con mayor facilidad el aire y por ende este pueda alcanzar altas velocidades con relativa facilidad. (Foale T, 2002)

El diseño orientado hacia la aerodinámica en las motocicletas no fue considerado hasta mucho tiempo después en comparación al de los automóviles. No fue hasta el año 1929 que realmente se comenzó a desarrollar motocicletas orientadas hacia la aerodinámica con el fin de alcanzar récords de velocidad. Los diseños creados en aquella época eran inspirados en una especie de “cola de pez” ya que estos permitían reducir potencialmente la sensibilidad de las motocicletas a los vientos cruzados, es aquí donde los fabricantes vieron por primera vez los beneficios de un carenado en una motocicleta. (Schuetz T, 2016)

En la actualidad, existen varios tipos de motocicletas con diferentes configuraciones de carenado, esto debido a que las mismas cuentan con diferentes potencias de motor ya que serán utilizadas para diferentes fines. En estas el tamaño, forma, posición del piloto y demás

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

elementos que existan en el carenado influirán en el desempeño aerodinámico de la motocicleta. (Schuetz T, 2016)

En este estudio al estar trabajando con una motocicleta eléctrica un carenado que brinda un bajo coeficiente de arrastre se vuelve imprescindible ya que con la tecnología actual la autonomía de los vehículos que cuentan con un motor eléctrico es inferior a la de los que cuentan con un motor de combustión interna (MCI). Esto provoca que sea necesario contar con un carenado que ayude a optimizar la autonomía con la que cuenta la motocicleta en este caso.

En los últimos años con un constante crecimiento del parque automotor eléctrico los fabricantes se han centrado en el desarrollo del factor aerodinámico de sus vehículos y motocicletas. Esto debido a que al tener una menor autonomía que un MCI, un bajo coeficiente de arrastre asegura que la motocicleta “se mueva a través del viento” con mayor facilidad, provocando así que reduzca su consumo de energía, ayudando a que se pueda aprovechar de mejor manera la cantidad de energía que se puede almacenar en las baterías de esta. (Vogel C, 2009)

En la industria automotriz la tecnología ha avanzado de forma notable a tal punto de que hoy en día se cuenta con la tecnología “Computational Fluid Dynamics” (CFD), la cual permite recrear de forma virtual el comportamiento e interacción de ciertos fluidos como el aire con la superficie de algún modelo en particular. Esta herramienta en los últimos años ha permitido a los fabricantes simular condiciones similares a los túneles de viento y de esta forma probar el desempeño aerodinámico de sus vehículos previo a realizarse esto ya dentro de un túnel de viento físico, permitiendo así ahorrar una gran cantidad de tiempo y recursos económicos.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

La tecnología CFD ha sido ampliamente aceptada dentro de la industria, aunque todavía no ha reemplazado por completo la utilización de los túneles de viento, pero si permite obtener resultados que se acerquen mucho a los que serían obtenidos al realizar ensayos físicos dentro de un túnel de viento de grandes dimensiones. (Schuetz T, 2016)

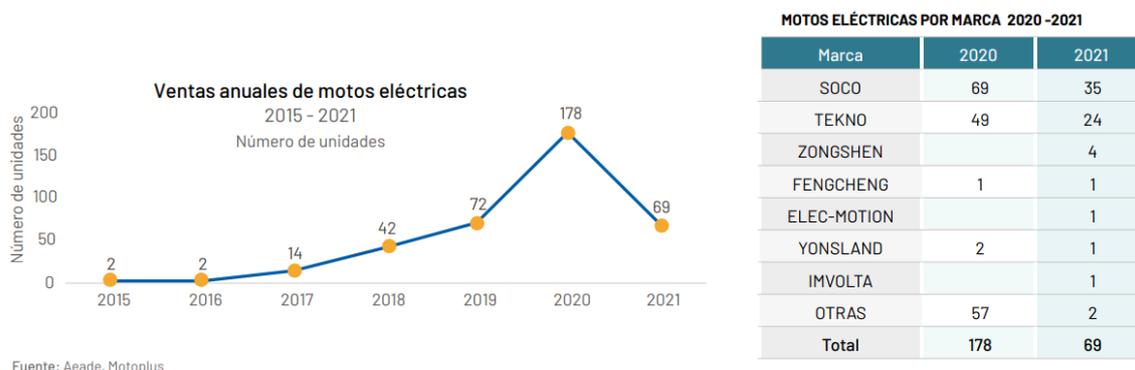
La movilidad eléctrica está en constante crecimiento en el mundo, principalmente en Europa en dónde cada vez existen más normativas que promueven la compra de este tipo de medios de transporte y a su vez determinan límites para la utilización de los combustibles fósiles. El Ecuador por su parte, aún no cuenta con un parque automotor eléctrico muy grande principalmente debido a la falta de información sobre los beneficios de la movilidad eléctrica y la casi inexistente infraestructura de carga. En el país existen alrededor de 34 electrolíneas que se encuentran concentradas en las ciudades de Quito y Guayaquil principalmente. (Diario La Hora, 2021)

Los automóviles eléctricos e híbridos representan aún mayores desafíos ya que los mismos cuentan con altos precios de venta lo cual dificulta aún más su adquisición. Por otra parte, las motocicletas eléctricas cuentan con precios mucho más asequibles, lo cual las puede hacer mucho más atractivas al consumidor. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDE), las ventas de motocicletas eléctricas han sido bajas, pero han estado en constante crecimiento hasta el año 2020 como se muestra en la tabla 1. (AEDE, 2021)

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tabla 1

Ventas de Motocicletas Eléctricas en el Ecuador en el año 2021



Nota. En la tabla se muestran las ventas anuales que han existido en el Ecuador desde el año 2015, especificando de igual forma la cantidad de unidades que se han vendido de cada marca Tomado de *Anuario AEDE 2021*, por Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDE), 2021, Editorial AEDE.

Esta tendencia aún cuenta con un desarrollo prematuro en el Ecuador, sin embargo, existe un mercado potencial para la utilización de vehículos y motocicletas eléctricas puesto que la producción de energía eléctrica en el país para el año 2021 proviene en un 93% de fuentes renovables, predominando en gran medida la utilización de recursos hídricos. (Ministerio de Energía y Recursos No Renovables del Ecuador, 2022). Esto es una gran oportunidad para la utilización de este tipo de medios de transporte puesto que además de no liberar emisiones al ambiente en su funcionamiento, utilizan energía limpia provocándose así un impacto positivo aún mayor de popularizarse el uso de estos.

Delimitación Espacial

La fibra de vidrio y la construcción del carenado se realizará en la ciudad de Quito, Pichincha. Las condiciones de la simulación en CFD de igual forma se desarrollarán en base

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

a las propiedades con las que cuenta el aire en esta ciudad, la cual se encuentra aproximadamente a los 2800 m. s. n. m.

Objetivos

Objetivo del Estudio

Diseñar el carenado de una motocicleta eléctrica mediante el uso de herramientas de diseño computacional CAD y CAE para la creación de un carenado ligero y eficiente desde el punto de vista aerodinámico.

Objetivos Específicos

1. Construir un modelo 3D del carenado de la motocicleta mediante el uso de los softwares Altair Inspire e Inspire Studio para su utilización en softwares de simulación con tecnología CFD.
2. Simular el comportamiento aerodinámico del carenado de la motocicleta mediante el uso de tecnología CFD con el fin de determinar el coeficiente de arrastre y desempeño aerodinámico del diseño propuesto.
3. Fabricar el carenado de la motocicleta mediante la utilización de fibra de vidrio para la creación de las piezas ligeras que se basen en el diseño desarrollado previamente en las herramientas de diseño computacional.

II. Estado del Arte

2.1. Motocicleta Eléctrica

La motocicleta eléctrica consiste en un vehículo de dos ruedas que utiliza un motor eléctrico como su medio de propulsión en lugar de un MCI. Esta requiere de una serie de componentes los cuáles se encargan de almacenar y gestionar la energía eléctrica y por ende de la impulsión de la motocicleta. Las propiedades y funcionamiento de los componentes principales se detallan brevemente a continuación:

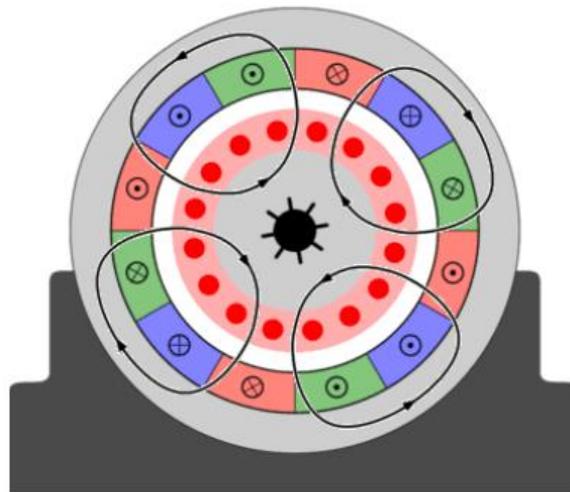
CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

2.1.1. Motor Eléctrico

Un motor eléctrico en esencia es una máquina que se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica con un principio de funcionamiento basado en los fenómenos electromagnéticos. Estos motores pueden ser tanto de corriente alterna como de corriente continua, aunque ambos funcionan de la misma manera. En estos motores se tiene una serie de polos y un elemento conductor en el centro, al momento que circula corriente a través del elemento conductor este al estar dentro de un campo magnético tenderá a seguir las líneas del campo magnético generando así un movimiento rotativo, el cual luego se transmite a las ruedas, el funcionamiento de este motor se lo puede apreciar en la figura 2. (Mayo Mendoza, B, 2011)

Figura 1

Funcionamiento de un Motor Eléctrico de CA



Nota. En la figura 1 se ilustra la orientación de los campos magnéticos que dan funcionamiento a un motor eléctrico de CA. Tomado de *Vehículos Eléctricos: Tecnología* [Ilustración], por Universidad de DelftX, 2022, (www.edx.com).

En la actualidad las motocicletas eléctricas se centran en un diseño para que sean del tipo utilitaria o “scooter”, esto ha dado lugar a diversas posiciones del motor en esta. En estos

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

vehículos el motor puede ir ubicado en la parte central de la motocicleta accionando la rueda trasera mediante un mecanismo de cadena, esto se lo puede apreciar en la motocicleta mostrada en la figura 3. La otra configuración de posicionamiento del motor es la incorporación del motor dentro de la rueda, como es el caso de este estudio como se puede observar en la figura 4, eliminando así el mecanismo previamente mencionado.

Figura 2

Motor Eléctrico con Mecanismo de Cadena



Nota. La figura 2 muestra una motocicleta que cuenta con un motor eléctrico que acciona la rueda trasera de la motocicleta mediante una cadena. Tomado de *Motocicleta Eléctrica* [Fotografía], por JF, 2021, Twenergy (<https://twenergy.com/coches-electricos/guia-precios-motos-electricas/>).

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 3

Motor Incorporado en la Rueda de la Motocicleta



2.1.2. Baterías

Estos elementos se encargan de almacenar la energía eléctrica. Estas basan su funcionamiento en una serie de reacciones químicas que permiten la carga y la descarga de estas. Estas consisten en básicamente paquetes de celdas los cuales se encuentran conectados en serie o paralelo con el fin de así alcanzar el voltaje y amperaje operativo adecuado para el motor y su controlador. El tipo de batería depende del material del cual los electrodos y el electrolito estén fabricadas, siendo las más populares y eficientes en los últimos años las de litio. (Romero A, 2020).

2.1.3. Controlador

Este en esencia es el dispositivo encargado de controlar los parámetros de funcionamiento del motor eléctrico para que este actúe en base a las necesidades del conductor en cada instante. Este básicamente actúa como un elemento de comunicación entre el paquete de baterías y el motor, ajustando y regulando el sistema de accionamiento del motor. (Mayo Mendoza, B, 2011)

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

2.2. Carenado y Carrocería de la Motocicleta

El carenado de la motocicleta consta de varias piezas de material ligero que se encuentran alrededor del chasis. Este se encarga de cubrir ciertas partes como son en el caso de una motocicleta eléctrica las baterías, la computadora o sistema de gestión del motor, así como todo el cableado que conecta estos componentes y controla el sistema de luces, tablero de instrumentos, etc.

2.2.1. Parabrisas

Este elemento se encuentra en la parte delantera de la motocicleta y se encarga de proteger al piloto del viento. Esta pieza puede tener diversas dimensiones y áreas dependiendo del tipo de motocicleta, o inclusive en ciertos modelos no se cuenta con uno. En este caso en la figura 5 se muestra el parabrisas de una motocicleta tipo “deportiva” (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 4

Parabrisas de la Motocicleta (BMW 1000RR)



2.2.2. Carenado Frontal

Esta pieza se encarga de alojar los faros, parabrisas y dependiendo del modelo o el tipo de moto también puede incorporar los retrovisores. Esta, se encuentra situada en la parte

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

delantera de la motocicleta y es una de las principales piezas del carenado en términos de aporte al área frontal de la misma. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 5

Carenado Frontal de la Motocicleta



2.2.3. Carenado Lateral

Estas piezas se encuentran en ambos lados y en este caso al ser una motocicleta eléctrica formarán parte de las piezas que se encarguen de cubrir y proteger los circuitos internos de la misma. Estos elementos de acuerdo con su diseño también pueden cubrir las piernas del piloto también y pueden estar integrados en una sola pieza con otras secciones del carenado como puede ser el frontal. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 6

Carenado Lateral de la Motocicleta



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

2.2.4. Guardabarros

Este elemento está fabricado comúnmente en plástico y se encarga de proteger las salpicaduras de agua o tierra hacia la motocicleta y el piloto. Este elemento adicional a esto desde la perspectiva aerodinámica ayuda a reducir la turbulencia que llega a existir sobre la rueda mejorando el rendimiento de la motocicleta. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 7

Guardabarros de la Motocicleta



2.2.5. Tanque

Esta pieza se encuentra en la parte superior de la motocicleta, delante del asiento del piloto y detrás del carenado frontal, en las motocicletas con MCI aquí se almacena el combustible. En el caso de una motocicleta eléctrica se mantiene este elemento ya que cuenta como un apoyo para el piloto y además de igual forma puede brindar espacio para almacenar elementos como la computadora de esta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 8

Tanque de la Motocicleta



2.2.6. Quilla

Esta pieza se la denomina así debido a su parecido con la forma de la quilla de un barco. Este elemento se encuentra en la parte inferior de la motocicleta detrás de la rueda delantera y ayuda a dirigir el viento hacia la sección inferior de esta. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 9

Quilla de la Motocicleta



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

2.2.7. *Colín*

Esta pieza se encuentra en la parte trasera de la motocicleta a los lados y en la sección inferior del asiento del piloto. Esta pieza puede ser única o dividida en dos elementos que se encuentran a cada lado del asiento. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Figura 10

Colín de la Motocicleta



2.3. Software CAE

La ingeniería asistida por computador (Computer Aided Engineering-CAE), es una tecnología que se ha desarrollado en gran medida en los últimos años. Los softwares que se especializan en esta área cuentan con una serie de modelos matemáticos programados que permiten llevar a cabo el diseño de elementos para simular y verificar el comportamiento que estos tendrían bajo condiciones realistas. Los programas que cuentan con esta tecnología brindan todas las herramientas para la fabricación de los elementos hasta la simulación y validación de estos. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Esta tecnología como ya se mencionó previamente ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a que brinda aproximaciones bastante realistas. La industria automotriz por su parte ha ahorrado recursos económicos y tiempo ya que permite simular el

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

rendimiento de un elemento sin la necesidad de construirlo y someterlo a pruebas físicas o a su vez modelar un elemento ya creado y evaluar el desempeño de este. Es dentro de este tipo de softwares en los cuáles se llevan a cabo análisis como los de elementos finitos, análisis estructurales, análisis por CFD o análisis térmicos, etc. Por ejemplo, en el estudio denominado “Estudio práctico de la aerodinámica en un automóvil deportivo utilizando el programa de dinámica de fluidos computacional Flow de Solidworks” realizado por Arias y Cediel en el año 2019, se simuló un modelo 3D basado en un vehículo deportivo que ya se encuentra en el mercado como es el caso del Audi R8 con la ayuda de softwares de simulación CFD, permitiendo así obtener datos que permitieron evaluar el rendimiento aerodinámico en términos de coeficiente de arrastre con el que cuenta este vehículo.

2.3.1. Modelamiento 3D

El uso de la ingeniería asistida por computador comienza con la fabricación del modelo o elemento a ser estudiado. Para la fabricación del diseño se emplea lo que se denomina softwares CAD (Computer Aided Design), estos cuentan con herramientas que permiten crear el diseño en base a las dimensiones requeridas para luego poder procesar y someter el modelo a diversos análisis.

El modelo 3D de un vehículo o de una motocicleta puede ser construido de forma manual o por otros métodos, entre los cuales figuran:

- Escáner 3D: Este método consiste en básicamente escanear el modelo físico del objeto, lo cual crea una nube de puntos que luego con software “Computer-Aided Manufacturing (CAM)” puede crear un modelo que se aproxime bastante a las dimensiones del objeto real. (Ezcurra Alfaro S, 2017)
- Máquina de medición por coordenadas: Este método es parecido al escaneo en 3D, con la diferencia de que en este caso se utiliza un palpador manual el cual de igual

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

forma crea una serie de puntos a partir de los cuales se puede crear el modelo con software CAD. (Ezcurra Alfaro S, 2017)

- Fotogrametría: Este método consiste en la creación del modelo en 3 dimensiones a partir de una serie de fotografías en las cuales se fijan puntos de apoyo o puntos a partir de los cuales se puede luego con software CAD crear la geometría específica del objeto. (Ezcurra Alfaro S, 2017)

2.4. Análisis CFD

El análisis CFD (Computational Fluid Dynamics) es un campo de la mecánica de fluidos que se encarga de analizar el comportamiento de los fluidos basándose en modelos y análisis matemático y la ciencia computacional. Estos softwares se encargan de simular el comportamiento de un fluido considerando aspectos como la transferencia de calor o la dirección del fluido mediante simulación.

El análisis CFD brinda la posibilidad de analizar un flujo en diversas condiciones, permitiendo simular su comportamiento cuando se tiene un flujo laminar, turbulento o rotativo. En primera instancia se tiene un flujo laminar, el cual se caracteriza por un comportamiento ordenado y estratificado, este flujo se presenta cuando existen bajas velocidades y alta viscosidad. Un flujo turbulento por otra parte tiene un comportamiento mucho más caótico, presentándose cuando existen entornos con altas velocidades y un flujo poco viscoso. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Como ya se mencionó previamente, el análisis por CFD emplea diversos análisis matemáticos, para esto se emplean diversas ecuaciones que se van a explicar más adelante en esta sección del estudio.

2.4.1. Aerodinámica de la Motocicleta

La evaluación aerodinámica de un vehículo o de una motocicleta en el túnel de viento es un procedimiento en el cual se debe tomar en cuenta como los fluidos circulan tanto dentro como fuera de la motocicleta, dentro de estos fenómenos se pueden considerar:

- Fluidos circulando alrededor de la motocicleta
- Fluidos circulando a través del carenado de la motocicleta
- Fluidos circulando a través de elementos del motor

En este caso únicamente se considerarán los fluidos que circulan en el exterior y a través de la motocicleta, ya que los fluidos que pasan a través del motor y sus componentes poseen otras propiedades y se deben estudiar con dinámica de fluidos, factor que no es relevante para este estudio. (Hucho, W. H. (Ed.), 2013)

La aerodinámica como ya se mencionó previamente influye en gran medida en la seguridad y desempeño de la motocicleta. Este factor influye en gran medida sobre la estabilidad de la motocicleta al momento de maniobrar sobre la misma y recibir el impacto de vientos laterales. En una motocicleta eléctrica adquiere aún más importancia al poder ayudar a tener una menor fuerza de arrastre que puede ayudar a alargar la autonomía de esta.

2.4.2. Propiedades del Fluido

El fluido como ya se expuso previamente, puede adquirir diversos comportamientos en base a sus propiedades y a las condiciones en las cuales se encuentre. Existen propiedades como la densidad, la presión y la viscosidad que determinarán el comportamiento de este al momento de la simulación. Estas propiedades se explican a continuación:

2.4.2.1. Densidad

La densidad es básicamente la masa por unidad de volumen que existe en una determinada sustancia o fluido. Esta propiedad en particular dependerá de factores externos

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

como la temperatura y presión a la cual se encuentre sometida (Vásquez Martínez, J, 2020).

A continuación, se muestra la ecuación de la densidad:

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

En dónde en la ecuación (1):

- m= Masa [kg]
- v= Volumen [m³]

2.4.2.2. Presión

La presión es básicamente la relación que existe entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la que esta actúa. En este caso al tratarse de un fluido la fuerza tendrá una dirección perpendicular hacia la superficie sobre la cual está actuando. (Vásquez Martínez, J, 2020) La ecuación de la presión se muestra a continuación:

$$P = \frac{F}{A} \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (2)$$

En dónde en la ecuación (2):

- F= Fuerza [N]
- A= Área de la superficie [m²]

2.4.2.3. Viscosidad

La viscosidad es una propiedad que determina la resistencia que tiene un fluido o una sustancia a fluir. Esta propiedad es importante ya que influirá en el comportamiento laminar o turbulento del fluido y por ende en el comportamiento que tendrá este frente a la geometría o elemento de análisis. (Vásquez Martínez, J, 2020)

2.4.2.4. Número de Reynolds

El número de Reynolds es un valor adimensional que determina si un fluido es laminar o turbulento. Este valor es importante, ya que permitirá deducir el comportamiento que está teniendo el fluido bajo las condiciones a las cuales está siendo sometido. La ecuación del número de Reynolds se muestra a continuación:

$$Re = \frac{\rho * v * L}{\mu} \quad (3)$$

En dónde en la ecuación (3):

- ρ = Densidad [kg/m^3]
- μ = Coeficiente de viscosidad absoluta [Pa]
- v = Velocidad del Fluido [m/s]
- L = Longitud del Campo de Flujo [m]

El valor el número de Reynolds determinará si este es laminar o turbulento, si este tiene un valor menor a 2300 se lo considera laminar, mientras que si es superior a 4000 se le considera turbulento. Si este se encuentra entre estos dos valores, se denomina un Número de Reynolds “crítico” y demuestra que el fluido se encuentra en una fase de transición. (Vásquez Martínez, J, 2020)

Cabe recalcar que la ecuación del Número de Reynolds es la de uso general, para su uso dentro de la industria automotriz se tiene la siguiente ecuación:

$$Re = 67,778 * v * l \quad (4)$$

En dónde en la ecuación (4):

- v = Velocidad de la motocicleta [m/s]
- l = Longitud de Ancho de la motocicleta [m]

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Las propiedades mostradas previamente son de gran importancia ya que dentro de la simulación en CFD determinarán el comportamiento e interacción que existirá entre el carenado y el fluido. En este estudio al considerarse que la motocicleta será utilizada en la ciudad de Quito, el software será configurado con las propiedades promedio del aire existente en la ciudad.

2.4.2.5. Número de Mach

El número de Mach es el cociente que existe entre la velocidad de una partícula u objetivo móvil y la velocidad del sonido, este factor depende de elementos como la temperatura de la zona de estudio y brinda un valor adimensional que permite para relevancia de este estudio determinar la compresibilidad de un gas. (Albán Pucha, A.)

La ecuación del número Mach se muestra a continuación:

$$M = \frac{V}{V_s} \quad (5)$$

$$V_s = \sqrt{K * R * T} \quad (6)$$

En dónde en las ecuaciones (5) y (6):

- M= Número de Mach
- V= Velocidad del Móvil
- K= Constante (1,4)
- T= Temperatura de la zona de estudio
- R= Constante de los gases (287 J/Kg °C)

Si el valor del número de Mach es $\geq 0,3$ el fluido es compresible y es incompresible si este es $\leq 0,3$.

2.4.3. Coeficiente y Fuerza de Arrastre

La fuerza de arrastre es la fuerza que se opone al movimiento al movimiento de la motocicleta a través del aire. Esta fuerza se produce debido a que al momento que avanza la moto se da lugar a una diferencia de presiones entre la parte delantera y trasera de esta.

(Ezcurra Alfaro S, 2017)

La magnitud de la fuerza depende del área frontal del vehículo y de la velocidad que este tiene. En la industria automotriz siempre se desea minimizar en la medida de lo posible esta fuerza ya que a menor magnitud tenga, menor potencia se requerirá para que en este caso la motocicleta avance o a su vez se tenga un menor consumo de energía para desplazarse a través del aire. (Ezcurra Alfaro S, 2017) La ecuación de la fuerza de arrastre se muestra a continuación:

$$F_D = C_D * \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (7)$$

En dónde en la ecuación (7):

- C_D = Coeficiente de arrastre [adimensional]
- ρ = Densidad del Aire [kg/m^3]
- V = Velocidad del fluido [m/s]
- A = Área Frontal del Vehículo [m^2]

El coeficiente de arrastre por su parte es un valor adimensional que determina la penetración que tiene una determinada geometría en un fluido que en este caso es el aire. Este valor depende de 3 factores principales:

- Geometría de la Superficie
- Número de Reynolds
- Rugosidad de la superficie

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

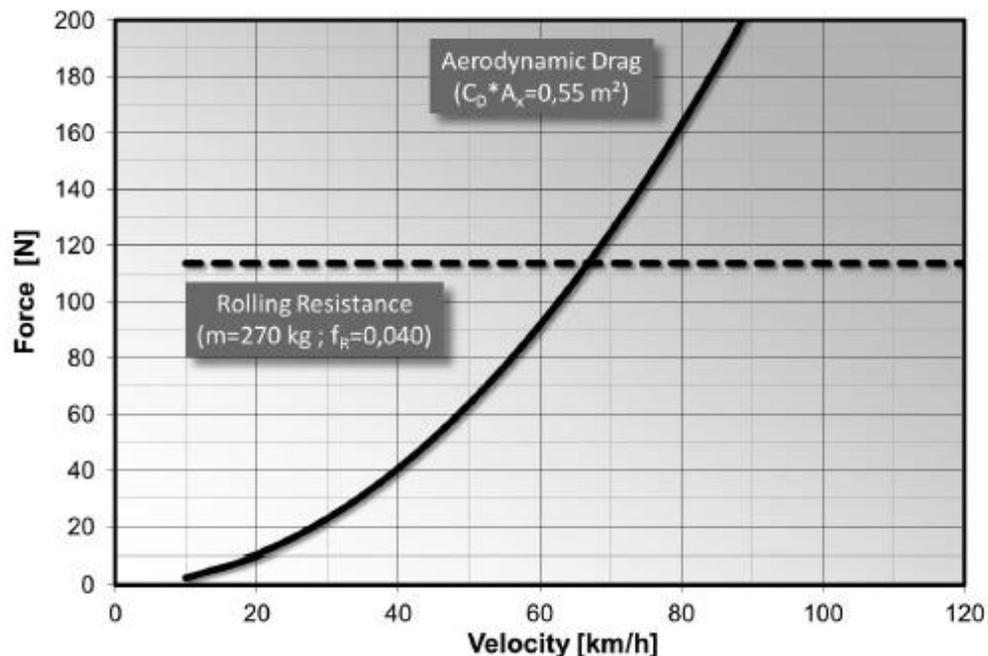
Estos 3 factores deben tomarse en cuenta y aquí consideraciones como el material se tornan importantes para evitar las pérdidas aerodinámicas. La ecuación para el cálculo de este coeficiente se muestra a continuación:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \quad (8)$$

A continuación, como ejemplo, la figura 11 muestra la relación existente entre el arrastre aerodinámico, la resistencia a la rodadura y la velocidad de una motocicleta tipo “enduro”:

Figura 11

Arrastre Aerodinámico y Resistencia a la Rodadura vs. Velocidad en una motocicleta tipo "Enduro"



Nota. La gráfica muestra como la resistencia aerodinámica aumenta considerablemente y de forma mucho más pronunciada conforme aumenta la velocidad de la motocicleta. Tomado de *Aerodynamics of road vehicles* (p. 814), por T. Schuetz, 2016, SAE International.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

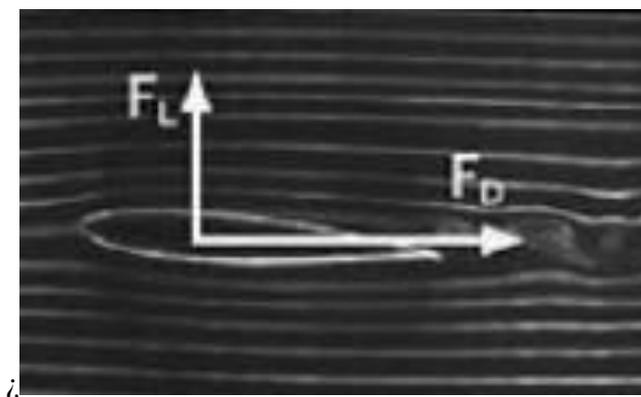
La fuerza de arrastre es una de las principales fuerzas que se analizan en los estudios de motocicletas ya que este determina en gran medida el rendimiento de la motocicleta e inclusive las velocidades que esta puede llegar a alcanzar.

2.4.4. Fuerza de Sustentación

La fuerza de sustentación es la fuerza que se origina de forma perpendicular a la dirección del fluido y el cuerpo o elemento de análisis. Esta fuerza en el caso de querer levantar el objeto del suelo, se denomina sustentación positiva o en el caso de generar una fuerza hacia abajo se le denomina sustentación negativa o también “carga aerodinámica”. (Iglesias, P & Rodríguez, J, 2019)

Figura 12

Fuerza de Sustentación (FL) y Fuerza de Resistencia al Avance (FD)



Nota. La figura muestra la orientación de las fuerzas de sustentación y de resistencia al avance en un elemento que se encuentra en un fluido laminar. Tomado de *Mejora aerodinámica de una moto de competición*, por Iglesias, P & Rodríguez, J, 2019, Repositorio Universitat Politècnica de Catalunya.

La fórmula de la fuerza de sustentación se muestra a continuación:

$$F_L = C_L * \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (9)$$

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

En dónde de la ecuación (9):

- C_D = Coeficiente de sustentación [adimensional]
- ρ = Densidad del Aire [kg/m^3]
- V = Velocidad del fluido [m/s]
- A = Área Frontal del Vehículo [m^2]

En este estudio al estar trabajando sobre una motocicleta se buscará tener una sustentación negativa con el fin de evitar que la motocicleta pierda agarre al alcanzar altas velocidades. Este factor es bastante importante en lo que respecta a la estabilidad de la motocicleta y suele ser uno de los principales factores a analizar en vehículos o motocicletas de competencia.

2.4.5. Ecuaciones de Navier Stokes

Las ecuaciones de Navier Stokes son básicamente un conjunto de ecuaciones de derivadas no lineales que describen el movimiento de un fluido newtoniano a partir de las condiciones iniciales de este. Estas ecuaciones a pesar de no contar con una solución general han permitido obtener en los sistemas de simulación una visión aproximada de los fluidos y sus comportamientos en determinados entornos. (Iglesias, P & Rodríguez, J, 2019)

Este conjunto de ecuaciones han sido la base de los softwares de tecnología CFD, los cuales mediante métodos numéricos y algoritmos hallan las soluciones a este conjunto de ecuaciones en base a las condiciones planteadas al inicio del análisis, permitiendo así analizar el comportamiento de fluidos turbulentos. (Vásquez Martínez, J, 2020)

2.4.6. Influencia del Piloto en la Simulación

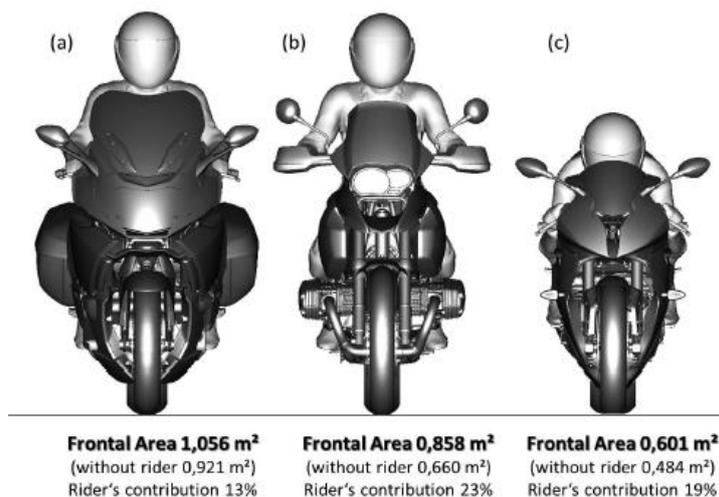
El análisis del coeficiente y la fuerza de arrastre considera el área frontal del vehículo para sus cálculos. En este caso al tratarse de una motocicleta una vez construido el modelo también se debe considerar la inclusión de un “dummie” o muñeco de pruebas que se

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

encuentre en la posición natural del piloto al momento de estar sobre la motocicleta. Es importante considerar este aspecto, ya que dependiendo del tipo de motocicleta el piloto debe colocarse de una posición u otra y esto tendrá una gran influencia mayor o menor sobre el área frontal que el piloto y el casco representará para la motocicleta. En la figura 13, se muestra el aporte del piloto al área frontal en cada uno de los diferentes tipos de motocicleta que existen debido a las diferentes posiciones que adopta el piloto para conducir la motocicleta.

Figura 13

Posición del piloto en diferentes tipos de motocicletas y aporte al área frontal por parte del piloto



Nota. La figura representa las diferentes posiciones que tienen los pilotos en los diversos tipos de motocicletas existentes y como esta posición puede aportar en mayor o menor medida al área frontal de la motocicleta como tal. Tomado de *Aerodynamics of road vehicles* (p. 812), por T. Schuetz, 2016, SAE International.

2.4.7. Simulación y Análisis en CFD

La simulación en CFD es un proceso que como se mencionó en secciones anteriores analiza el comportamiento de un fluido. La simulación desarrollada con las

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

ecuaciones previamente mostradas analiza fenómenos como la conservación de la masa, el momento y la energía del fluido. (Vásquez Martínez, J, 2020) La simulación basada en esta tecnología comprende 3 etapas, las cuales son:

- *Preproceso:* Esta sección comprende básicamente la construcción y definición del modelo y geometría a analizar. Luego, se debe realizar el mallado considerando que exista la cantidad de elementos suficientes para que exista un buen análisis y respetando en todo momento que no existan superficies o elementos sobrepuestos. Además, se debe considerar las condiciones iniciales del fluido y las condiciones externas bajo las cuales se desarrollará la simulación. (Vásquez Martínez, J, 2020)
- *Solver:* Esta sección consiste en básicamente correr el programa para que mediante algoritmos y métodos numéricos se resuelvan las ecuaciones de Navier-Stokes. El tiempo y recursos computacionales que se utilicen en esta etapa dependerá en gran medida del tipo de análisis que estemos llevando a cabo y la calidad del mallado y los elementos del modelo analizado.
- *Postproceso:* Esta sección consiste en la entrega de un informe de los resultados arrojados por la simulación y se tiene los gráficos con la distribución de presiones e interacciones existentes entre las diversas secciones del carenado y el fluido. Estos softwares de igual forma entregan una serie de animaciones que permiten observar y analizar en tiempo real como el fluido está distribuyendo entre y alrededor de la geometría estudiada. (Vásquez Martínez, J, 2020)

2.5. Fibra de Vidrio

La construcción al igual que la simulación será un procedimiento importante al momento de desarrollar el carenado de la motocicleta. Al estar hablando de una motocicleta eléctrica se requerirá un material resistente y ligero que permita proteger los circuitos internos y al mismo tiempo tener un peso bajo que le permita a la motocicleta funcionar de

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

forma eficiente. Por esta razón se ha decidido emplear como material la fibra de vidrio, el cual es un material que principalmente se caracteriza por bastante ligero, flexible, económico y relativamente sencillo de reparar.

2.5.1. Propiedades de la Fibra de Vidrio

A continuación, se muestran las propiedades con las que cuenta la fibra de vidrio:

Mantenimiento. Este material no requiere de ningún programa de mantenimiento continuo, lo cual lo convierte en un material ideal para su utilización en aplicaciones externas.

Resistencia Química. La fibra de vidrio cuenta con resina en su composición, lo cual le brinda alta resistencia contra fenómenos ambientales y la erosión química. Estas características lo hacen ideal para utilizarse en el carenado de la motocicleta ya que le brindaría una baja degradación a lo largo de los años.

Aislamiento Eléctrico. Este material no conduce la electricidad, esto lo hace ideal para utilizarlo en una motocicleta eléctrica. En el caso de que pueda existir una falla, el carenado que se encargará de cubrir y proteger parte de los circuitos del sistema no conducirá la electricidad y por ende podría ayudar a evitar que se puedan llegar a dañar otros componentes.

Aislamiento Térmico. La fibra de vidrio cuenta con una alta conductividad térmica a la par de un bajo coeficiente de expansión. Esto ayudará al material a disipar el calor de forma rápida y efectiva.

Costo. Este material cuenta con un relativo bajo costo en comparación a otros materiales o fibras con las mismas características o propiedades. Esto ayudará a reducir el presupuesto del proyecto, además de considerar a futuro en caso de alguna caída o fractura de alguna pieza un reemplazo o reparación no tan costosa. (Galarza y Uzhca, 2018)

2.5.2. Tipos de Fibra de Vidrio y sus Características

La fibra de vidrio debido a que en esencia es un material compuesto, existen diversos tipos de este material que mejoran sus cualidades en ciertos aspectos. Es importante determinar y conocer los diversos tipos de fibra de vidrio para de esta forma poder definir el tipo más adecuado para el carenado de la motocicleta. En la tabla 2 se muestran las propiedades de cada uno de los diferentes tipos de fibra de vidrio que existen.

Tabla 2

Propiedades de los Diversos Tipos de Fibra de Vidrio

Tipo de Fibra de Vidrio	Características	Propiedades
Tipo E	Es una fibra inorgánica que cuenta con excelentes propiedades dieléctricas, además de ser altamente resistente al fuego. Este tipo de fibra suele ser empleada en usos industriales, construcción y en los vehículos principalmente.	Fuerza de Tracción=3400 MPa Resistividad= 1014-1015 Ohm por cm Peso Específico= 2,6 g/cm ³ Elongación de Rotura=4,5 %
Tipo AR	Es un tipo de fibra que en su composición cuenta con óxido de zirconio lo cual le brinda alta resistencia contra compuestos alcalinos como el litio. Esta fibra es utilizada principalmente en la construcción.	Fuerza de Tracción=3000-3500 MPa Peso Específico= 2,68-2,70 g/cm ³ Elongación de Rotura=4,3 %
Tipo C	Esta al igual que la Tipo E es una fibra inorgánica, aunque esta por otra parte cuenta con una alta resistencia química. Se la emplea en la industria en entornos	Fuerza de Tracción=3100 MPa Peso Específico= 2,5 g/cm ³ Elongación de Rotura=4 %

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

químicos agresivos y ciertos electrodomésticos.

Tipo D	Esta fibra cuenta con propiedades dieléctricas y térmicas similares a las del tipo E, aunque con propiedades mecánicas de tracción inferiores. Esta fibra es empleada en elementos electrónicos y diversos circuitos.	Fuerza de Tracción=2500 MPa Peso Específico= 2,14 g/cm ³ Elongación de Rotura=4,5 %
Tipo R	Cuenta con propiedades mecánicas muy superiores a las expuestas previamente, esta se caracteriza por tener una alta resistencia a la fatiga, además de soportar altas temperaturas y humedad. Este tipo de fibra se utiliza principalmente en la industria aeronáutica.	Fuerza de Tracción=4400 MPa Peso Específico= 2,53 g/cm ³ Elongación de Rotura=5,2 %

Nota. La tabla muestra las principales características de la fibra de vidrio en conjunto con el valor de algunas de sus propiedades mecánicas. Tomado de *Fibra de Vidrio* (2011).

Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

2.5.3. Mezcla de Fibra de Vidrio y Resina

La fibra de vidrio como se mencionó previamente es un material compuesto, este requiere combinarse en conjunto con una resina para poder ser utilizado dentro de la industria automotriz para la creación de piezas. La resina poliéster al mezclarse con un catalizador, da lugar a una reacción de tipo exotérmica lo cual provoca que la misma se endurezca y de esta forma se puedan aplicar las respectivas capas de fibra de vidrio. A su vez dependiendo del uso, se puede utilizar estireno para diluir la resina y provocar que esta sea mucho más

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

manejable. En este estudio en particular, al estarse fabricando piezas con una geometría compleja, se optó por el uso del estireno. Las proporciones en las cuáles se mezcló cada uno de los componentes se explican en la sección de metodología.

2.6. Masilla Automotriz

La masilla automotriz es en esencia una crema o pasta, que se utiliza para rellenar y nivelar todas las irregularidades que puedan llegar a existir sobre la superficie de la pieza de un vehículo o motocicleta. Este producto se caracteriza principalmente por tener una muy baja porosidad y estas deben poder ser desgastadas con facilidad una vez aplicadas, esto con el fin de rellenar cualquier imperfección con poco material y a la vez dar la posibilidad de que el operario pueda lijar y nivelar toda la superficie en el menor tiempo posible.

(Altamirano E, & Medina L, 2015)

Las masillas utilizadas en el sector automotriz pueden ser de diversos tipos entre los cuales figuran:

- Masilla Poliéster
- Masilla Nitro celulósica

2.7. Lijas de Estearato

Las lijas en esencia son láminas de papel sobre las cuales se ha colocado un material o un elemento abrasivo. Las lijas dentro del sector automotriz se utilizan principalmente durante los procesos de pintado automotriz para el desgaste de la masilla y así poder crear superficies niveladas sin irregularidades. Las lijas de estearato son lijas que cuentan con este material que en esencia es polvo de calcio o zinc, el cual actúa como un lubricante seco que permite desgastar de una forma uniforme una determinada superficie. (Abracom, 2021)

Las principales ventajas de la utilización de este tipo de lijas, es en primera instancia el no requerir de un lubricante adicional como es el agua, reduciendo así el riesgo de que

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

pueda posteriormente llegar a existir humedad en la pieza lo cual luego pueda afectar y provocar que la pintura automotriz reviente al momento de ser aplicada. Adicional a esto las propiedades de este material permite lograr un mejor acabado ya que no se alcanzan altas temperaturas en las zonas de fricción en las cuáles se está trabajando con el uso de la lija, permitiendo así tener acabados mucho más regulares. (Abracom, 2021)

2.8. Pistolas para Pintado

Las pistolas de aplicación de pintura son herramientas que se encargan de pulverizar la pintura automotriz para que esta pueda aplicarse sobre una superficie preparada. Estas herramientas se encargan de pulverizar la pintura con la ayuda de aire comprimido. El funcionamiento de estas consiste en que el aire ingresa por un conducto de la pistola y dentro de esta el aire a alta presión se encarga de pulverizar o atomizar la pintura que entra por otro conducto y así esta pueda aplicarse sobre la pieza del vehículo. (Codinter, s.f.)

Figura 14

Pistola para Pintado Automotriz



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Nota. Tomado de: *Pistolas para pintar: Guía sobre su uso, partes y tipos* [Fotografía], por Codinter, 2021, Codinter, (<https://www.codinter.com/es/pistolas-para-pintar-guia-uso-partes-tipos/>)

Cabe recalcar que, dependiendo del fin para el que se esté utilizando la pistola debe arrojar una mayor o menor cantidad de material para que se tenga un buen acabado. Para esto, se varían las boquillas de la pistola, las cuales pueden permitir variar la forma y cantidad de material que arroja la pistola por cada aplicación. Por ejemplo, para la aplicación de fondo lo recomendable es la utilización de una boquilla de 1.3 mm y para la aplicación de pintura se recomienda una boquilla de 1.4 mm, ambas en forma de abanico.

2.9. Diluyente (Thinner)

El thinner es una sustancia que se encuentra compuesta por 3 componentes principales, un disolvente activo, un diluyente y un cosolvente. Estos componentes trabajan en conjunto para como su nombre lo indica diluir sustancias como pinturas o barniz, permitiendo ajustar la viscosidad con la que cuentan estos productos y poder ser utilizados de forma adecuada durante diversos procesos como es en este caso un proceso de pintado automotriz. (Robalino D, 2012)

Existen diversos tipos de thinner los cuales básicamente cuentan con bases de diferentes componentes los cuáles les permiten diluir diversas sustancias. En los procesos de pintado automotriz, los tipos de thinner más utilizados de thinner son el poliuretano (PU) y el acrílico.

El thinner PU es utilizado principalmente para diluir productos o sustancias con base poliuretano, como puede ser el caso de fondos de relleno, pintura y barniz. Entre las principales características con las que cuenta este tipo de thinner es su bajo contenido de humedad y que se encuentra libre de alcoholes. (Sherwin Williams, s.f.)

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

El thinner acrílico por su parte es un tipo de thinner que cuenta con una mezcla balanceada que le brinda un alto poder de dilución, este tipo de thinner puede ser utilizado para diluir diferentes tipos de pintura, aunque también es bastante utilizado para la limpieza de ciertas herramientas como es el caso de las pistolas para aplicación de pintura. (Robalino D, 2012)

2.10. Fondo de Relleno Automotriz

El fondo de relleno automotriz o también conocido como “pintura base” o “primer” es una sustancia con base poliuretano, que es la primera capa de que se aplica sobre la superficie de la pieza de un vehículo o motocicleta. Esta encargada de ayudar a prevenir que sobre la pieza afecten fenómenos como el óxido y a la vez brindar un tono mate que permita luego aplicar la pintura y adquirir el tono deseado con mayor facilidad. Dependiendo del color final que se desee sobre la pieza, se puede aplicar un fondo mate con una tonalidad gris, blanca, amarilla o azul, dependiendo del caso. (Escobar M, 2020)

2.11. Pintura Automotriz

La pintura es una sustancia que se compone en esencia de la resina y un pigmento. Esta sustancia esta encargada de brindarle color a la superficie de la pieza, pudiendo brindar una serie de diversos acabados y aspectos estéticos que se requiera. La pintura automotriz puede ser de base solvente o base agua.

La base solvente por su parte ha sido más utilizada en los últimos años principalmente debido a que es económica y la misma ofrece tiempos de secado mucho más rápidos debido a la presencia de los solventes, aunque debido a sus componentes, la misma tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Por otro lado, las pinturas con base agua, están fabricadas con el uso de agua desionizada, lo cual permite reducir el impacto que se tiene sobre el ambiente,

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

pero ofrece tiempos de secado mucho más extensos al igual que implica mayores costos.

(Escobar M, 2020)

De igual forma, el acabado y tonos de color con el que cuenta la pintura automotriz depende de si esta es acrílica, poliuretano o poliéster. En la tabla 3 se muestran las características que ofrece cada tipo de pintura:

Tabla 3

Características de los Diversos Tipos de Pintura

Tipo de Pintura	Catalizador	Acabado	Tiempo de Secado Completo (Horas)
Acrílica	No requiere	Semi brillante	24
Poliuretano	Si necesita (Relación 4:1, 3:1 o 2:1)	Brillante	48
Poliéster	No requiere	Opaco	12

Nota. La tabla muestra las principales diferencias que existen entre los diferentes tipos de pintura y las ventajas o desventajas que cada una de estas representan. Tomado de Diseño de una cabina de aplicación de pintura convencional para vehículos livianos (pág 12), por Escobar M, 2020, Universidad Mayor de San Andrés

2.12. Barniz Automotriz

El barniz es una sustancia que se encarga de ser la capa final de material que se aplica sobre un proceso de pintado automotriz. El barniz, está encargado de dar un acabado mucho más brillante a la pieza, a la par de darle una capa de protección que le permitirá a la pieza y a la pintura a ser mucho más resistente frente a fenómenos externos del ambiente. (Escobar M, 2020)

III. Método

3.1. Metodología Aplicada

El tipo de metodología aplicado en este estudio es de tipo investigación cuantitativa, la cual básicamente consiste en la recolección de datos mediante la realización de ensayos o pruebas o como es en este caso simulaciones en CFD. Todas estas pruebas se aplicarán con el fin de recolectar los datos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos en el estudio y resolver la hipótesis planteada. (Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio 2004)

La aplicación de la metodología mencionada previamente implicó el desarrollo de las siguientes actividades:

- Revisión bibliográfica de diversos estudios, libros y artículos para la obtención de guías y orientación para el diseño de la carrocería de la motocicleta, así como también de los materiales a emplear para la construcción de esta.
- Construcción del modelo CAD de la motocicleta en su estado original para desarrollar estudios que permitan determinar la influencia del carenado sobre el desempeño aerodinámico.
- Construcción de diversas propuestas de carenado con diversas geometrías y áreas frontales de impacto.
- Simulación en CFD de cada una de las diversas propuestas de carenado, estableciendo las condiciones del fluido en el espacio seleccionado en la delimitación espacial del proyecto y material del carenado.
- Selección y análisis del carenado con el mejor desempeño aerodinámico en términos de coeficiente y fuerza de arrastre.
- Construcción del carenado con mejor desempeño aerodinámico en base al diseño creado y simulado en software CAE y CFD.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

3.2. Diseño del Modelo CAD

El diseño del primer modelo CAD de la motocicleta tomo como base el chasis de la motocicleta eléctrica con el que esta contaba originalmente. Este modelo sin carenado con el que se contaba originalmente fue realizado en el estudio denominado “Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica para homologación ecuatoriana” realizado por Segovia J, en el año 2021. La figura 15 muestra la geometría y estado original de la motocicleta eléctrica.

Figura 15

Chasis y Estructura Original de la Motocicleta Eléctrica de la UISEK



Como se mencionó en secciones anteriores este modelo sería construido manualmente con el fin de evitar posibles errores posteriores durante las etapas de mallado del modelo o la simulación en CFD.

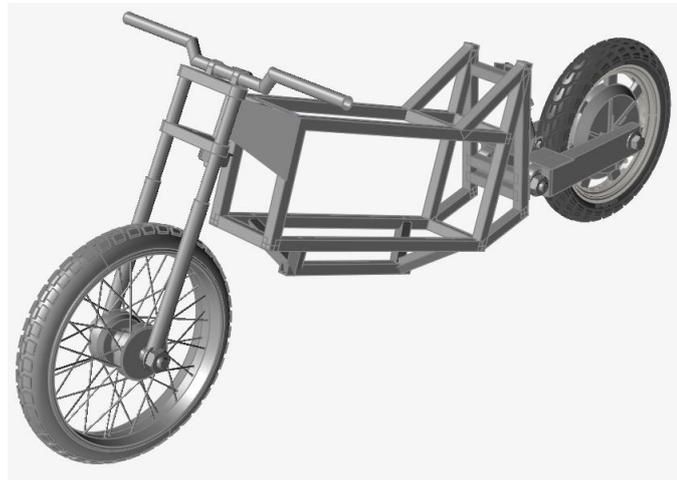
En este caso se empleó herramientas como flexómetro y calibrador o pie de rey para la obtención precisa de cada una de las dimensiones de las diversas secciones de la motocicleta. El software empleado para la construcción del modelo inicial fue Altair Inspire Studio y elementos como la rueda delantera y los sistemas de suspensión fueron obtenidos de

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

las librerías pertenecientes a este software. En la figura 16 se observa el CAD de la estructura original con la que contaba la motocicleta.

Figura 16

Modelo 3D de la Motocicleta Original

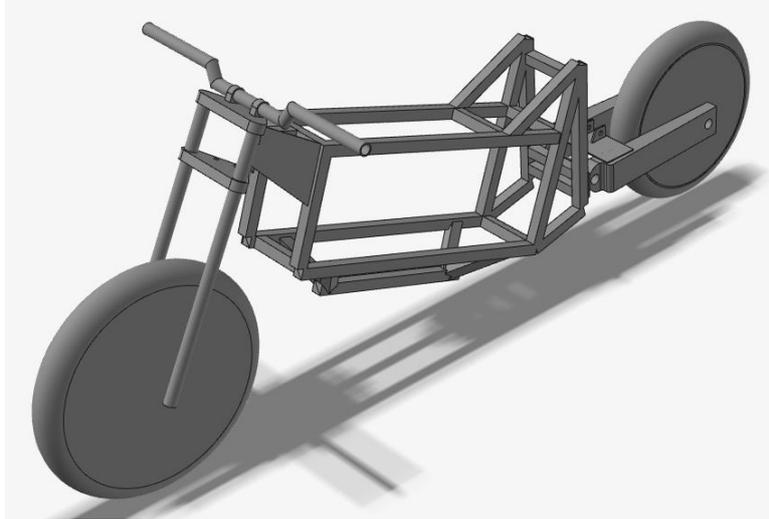


El modelo mostrado en la figura 16 cuenta con todos los detalles de la motocicleta original, sin embargo, piezas como el amortiguador o las geometrías de las ruedas de la motocicleta son complejas para mallar y pueden provocar muchos problemas luego para el procesamiento del modelo en CFD. Es por esta razón que ciertas piezas fueron removidas con el fin de simplificar la geometría del modelo para el proceso de mallado y obtener resultados mucho más cercanos a la realidad.

Este diseño modificado de la estructura original será sometido más adelante en este estudio a un análisis CFD con el fin de verificar el desempeño aerodinámico con el que contaba la motocicleta originalmente y poder realizar un estudio comparativo que permita comprender el impacto que tiene el carenado sobre el rendimiento de esta. La figura 17 muestra el modelo simplificado de la motocicleta, en el cual se eliminan detalles y elementos menores que no influyen sobre el rendimiento aerodinámico de esta, pero que permitirán simplificar el proceso de mallado y simulación más adelante.

Figura 17

Modelo 3D Simplificado de la Motocicleta Original



3.3. Creación de Dummy para la Simulación del Modelo Original

En secciones anteriores se mencionó que en el desempeño aerodinámico de una motocicleta se ve influenciado por la presencia del piloto, ya que este aporta al área frontal de la motocicleta. En el software CFD empleado, por el momento no se cuenta con la opción de incluir un dummy para las simulaciones, por esta razón se optó por buscar un modelo 3D en librerías en línea que cuente con las dimensiones y proporciones adecuadas para poder ser utilizado en las simulaciones.

Las condiciones para la elección del dummy, fueron basadas en la normativa DIN 33402 y en base a la consideración de la estatura promedio de una persona en el Ecuador, que es de 1,70 m y considerando a su vez que la posición natural del piloto en una de estas motocicletas sería en una posición de 90°. (Albán Pucha A, 2016)

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tabla 4

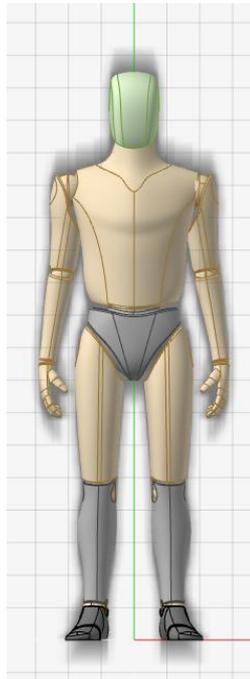
Dimensiones del Cuerpo Humano según la Normativa DIN 33402

Designación	HOMBRES			MUJERES		
	Valor límite inferior	Valor medio	Valor límite superior	Valor límite inferior	Valor medio	Valor límite superior
En posición erguida						
A Alcance hacia delante	662	722	787	616	690	762
B Profundidad del cuerpo parado	233	276	318	238	285	357
C Alcance hacia arriba	1910	2051	2210	1748	1870	2000
D Estatura	1629	1733	1841	1510	1619	1725
E Altura de los ojos parado	1509	1613	1721	1402	1502	1596
F Altura de los Hombros	1349	1445	1542	1234	1339	1436
G Altura de los codos desde el piso	1021	1096	1179	957	1030	1100
H Altura entre piernas	752	816	886	-	-	-
I Altura de la mano	728	767	828	664	738	803
K Ancho de hombros entre acromios	367	398	428	323	355	388
L Ancho de la cadera	310	344	368	314	358	405
En posición de sentado						
a Altura del cuerpo desde asiento	849	907	962	805	857	914
b Altura de los ojos desde asiento	739	790	844	680	735	785
c Altura de los hombros	561	610	655	538	585	631
d Altura de los ojos desde asiento	193	230	280	191	233	278
e Altura de las rodillas	493	535	574	462	500	542
f Largo de pantorrilla a pie	399	442	480	351	395	434
g Distancia de codo a pie de agarre	327	362	389	292	322	364
h Profundidad del cuerpo sentado	452	500	552	426	484	532
i Distancia nalga rodilla	554	559	645	530	587	631
k Distancia nalga pie	964	1035	1125	955	1044	1126
l Espesor del muslo	117	136	157	118	144	173
m Ancho sobre los codos	399	451	512	370	456	544
n Ancho de asiento	325	362	391	340	387	451

Nota. La tabla muestra las dimensiones regularizadas por la normativa DIN 33402 del hombre y de la mujer y las dimensiones que estos tienen al estar sobre una motocicleta. Tomado de Diseño de una estación de trabajo para los estudiantes de la universidad central del Ecuador (pág. 82), por Tabango P, 2013, Universidad Central del Ecuador.

Figura 18

Modelo del Dummy Base para Simulación



El dummy del modelo inicial fue colocado en la posición natural del piloto en la motocicleta y se procedió a en base a este construir el mismo dummy, pero con ayuda de “Polynurbs”, esto sobre todo con el fin de evitar luego problemas de compatibilidad con el software CFD y poder mallarlo de mejor manera. Cabe recalcar que en este nuevo modelo se añadió un casco en base a las dimensiones del dummy original, con el fin de poder obtener un comportamiento más cercano a la realidad.

El dummy original no contaba con un casco, sin embargo, este al ser obligatorio al momento de conducir una motocicleta se consideró también la normativa NTE INEN 2669, la cual especifica las dimensiones y tamaños de los cascos a utilizarse en las motocicletas. Esta normativa en conjunto con otros estudios de este tipo realizados previamente prácticamente permite contemplar que un casco seguro y adecuado cuenta con un espesor de unos 50 milímetros. (NTE INEN, 2014)

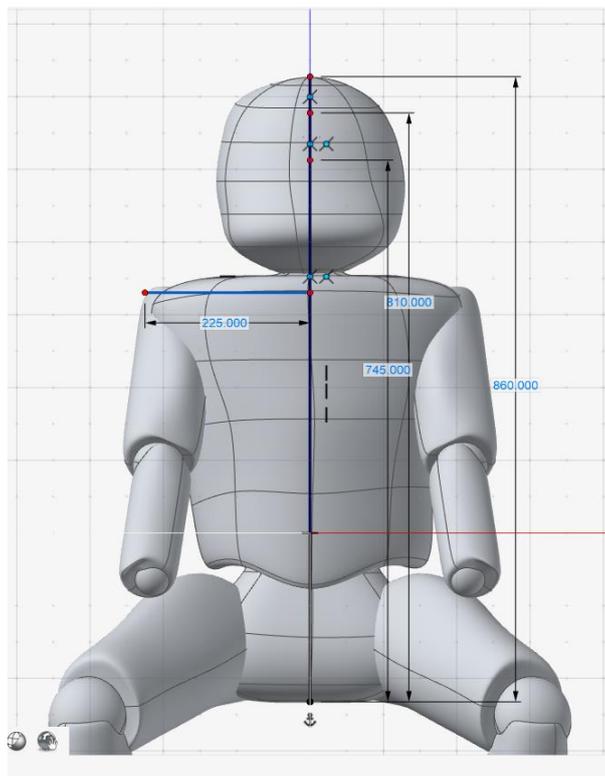
CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Considerando las normativas expuestas previamente y la revisión algunos estudios se tomó como referencia las siguientes dimensiones para el posicionamiento del dummy:

- Altura total del dummy desde el asiento (considerando el casco del piloto):
860 mm
- Altura de los ojos del piloto desde el asiento: 745 mm
- Ancho sobre los codos del dummy: 450 mm

Figura 19

Dimensionamiento del Dummy en base a las normativas DIN 33402 y NTE INEN 2669



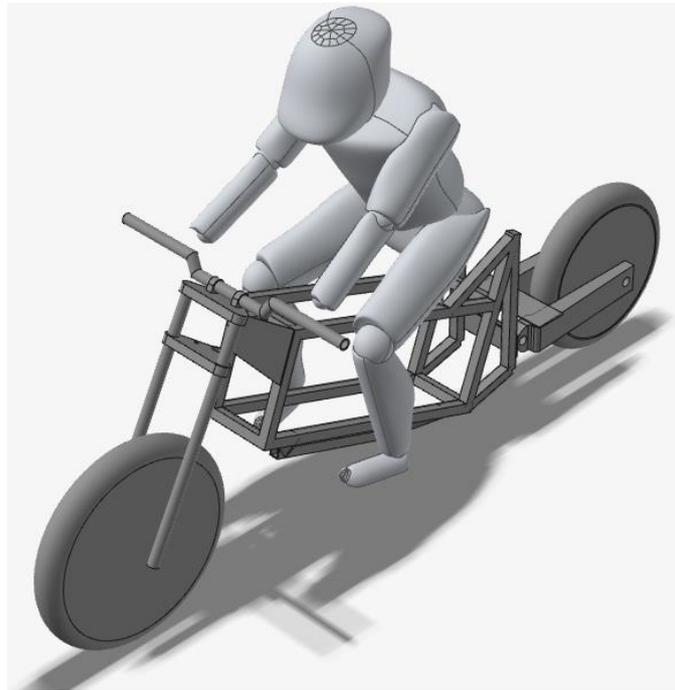
Con las dimensiones definidas se procedió a colocar el dummy sobre el modelo en la posición en la cual se encontraba el asiento en el modelo original. Cabe recalcar que en este caso fue necesario inclinar 30° la parte superior del dummy hacia adelante debido a que la motocicleta originalmente era bastante extensa y la persona no podía conducirla en una posición de 90° que es la posición natural en motocicletas de este tipo. A continuación, se

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

muestra el modelo final de la geometría de la estructura de la motocicleta original con el dummy sobre esta:

Figura 20

Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado con el Dummy



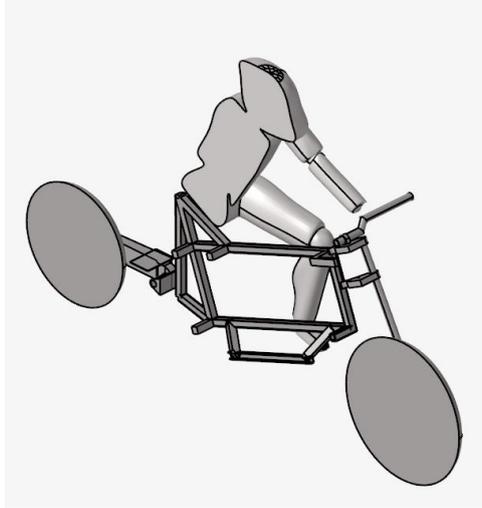
3.4. Configuración del Túnel de Viento del Modelo Original

El diseño de la motocicleta original simplificado fue llevado a Hyperworks CFD en donde se procedió a realizar una inspección de la geometría con una herramienta propia del software con el fin de eliminar secciones o superficies que presenten problemas para el mallado. Una vez validada la geometría se procedió a realizar un corte a la mitad del modelo para la creación del túnel de viento. La figura 21 muestra como quedó la geometría tras la validación de esta y la aplicación de este corte.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 21

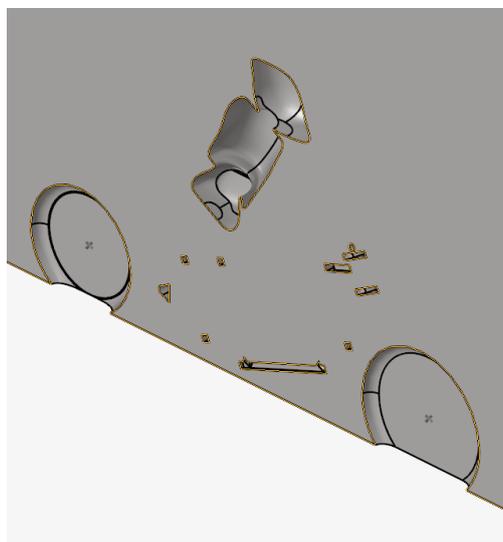
Geometría Validada de la Mitad del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado



Sobre esta geometría se procedió a construir un cubo y se colocó el mismo en el extremo de la sección que fue cortada previamente, colocando la motocicleta en el centro para la aplicación de la herramienta “Substract” la cual básicamente hace una especie de vaciado en el sólido que acabamos de crear y que crea el conjunto de superficies que representarán a la motocicleta en las simulaciones.

Figura 22

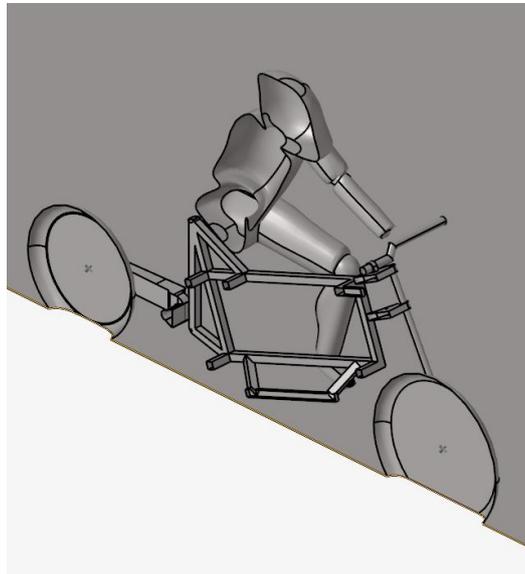
Superficies Creadas con Herramienta "Substract" de la Motocicleta Original sin Carenado



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 23

Superficies Creadas con Herramienta "Subtract" de la Motocicleta Original sin Carenado



Las figuras 22 y 23, muestran el conjunto de superficies creadas con el uso de la herramienta “Subtract”, este conjunto de elementos representa la geometría de la motocicleta dentro del túnel de viento y posteriormente serán malladas para su análisis en CFD.

Una vez realizado esto se debe considerar las dimensiones con las que contará el túnel de viento. Según B. Christopher, las dimensiones adecuadas para una simulación de este tipo es que el túnel por lo menos sea 2 veces más alto, 8 veces más largo que el modelo y al menos 2 veces más ancho que el modelo de estudio. Esto permitirá crear un espacio o volumen adecuado de fluido para su simulación dentro del ámbito CFD y obtener resultados cercanos a la realidad. (Christopher B, 2015). Considerando que el modelo original de la motocicleta contaba con las siguientes dimensiones:

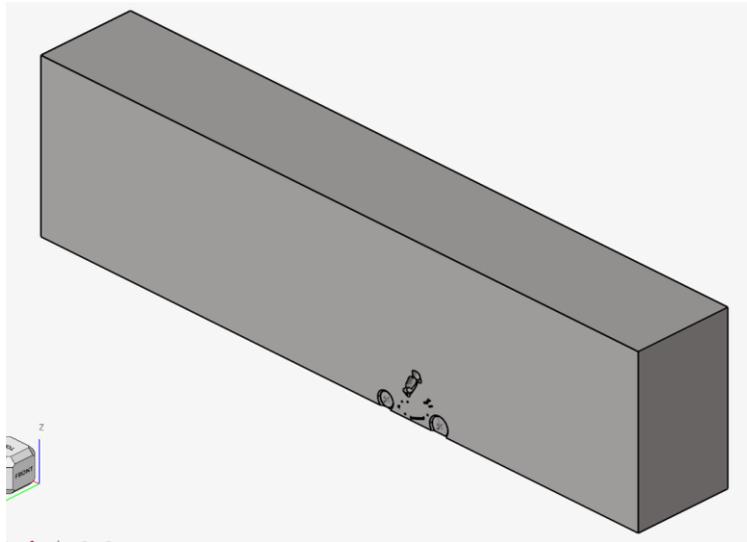
- Largo: 2,3 metros
- Ancho: 0,4 metros aproximadamente
- Alto (con piloto): 1,45 metros aproximadamente

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tomando como base estas dimensiones se consideró un túnel de viento de 20 metros de largo, 5 metros de alto y 3 metros de ancho. Posicionando la motocicleta a unos 7 metros del inicio del túnel de viento.

Figura 24

Túnel de Viento de la Motocicleta Original sin Carenado



Con el túnel de viento ya construido se procedió a asignar el grupo de superficies pertenecientes a cada parte de la motocicleta (llanta delantera, llanta trasera, etc.) esto con el fin de determinar los “reference frame” estos básicamente es una herramienta que permite configurar cuáles serán las llantas de la motocicleta en este caso y definir la velocidad a la que estas girarán.

La velocidad de la simulación debe ser establecida para poder configurar los “reference frame”, la velocidad fue establecida en base al reglamento de tránsito que fija las velocidades críticas de circulación en una carretera, siendo este los 100 km/h. Esta velocidad es equivalente a 27,77 m/s, Altair por defecto tiene la velocidad fijada en 50 m/s, sin embargo, esta velocidad es demasiado alta para una motocicleta de estas características, por

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

esta razón se decidió utilizar una velocidad de 30 m/s como velocidad de referencia para las condiciones iniciales de este estudio. (Albán Pucha, 2016)

Con este dato ya definido se procede a realizar los cálculos para los “reference frame” de la llanta delantera y trasera:

- Diámetro llanta delantera: 616 mm

$$R.F. Llanta Delantera = \frac{30 \frac{m}{s}}{0,616 m} \quad (10)$$

$$R.F. Llanta Delantera = 48,7 \frac{rad}{s}$$

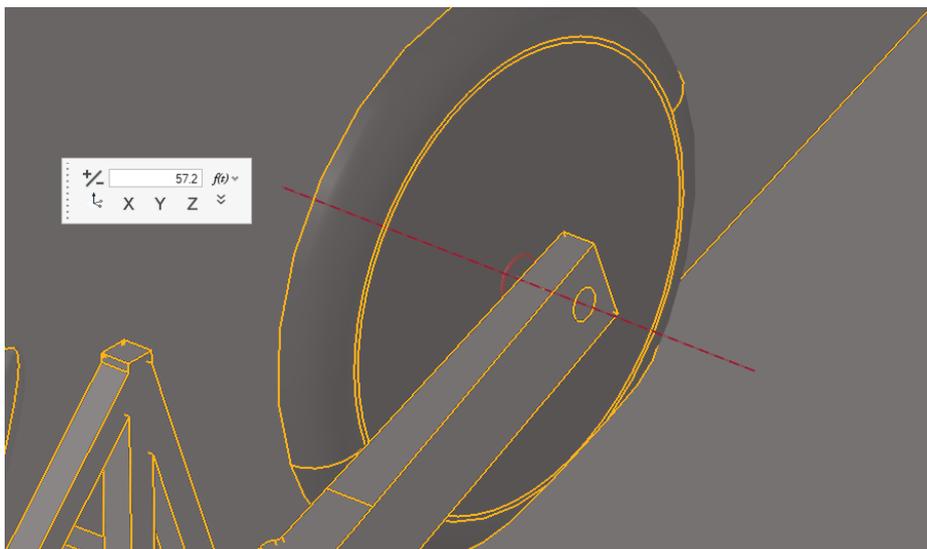
- Diámetro llanta trasera: 524 mm

$$R.F. Llanta Trasera = \frac{30 \frac{m}{s}}{0,524 m} \quad (11)$$

$$R.F. Llanta Trasera = 57,2 \frac{rad}{s}$$

Figura 25

Configuración del "Reference Frame" de la Rueda Trasera de la Motocicleta



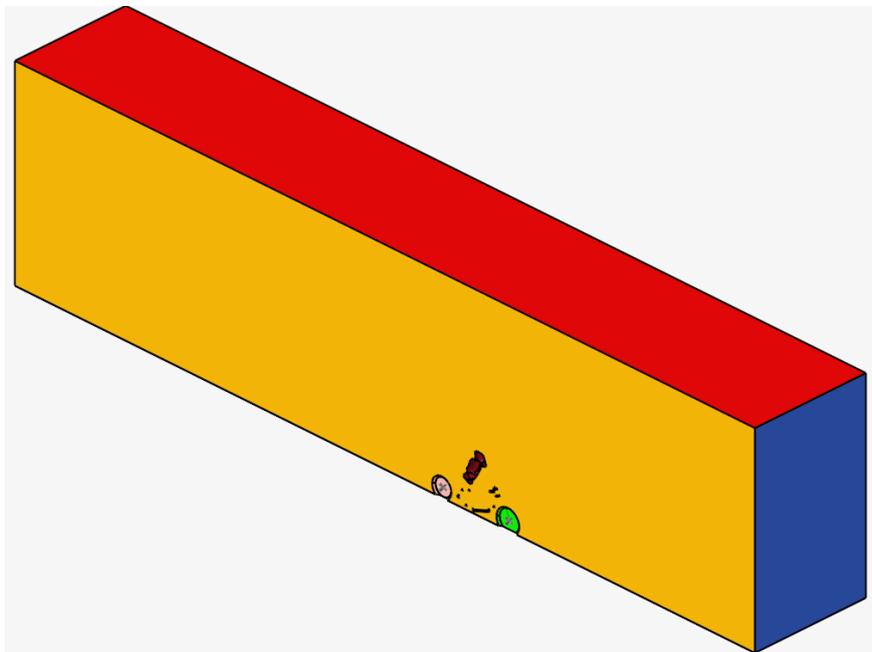
CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

El siguiente paso en la configuración del túnel de viento es la selección del material, en este caso se seleccionó al aire, aunque se realizó una pequeña modificación para que el mismo tenga una densidad de $0,85 \text{ kg/m}^3$, más adelante en este estudio se explicará por qué se modificó este parámetro. Este material se le asigna a básicamente la geometría de túnel de viento que creamos previamente.

Una vez definido el material se procede a configurar las condiciones de límite, lo cual consiste en configurar la función de todas las paredes del túnel de viento y de la superficie que representa la geometría de la motocicleta, tomando en cuenta que debe existir un punto de ingreso del aire, una salida, superficies deslizantes y no deslizantes, superficie de simetría y una superficie móvil.

Figura 26

Configuración de las Paredes del Túnel de Viento de la Motocicleta sin Carenado

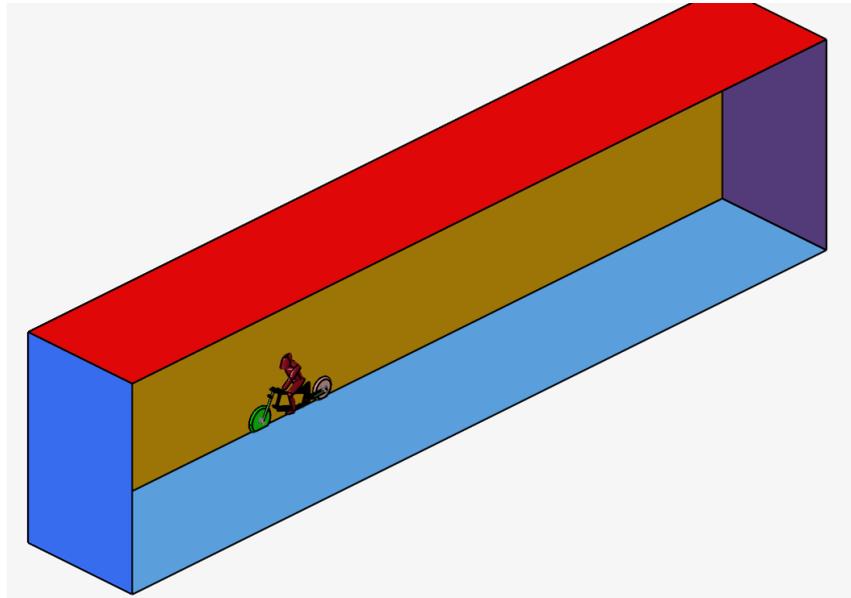


Nota. Punto de entrada del aire (color azul), superficies no deslizantes (color rojo), superficie de simetría (color anaranjado).

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 27

Configuración de las Paredes del Túnel de Viento de la Motocicleta sin Carenado



Nota. Punto de salida del aire (color morado), superficie en movimiento (color celeste).

Figura 28

Configuración de las Condiciones de Borde en las Superficies de la Motocicleta sin Carenado



Nota. Superficies no deslizantes (color verde, morado, vino y rosado claro)

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Con las condiciones de borde definidas se procede a definir las zonas de refinamiento alrededor de la motocicleta. Los tamaños de elemento de las zonas de refinamiento variaron con las simulaciones realizadas y serán explicadas estas variaciones más adelante. Se decidieron crear 2 zonas de refinamiento alrededor de la motocicleta con las dimensiones especificadas en la tabla 5.

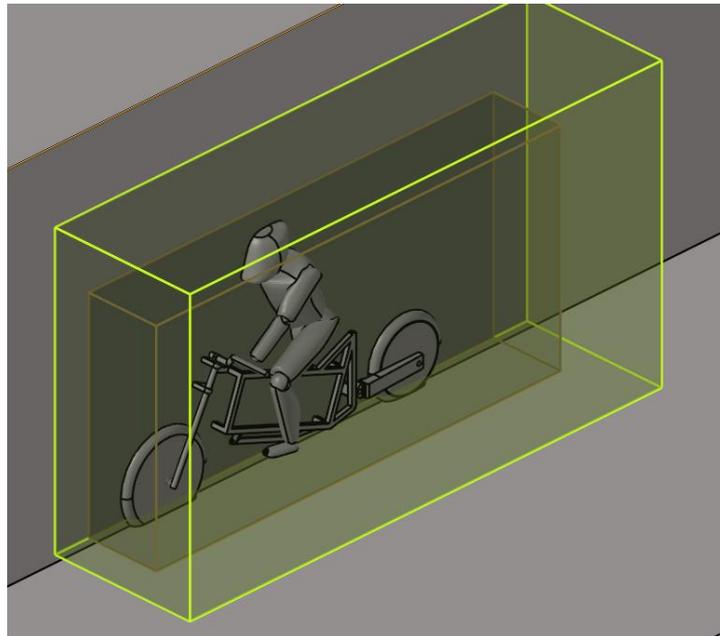
Tabla 5

Dimensiones de la Zonas de Refinamiento alrededor de la Motocicleta sin Carenado

Zona de Refinamiento	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Zona 1	3.5	0.5	1.5
Zona 2	4	1	2

Figura 29

Configuración de las Zonas de Refinamiento alrededor de la Motocicleta sin Carenado

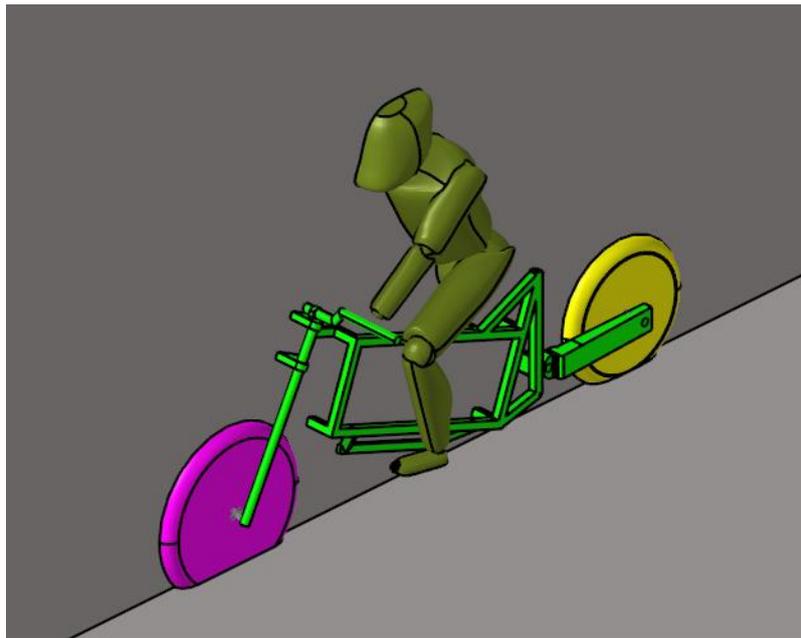


CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Una vez definidas todas las condiciones de borde y las zonas de refinamiento, el último paso en la configuración del túnel de viento es la configuración del mallado de superficies, el mallado las capas límite y el mallado del volumen del fluido.

Figura 30

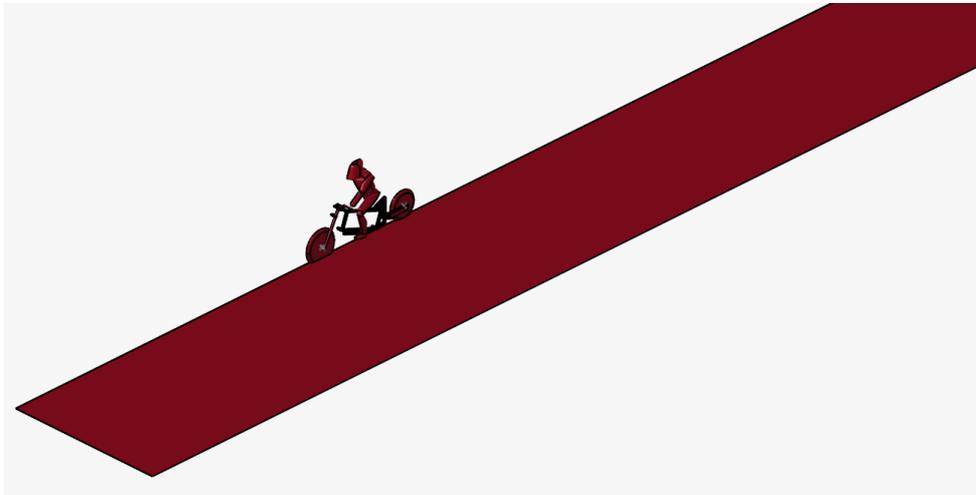
Configuración de las Superficies a las que se aplicará un Mallado de Superficie



Una vez realizada la configuración del mallado de superficie, se aplica el mallado y definición de la cantidad de capas límite, el cual básicamente es la aplicación de una serie de capas que definen el límite entre las superficies de estudio y que cuentan con un mallado superficial y el fluido de estudio. Este es un proceso de control de malla que permite crear capas con elementos con formas regulares que permitirá posteriormente obtener un mallado de buena calidad y por ende resultados válidos durante la simulación CFD.

Figura 31

Configuración de las Superficies para aplicación de Capas Límite



En este caso al tratarse de una simulación en CFD, se debe considerar que los principales parámetros que se deben variar son el tamaño de elemento de las capas límite y el tamaño de los elementos del volumen. En el mallado se consideraron los siguientes parámetros:

- Tamaño de elemento en mallado de superficie de estructura, llanta delantera, llanta trasera y piloto: 0,02 m (20 mm), aplicando la herramienta “surface deviation” y permitiendo un ángulo característico de 15° permitiendo así que en zonas con curvas exista una buena calidad de mallado.
- El tamaño promedio del elemento de volumen estará entre 180 mm y 300 mm esto debido a que este tamaño es el ideal para la obtención de resultados cercanos a la realidad a la par de tener un tamaño razonable para no requerir excesivos recursos computacionales.
- El control de malla de capa límite en todas las simulaciones contará con 8 capas debido a que esto es lo recomendable en simulaciones CFD.

Considerando estos puntos las variaciones de los parámetros de cada simulación serán los especificados en la tabla 6.

Tabla 6

Parámetros de las Simulaciones CFD

Simulación	Elementos del Volumen (m)	Elementos de la Capa Límite (m)	Elementos de la Zona 1 de Refinamiento	Elementos de la Zona 2 de Refinamiento
1	0.3	0.028	0.025	0.035
2	0.27	0.023	0.025	0.035
3	0.24	0.018	0.020	0.035
4	0.21	0.013	0.020	0.030
5	0.18	0.008	0.015	0.030

3.5. Diseño del Carenado con el Chasis Modificado

El carenado que se diseñará en este estudio se basará en un nuevo chasis construido para la motocicleta, en esta sección únicamente se mostrará el diseño final de este chasis y no se entrará a profundidad en el desempeño estructural de este debido a que no es relevante para este estudio. En la figura 32 se observa el chasis modificado y a partir del cual se partirá para el diseño del carenado.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 32

Chasis Modificado de la Motocicleta



Con el chasis modificado se procedió a modelar el mismo de acuerdo con sus dimensiones dentro del software Altair Inspire Studio con el fin de sobre este utilizar la herramienta “Wheelarch” con “Polynurbs” para la construcción del carenado para la motocicleta con su estructura final.

La construcción y el diseño del carenado se realizó en base a la normativa ISO TS 16949, la cual básicamente establece la gestión de calidad de un procedimiento de diseño automatizado, enfocándose en la disminución y prevención de errores y desperdicio de materiales durante la fase de fabricación. Esta normativa aplica a este estudio ya que mediante la simulación CFD se puede simular e identificar las posibles zonas problemáticas de cada diseño de motocicleta en este caso, permitiendo así analizar cuál es la mejor propuesta de carenado en este caso y así establecer un procedimiento correcto para la construcción de este reduciendo durante el proceso de fabricación al mínimo la cantidad de material a utilizar y los posibles desechos generados al tener ya un diseño establecido.

El diseño del carenado fue un procedimiento que se enfocó en variar entre los diseños el área frontal de los modelos, el ángulo de geometría de impacto y la geometría del carenado

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

que contiene los faros delanteros de la motocicleta. De acuerdo con el estudio “Diseño y construcción de la carrocería para el prototipo de competencia Shell Eco Marathon (Cajamarca & Vásquez, 2016), el mejor ángulo de impacto contra el viento para un vehículo se encuentra entre los 35° y 45° con respecto a la horizontal. Estos valores se los tomo como referencia como punto de partida para la creación de 3 diseños diferentes del carenado frontal con ángulos de impacto entre estos valores.

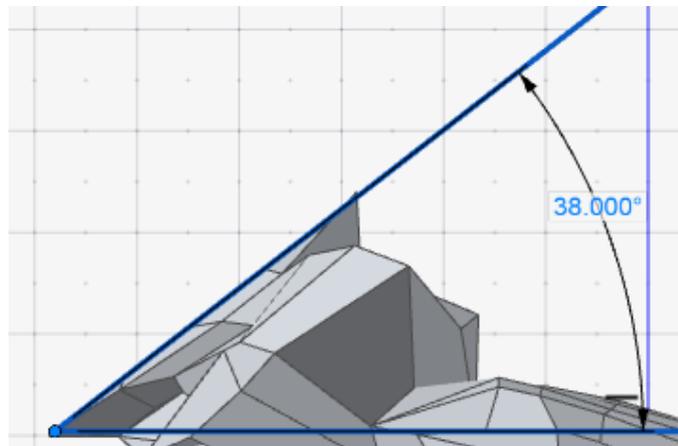
Considerando esto se procedió a plantear 3 diseños diferentes, considerando un modelo con un ángulo de impacto de 38°, otro de 42° y el último de 36°. La diferencia entre los modelos propuestos consiste en la variación en la geometría del carenado frontal y el ángulo de impacto contra el aire de cada una de estas piezas. Secciones como el “tanque” o en este caso la tapa de la zona de la computadora de gestión del motor, la cola de la motocicleta y las piezas del carenado lateral se mantuvieron iguales en cada modelo debido a que el diseño de estas se encontraba limitado por las dimensiones y formas con las que ya contaba la estructura.

Establecido esto se procedió a crear con la herramienta “Polynurbs” cada uno de los 3 carenados frontales y el carenado base del resto de la motocicleta. Con el fin de verificar que estos elementos diseñados funcionen de forma correcta se procedió a en primera instancia simular el comportamiento de estos de forma individual, fuera del carenado de la motocicleta con el fin de verificar que estos funcionen de forma adecuada y no estén sometidos a presiones altas que puedan llevar a problemas en el diseño. Una vez comprobado el funcionamiento de estos elementos esto se procedió a ya montar los mismos con el carenado base del resto de la motocicleta y colocar también el dummy con el mismo procedimiento explicado en secciones anteriores para obtener la geometría final con la cual se va a simular el comportamiento y desempeño aerodinámico de toda la motocicleta. A continuación, se muestran imágenes de cada una de las propuestas de carenado para la motocicleta:

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 33

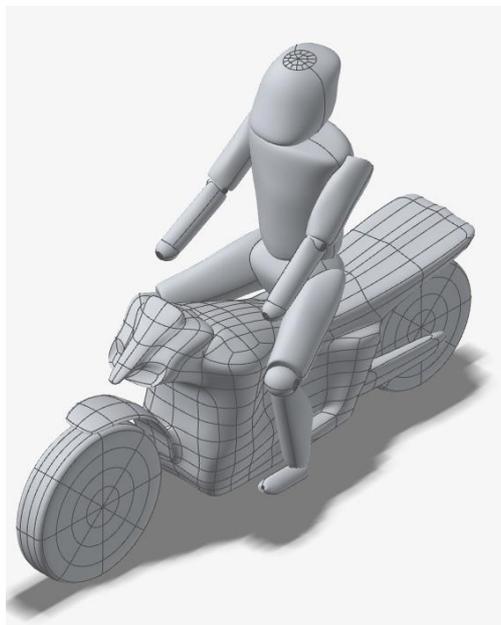
Ángulo de Impacto de la Primera Propuesta de Carenado Frontal



En la figura 33 se puede apreciar el ángulo de impacto con el que cuenta la primera propuesta de carenado frontal.

Figura 34

Modelo 3D de la Motocicleta con la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal

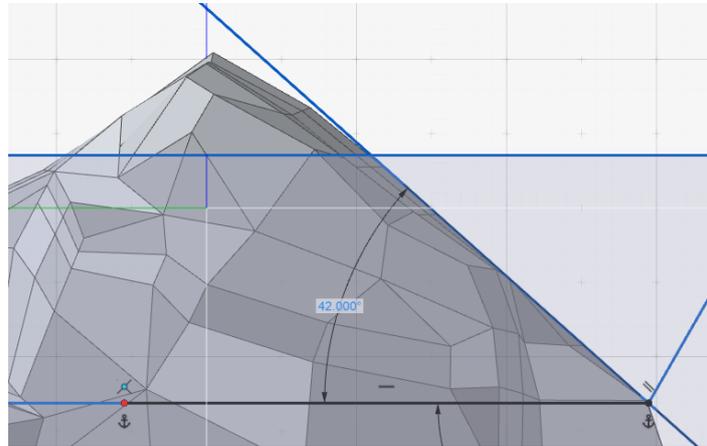


En la figura 34 se puede apreciar el modelo 3D de la motocicleta con la primera propuesta de diseño de carenado frontal.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 35

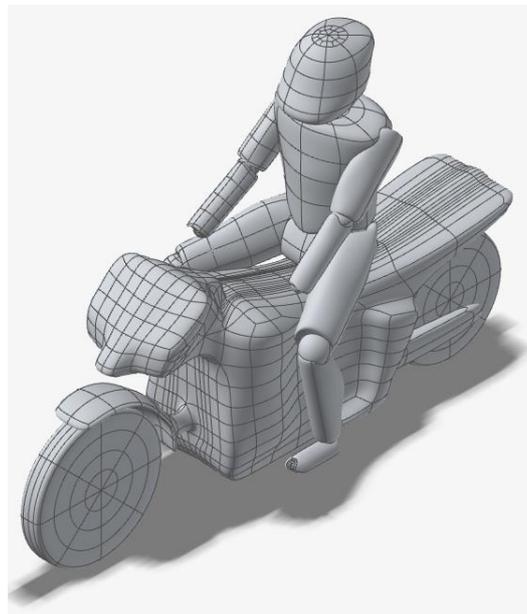
Ángulo de Impacto de la Segunda Propuesta de Carenado Frontal



En la figura 35 se puede apreciar el ángulo de impacto con el que cuenta la segunda propuesta de carenado frontal.

Figura 36

Modelo 3D de la Motocicleta con la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal

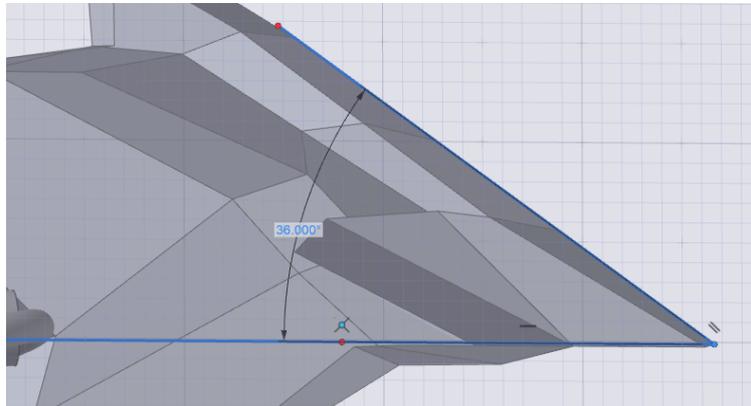


En la figura 36 se puede apreciar el modelo 3D de la motocicleta con la segunda propuesta de diseño de carenado frontal.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 37

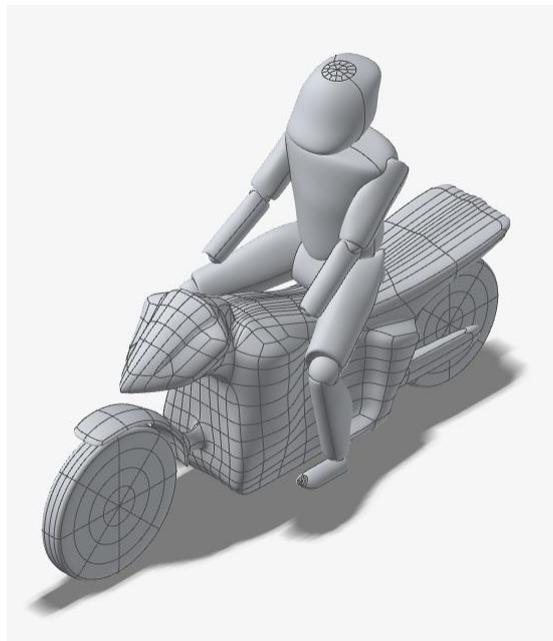
Ángulo de Impacto de la Tercera Propuesta de Carenado Frontal



En la figura 37 se puede apreciar el ángulo de impacto con el que cuenta la tercera propuesta de carenado frontal.

Figura 38

Modelo 3D de la Motocicleta con la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



En la figura 38 se puede apreciar el modelo 3D de la motocicleta con la tercera propuesta de diseño de carenado frontal.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Cabe recalcar que en los modelos de los 3 carenados ahora si se colocó al dummy en la posición de 90° debido a que el nuevo diseño de la motocicleta si permite al piloto conducir la motocicleta en esta posición.

3.6. Configuración del Túnel de Viento para las Propuestas de Carenado 1, 2 y 3

La configuración del túnel de viento para cada una de las propuestas de carenado fue la misma que en el caso del modelo original de la motocicleta con muy pocas variaciones con el fin de verificar la diferencia de comportamiento de las propuestas de carenado y el modelo original que se tenía bajo las mismas condiciones.

La única variación que se tuvo en la configuración de estos modelos fueron las dimensiones de las zonas de refinamiento, esto debido a que con la nueva estructura de la motocicleta la misma ahora es más corta. Se decidió hacer más pequeña la zona de refinamiento con el fin de obtener en la medida de lo posible la misma cantidad de elementos creados en el mallado en cada uno de los modelos propuestos. Las dimensiones de cada zona se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Dimensiones de las Zonas de Refinamiento alrededor de las 3 Propuestas de Diseño de Carenado

Zona de Refinamiento	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Zona 1	2.5	0.5	1.5
Zona 2	3.5	1	2

3.7. Condiciones del Fluido para la Simulación en CFD

El análisis CFD se llevó a cabo en el software de simulación Altair Hyperworks CFD, el proceso de simulación en primera instancia conlleva la importación de los diseños y modelos creados previamente en Altair Inspire Studio. Este software brinda herramientas

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

para el análisis del comportamiento de un fluido alrededor de la motocicleta en este caso, permitiendo luego analizar en otros softwares como HyperGraph los resultados del post-procesamiento de la simulación.

Como se mencionó en secciones anteriores, la delimitación espacial del proyecto está enfocada en la ciudad de Quito a 2850 m.s.n.m., por ende, con el fin de obtener datos mucho más exactos con respecto al desempeño aerodinámico de la motocicleta se ajustarán los parámetros de simulación en base a las condiciones del aire en esta ciudad. El valor de densidad que se empleará en la simulación CFD será la explicada en el estudio realizado por Oñate, B, “Estimación de la producción de energía eléctrica en base a la velocidad de viento registrado en la estación meteorológica ubicada en el campus sur de la sede quito de la Universidad Politécnica Salesiana” en donde se calculó que la densidad del aire en la ciudad es de $0,85 \frac{kg}{m^3}$. Adicional a esto también se consideraron los valores de temperatura promedio obtenidos en este estudio con el fin de poder calcular otros factores como la compresibilidad de un gas, teniendo como dato de trabajo una temperatura promedio en la ciudad de $15,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (288,15 K).

Adicional a este factor se debe también definir otras propiedades como el régimen de trabajo del fluido, para esto se requiere tomar como referencia el valor de velocidad de la simulación.

Con todos estos datos mostrados previamente, se procede a realizar los cálculos respectivos sobre el Número de Reynolds y el Número de Match a continuación:

$$Re = 67,778 * v * l \quad (12)$$

$$Re = 67,778 * 30 \frac{m}{s} * 2,06 m$$

$$Re = 4188$$

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Este valor de número de Reynolds indica que el régimen del fluido es turbulento. A continuación, se procede a calcular el número de Mach:

$$M = \frac{V}{V_s} \quad (13)$$

$$V_s = \sqrt{K * R * T}$$

$$V_s = \sqrt{1,4 * 287 \frac{J}{kg * K} * 288,15 K}$$

$$V_s = 340,26$$

$$M = \frac{V}{V_s}$$

$$M = \frac{30}{340,26}$$

$M = 0,088 \rightarrow$ *El fluido es incompresible*

Una vez definidas las propiedades propias del aire, también se debe determinar el régimen de este para la simulación, como se explicó en secciones anteriores un fluido se puede encontrar dentro del régimen turbulento o laminar, en el caso del aire en el exterior este cuenta con un comportamiento irregular y por ende es turbulento. Los softwares CFD cuentan con una serie modelos que permiten resolver de distintas formas las ecuaciones de Navier-Stokes para un régimen turbulento permitiendo así obtener las soluciones arrojadas en la etapa de postproceso de la simulación en CFD. Entre estos modelos encontramos:

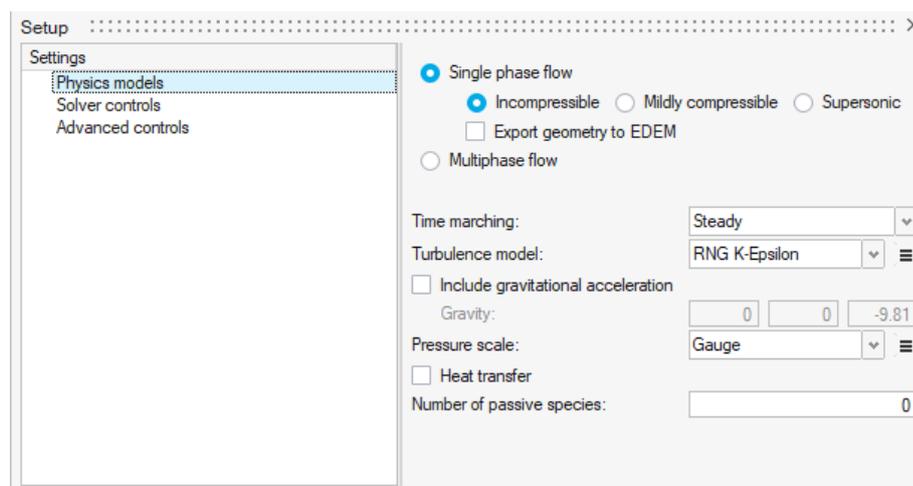
- Modelo $K - \varepsilon$
- Modelo $K - \omega$
- Modelo Spalart-Allmaras

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

En la industria el modelo de turbulencia más utilizado es el modelo Kappa-Epsilon ($K - \epsilon$), este modelo cuenta con algunas variaciones las cuales permiten predecir el comportamiento del fluido en un régimen turbulento. Según el estudio realizado por Umur Tastan, uno de los modelos de turbulencia más adecuado para su utilización dentro de estudios de desempeño aerodinámico y predicción del arrastre y presiones presentes en un modelo es el *RNG K - ϵ* , este modelo cuenta con un costo computacional promedio con una alta exactitud en los resultados, razón por la cual decidió seleccionarse este modelo para la simulación de las diversas propuestas de carenado. (Umur T, 2011)

Figura 39

Configuración de los Parámetros del Fluido utilizado para la Simulación CFD



Con todas estas propiedades definidas y la configuración del túnel de viento, ya están todos los parámetros preparados para la corrida de cada una de las simulaciones.

3.8. Construcción del Carenado

La construcción del carenado es un procedimiento en el cual como se mencionó en secciones anteriores, se empleará la fibra de vidrio debido a sus excelentes propiedades mecánicas y a su bajo costo. Este material se caracteriza por ser sencillo de manejar y

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

bastante moldeable, ventaja que permitirá construir con facilidad las piezas diseñadas previamente en los softwares CAE.

En secciones anteriores se especificó que existen diversos tipos de fibra de vidrio, para este procedimiento se seleccionó la fibra tipo E ya que, según el estudio de Espinoza e Hidalgo, este tipo de fibra cuenta con las mejores propiedades para su uso dentro de la industria automotriz, además de permitir obtener un buen acabado estético en las piezas, en este proyecto en particular se adquirió fibra de vidrio con un gramaje de 375 gr/m².

La fibra de vidrio es un material que requiere de la mezcla de la fibra, resina, estireno y el catalizador. Esta mezcla debe realizarse de forma adecuada con el fin de lograr obtener un buen acabado en la superficie de las piezas al igual que obtener un tiempo de secado no tan extenso que permita no extender demasiado el proceso de construcción. Según Espinoza e Hidalgo, se deben añadir 3 capas de fibra de vidrio para poder obtener una buena resistencia en la pieza. La fibra debe mezclarse con la resina para que se puedan crear las diversas capas de la pieza, en primera instancia se debe mezclar en una proporción de 2 partes de resina y 1 parte de estireno, esto con el fin de diluir la misma y hacerla mucho más manejable para su aplicación sobre la fibra para la creación de las piezas. Una vez diluida la resina se debe aplicar el cobalto y el “Meck” las proporciones correctas de mezcla de estos componentes es 1000 ml de resina poliéster con 20 gotas de catalizador para la aplicación de las capas de fibra de vidrio, siendo así en este caso por cada 1000 ml de resina se añadieron 10 gotas de cobalto y 10 gotas de “Meck” o catalizador de resina. (Espinoza & Hidalgo,)

Este tipo de fibra por su fácil manejo, pueden ser empleadas varias técnicas para la construcción de las piezas, desde la creación de piezas a partir de la utilización de telas para crear guías para la fabricación de las piezas, hasta la fabricación de las piezas a partir de moldes. En este estudio en particular se aplicaron dos técnicas de construcción, en primera

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

instancia el tanque o en este caso la tapa de la computadora de gestión del motor fue creado a partir de un molde guía fabricado con alambre y tela nylon como se puede apreciar en la figura 40.

Figura 40

Creación del Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



En la figura 40 se muestra la creación del molde de la tapa de la computadora de gestión del motor con el uso del alambre y la tela o media nylon.

Sobre esta tela se procedió a aplicar las 3 capas de fibra de vidrio con la resina para posteriormente desmoldar y obtener la pieza.

La segunda técnica de construcción consistió en la creación de moldes con el uso de espuma de poliuretano y masilla polimérica, básicamente se partió de igual con un molde guía fabricado con alambre y tela nylon, pero en este caso sobre esta tela se aplicó la espuma, se esperó de 10 a 15 horas para que seque correctamente la espuma y posterior a eso se procedió a cortar la espuma con el uso de cuchillas hasta tener la geometría deseada con la

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

ayuda de un estilete, rellenando todas las secciones en las cuáles existan perforaciones o zonas a las cuales la espuma no había rellenado bien alguna sección.

Figura 41

Molde de Espuma del Carenado Lateral de la Motocicleta



En la figura 41 se aprecia la aplicación de la espuma para la creación del molde del carenado lateral de la motocicleta, aquí se comenzó a dar forma con cuchillas y se identificaron las zonas en las cuáles era necesario aplicar más espuma.

Los moldes fueron creados en base a las dimensiones y geometría que se tenía en los diseños creados. Una vez que se obtuvo la forma deseada se procedió a utilizar una lija de hierro de denominación 36 para desgastar suavemente la espuma y dejar una superficie mucho más lisa para la aplicación de las capas de fibra de vidrio correspondiente.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 42

Lijado de la Superficie del Molde de Espuma del Carenado Lateral



En la figura 42 se aprecia el lijado de la superficie del molde, con el fin de eliminar la mayor cantidad de imperfecciones e irregularidades y de esta forma crear una superficie lisa para la aplicación de la fibra de vidrio.

Una vez preparado el molde de espuma con la menor cantidad posible de imperfecciones se procedió a la aplicación de las capas de fibra de vidrio. Como ya se mencionó previamente se aplicaron 3 capas de fibra para la creación de una pieza resistente. Una vez aplicadas las 3 capas se procedió a esperar a que la fibra se seque completamente para así posteriormente desmoldar la pieza. En la figura 43 se puede apreciar la aplicación de la fibra de vidrio en la pieza del carenado lateral izquierdo de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 43

Aplicación de Fibra de Vidrio en el Molde del Carenado Lateral de la Motocicleta



En la figura 43 se aprecia la aplicación de la primera capa de fibra de vidrio sobre el molde del carenado lateral de la motocicleta.

Una vez aplicada la fibra de vidrio se procedió a la utilización de masilla poliéster en todas las zonas en las cuáles existieran irregularidades y con el uso de lijas de estereato de denominación 80 y 150 se desgasto la masilla hasta la creación de una superficie completamente lisa. La figura 43 muestra el estado final de la superficie de la pieza de fibra de vidrio previa a la aplicación del fondo de relleno automotriz.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 44

Superficie del Carenado Lateral preparada para la Aplicación de Fondo de Relleno

Automotriz



En la figura 44 se observa el estado final de la superficie de fibra de vidrio una vez lijada toda la masilla poliéster empleada para la creación de una superficie lisa adecuada para la aplicación de fondo de relleno automotriz.

Una vez preparada la superficie se procede a la aplicación de sellador de fibra de vidrio en primera instancia. Es necesario en este caso aplicar una capa de esta sustancia para evitar que posteriormente el fondo y la pintura se “rechupe”, lo cual es un fenómeno que puede generar defectos sobre el acabado final de la pieza, provocando que inclusive la pieza se pueda llegar a opacar. Posterior a esto se procedió a aplicar 2 capas de fondo de relleno poliuretano para detectar las últimas posibles fallas que puedan existir sobre la pieza. La preparación del fondo se debe realizar con una mezcla en la cual se añade un 20 a 25% de diluyente poliuretano (Thinner PU). La figura 45 muestra la aplicación de la capa de fondo sobre una de las piezas de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 45

Superficie del Carenado Lateral con la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz



En la figura 45 se observa la aplicación de la primera capa de fondo de relleno automotriz.

Una vez aplicada la primera capa de fondo, en el caso de que llegasen a existir aún algunas imperfecciones se procede a la aplicación de masilla roja automotriz para la corrección de las últimas irregularidades sobre la superficie y nuevamente lijar la superficie, pero esta vez con lijas de estereato de denominación 320 para crear una superficie completamente lisa nuevamente.

Figura 46

Aplicación de Masilla Roja Automotriz sobre el Guardabarros Frontal



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

En la figura 46 se observa la aplicación de masilla roja para la corrección de fallas sobre la superficie del guardabarros frontal.

Una vez realizado esto se procede a aplicar una última capa de fondo poliuretano, y lijar la superficie con lijas de estereato de denominación 600 para dejar la superficie completamente lista para la aplicación de pintura. Cabe recalcar que para lijar la superficie entre cada capa de fondo aplicado se debe esperar un tiempo aproximado de entre 30 minutos y 1 hora para que el fondo se seque de forma adecuada.

Figura 47

Carenado Lateral Izquierdo con la Aplicación de 2 capas de Fondo de Relleno Automotriz



En la figura 47 se observa la pieza del carenado frontal izquierdo aplicadas las capas de fondo necesarias para la aplicación de la pintura.

Una vez preparada la superficie y el fondo se procede a la aplicación de la pintura automotriz y el barniz. Es recomendable aplicar mínimo 2 capas de pintura para que se logre un buen acabado. La preparación debe darse en una mezcla entre thinner PU y pintura, siendo diluyente un 20 a 30% de la mezcla. En este caso se utilizó pintura poliuretano, la cual se

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

caracteriza por brindar un acabado opaco, por ende, se requiere de la aplicación de una capa de barniz para brindar un mejor acabado.

Una vez aplicadas las primeras dos capas de pintura, se procede a realizar la aplicación del barniz. En este caso se debe mezclar el barniz con su catalizador en una proporción de 2:1, añadiendo un 10% de diluyente poliuretano (Thinner PU) y ayudará a darle un acabado mucho más brillante y a su vez brindar mayor protección al acabado final de la pieza. Una vez que se han aplicado todas estas capas se procede a dejar que se cumpla el tiempo de curado al ambiente del barniz, el cual suele ser de alrededor de 3 horas.

Figura 48

Aplicación de Pintura sobre la pieza del Carenado Lateral Izquierdo



Todos estos procedimientos de preparación de la superficie y aplicación de fondo, pintura y barniz se mostrarán en este estudio, en diferentes figuras para cada pieza en la sección de resultados y discusión de estos.

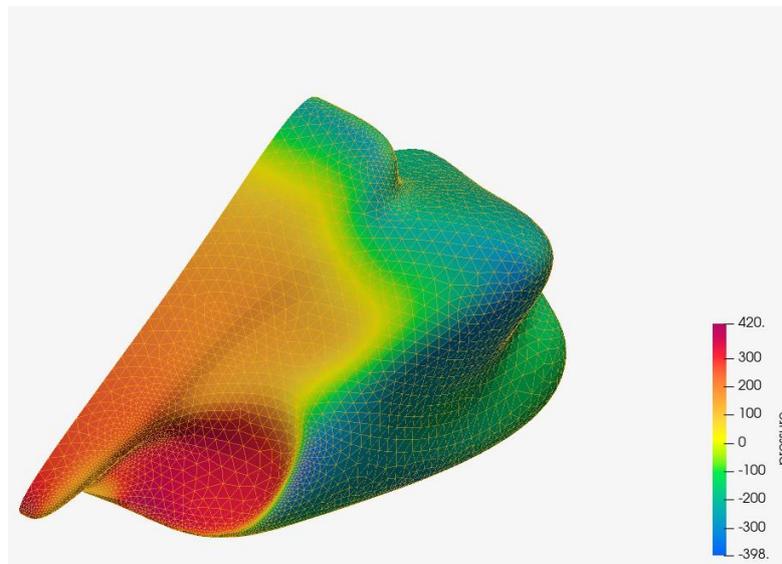
IV. Presentación, análisis y discusión de resultados

4.1. Simulación del Carenado Frontal Propuesta 1

A continuación, se muestran los resultados de la simulación de la primera propuesta del carenado frontal para la motocicleta para analizar su comportamiento previo a montarse sobre la motocicleta. La simulación de este elemento fue realizada con la configuración del mallado de superficie y volumen más fino expuesto en secciones anteriores. Los factores relevantes para el análisis del desempeño de estos elementos son las presiones y velocidades del aire que circulan alrededor de este elemento. Los resultados se muestran a continuación:

Figura 49

Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



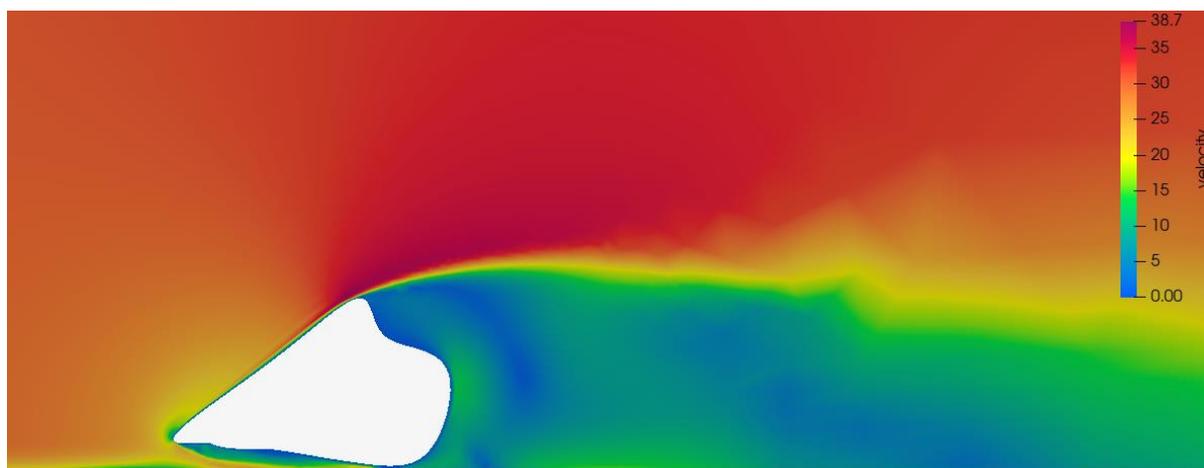
En la figura 49, se puede apreciar la distribución de la presión generada por el aire sobre la pieza del carenado frontal. La mayor presión registrada en la simulación fue de 420 Pa y la menor de -398 Pa. Las mayores presiones aparecen en la primera sección de la pieza que impacta contra el viento, reduciéndose a medida que se sigue recorriendo la pieza hasta que se tienen las presiones más bajas en la parte trasera de la pieza.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

En la figura 50 se puede apreciar el campo de velocidades que existen en la simulación del carenado frontal del primer diseño para una velocidad de 30 m/s (108 km/h). En este caso se puede apreciar que las velocidades más altas se alcanzan en la parte superior del carenado tras impactar el aire con la pieza, siendo el valor más crítico el de 38,7 m/s. Por otra parte, las velocidades más bajas con una tonalidad azul, se encuentra en la zona que está detrás de la pieza, siendo el valor más bajo el de 0 m/s.

Figura 50

Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal Propuesta 1

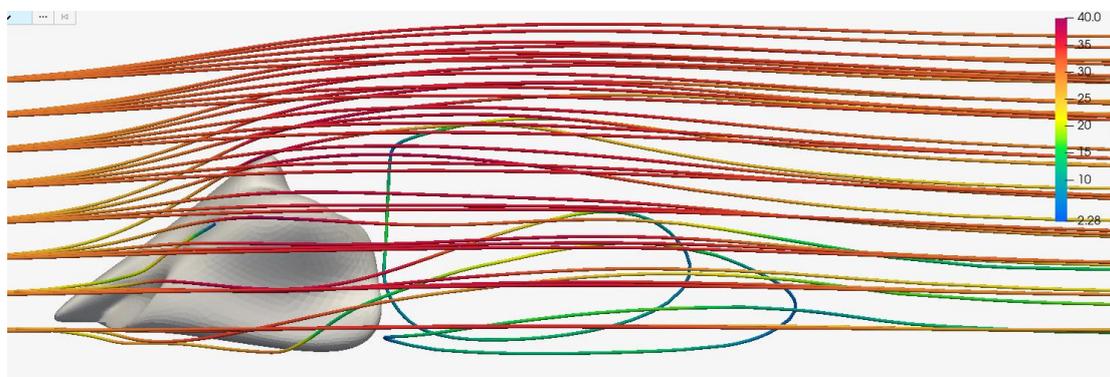


La siguiente figura muestra las “streamlines” de velocidad o las líneas de corriente que muestran de cierta forma la trayectoria del aire y la velocidad con la que el mismo se mueve alrededor de la pieza. En la figura 51 se puede apreciar como la gran mayoría de las líneas que impactan contra la pieza son continuas, generando así que el flujo tenga un comportamiento laminar en la parte superior principalmente. Sin embargo, algunas líneas que impactan en la parte inferior de la pieza generan un comportamiento turbulento pero leve en la parte inferior y posterior del diseño.

Figura 51

Streamlines de Velocidad en la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal Propuesta

1



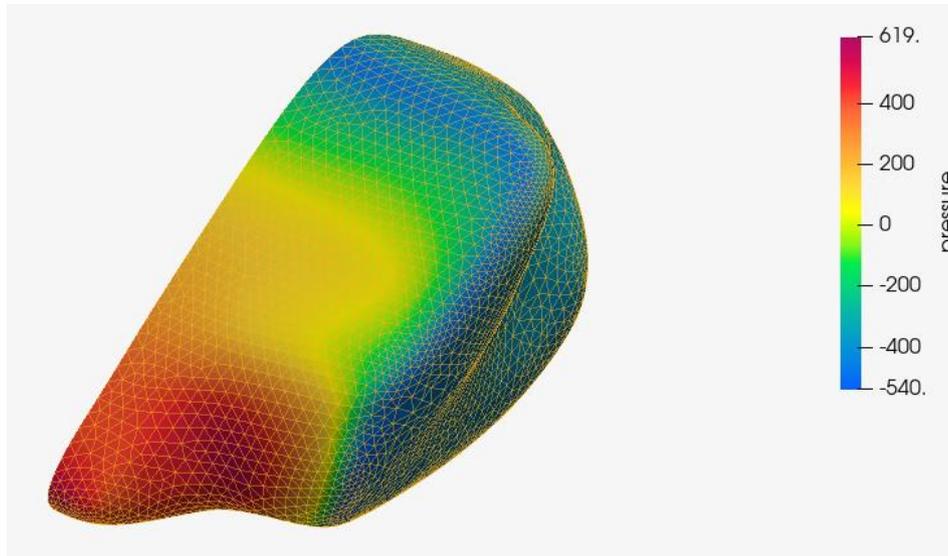
4.2.Simulación del Carenado Frontal Propuesta 2

Los resultados arrojados por la simulación de la propuesta 2 del carenado frontal se muestran en las figuras 52, 53 y 54. En este caso al igual que en el caso del primer diseño se consideraron como factores principales a analizar la presión y las velocidades del fluido a lo largo de la pieza.

En la figura 52, se aprecia la distribución de las presiones a lo largo de la pieza. Generándose las presiones más críticas (zona con coloración roja) en la parte frontal de la pieza, alcanzándose un valor máximo o más crítico de 619 Pa. Por otra parte, existe una reducción gradual de la presión a medida que el fluido sigue recorriendo la superficie del carenado frontal, llegando así a tener el valor más bajo de presión equivalente a -540 Pa en las zonas con una coloración azul como se puede apreciar en la figura en la parte posterior y trasera de la pieza.

Figura 52

Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



El campo de velocidades y las “streamlines” de este factor se muestran en las figuras 53 y 54. En este caso al igual que en el primer diseño se tuvo un comportamiento similar en la velocidad del fluido, provocando que este alcance velocidades de hasta 41,9 m/s tras impactar contra la pieza, pero desviando la trayectoria del aire para que no existan altas velocidades en las secciones posteriores a la pieza. En el caso de las “streamlines” gran parte de estas se mantienen continuas, aunque se mantiene esa pequeña turbulencia generada en algunas líneas de corriente del estudio provenientes de la parte inferior de la pieza, dándose así un comportamiento similar al que se obtuvo en el primer diseño analizado.

Figura 53

Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal

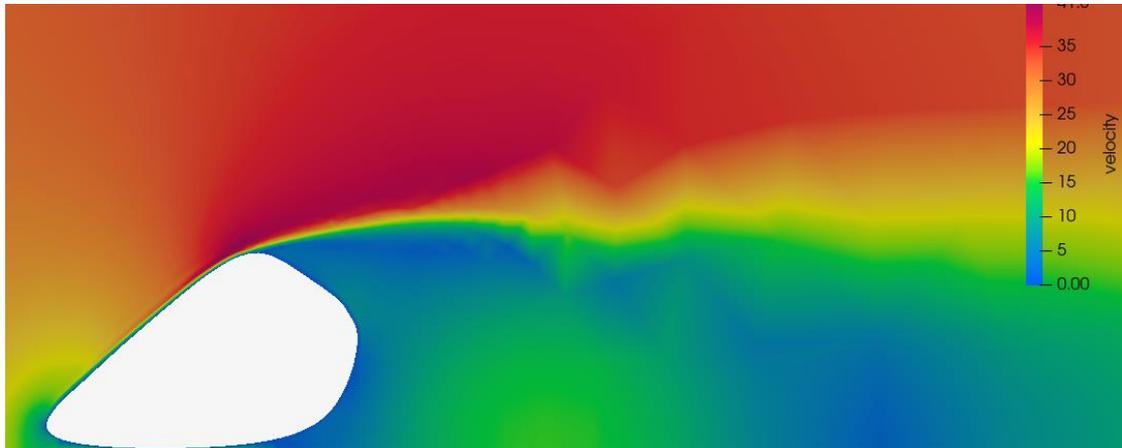
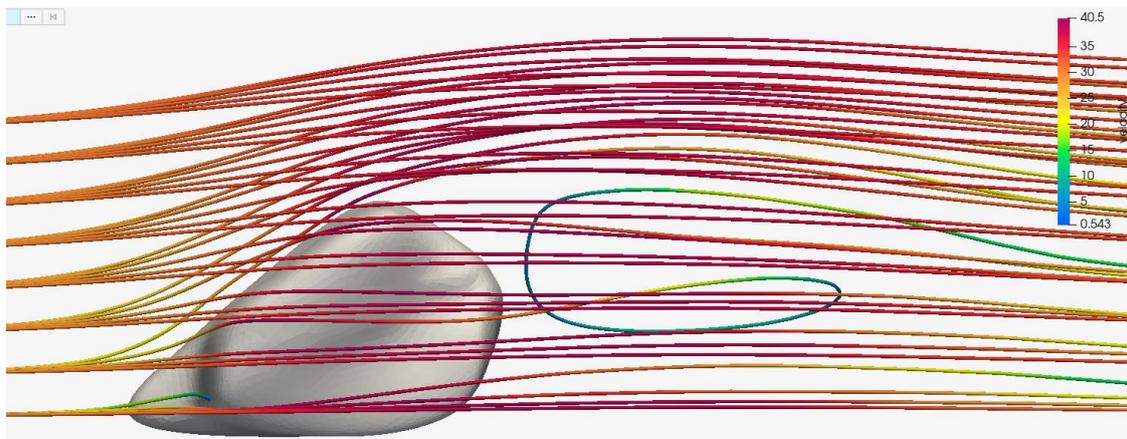


Figura 54

Streamlines de Velocidad en la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



4.3. Simulación del Carenado Frontal Propuesta 3

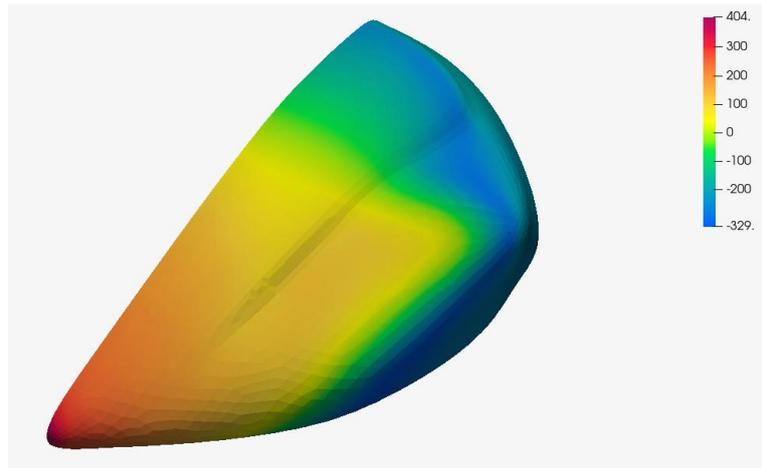
La figura 55, muestra el campo de presiones para la propuesta 3 del carenado frontal. Como se puede apreciar en esta, la máxima presión que se alcanza en la pieza es de 404 Pa y este al igual que en las otras piezas tiene esta presión en la primera sección que impacta contra el aire, aunque esta pieza cuenta con la particularidad de contar con la zona crítica más pequeña a comparación de las otras dos piezas simuladas previamente. Por otra parte, en este

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

diseño se tuvo una presión mínima de -329 Pa y al igual que en los otros diseños las presiones más bajas se encuentran en la parte posterior y trasera de la pieza.

Figura 55

Distribución de Presiones en la Simulación CFD de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



En las figuras 56 y 57, se representa gráficamente el campo de velocidades del fluido al impactar contra la pieza. En este caso se puede observar un comportamiento similar que, en las otras piezas simuladas, al acelerar ligeramente el aire al momento de desviar su trayectoria tras impactar contra la pieza, alcanzándose velocidades de hasta 43,2 m/s. En el caso de las “streamlines” estas en su gran mayoría permanecen continuas tras impactar con la pieza, aunque como se puede apreciar en la zona inferior se sigue manteniendo esa pequeña turbulencia generada en algunas líneas de corriente provenientes de la parte inferior del diseño como se puede apreciar en la figura 57.

Figura 56

Distribución de Velocidades en la Simulación CFD de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal

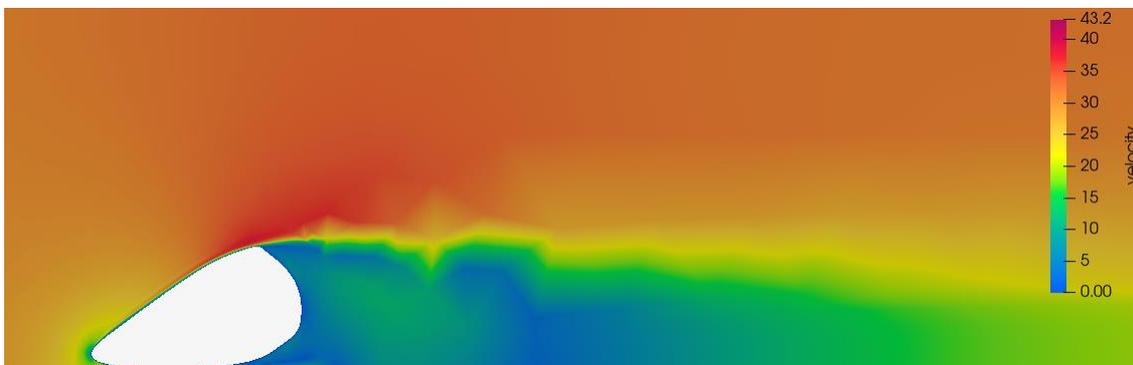
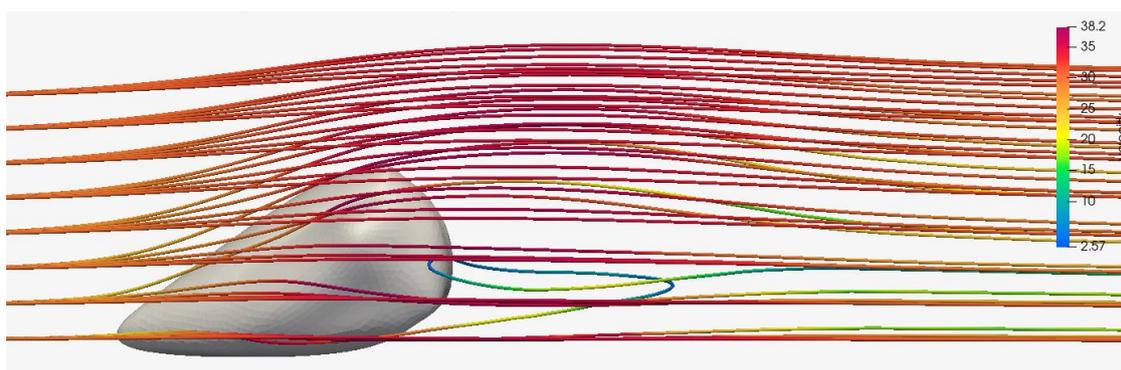


Figura 57

Streamlines de Velocidad en la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



4.4. Interpretación de Resultados de Simulación Aerodinámica

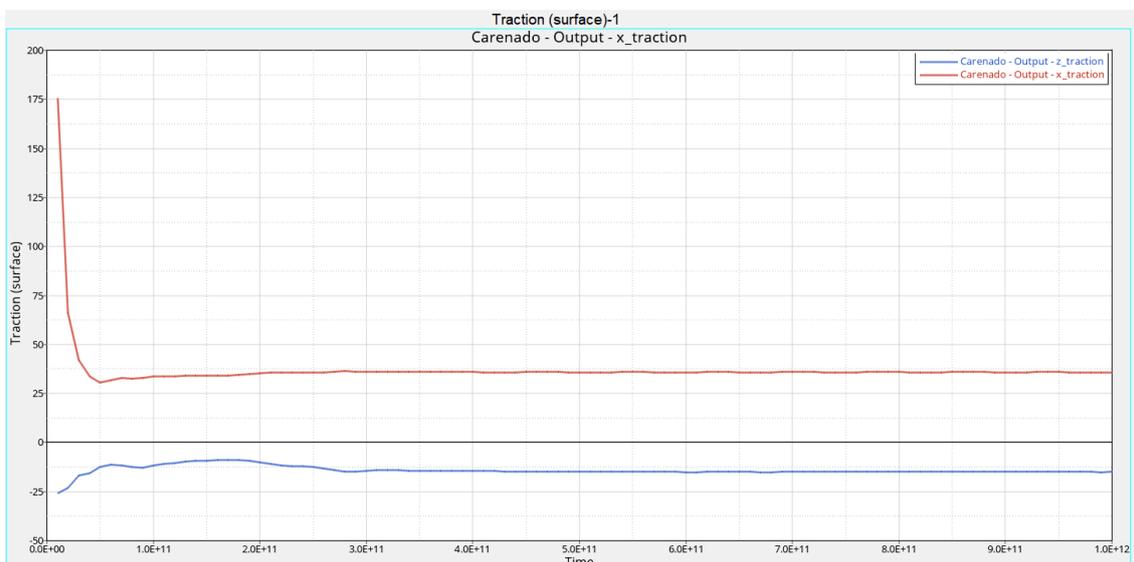
Esta sección aclarará los procedimientos realizados para la obtención de las magnitudes de los factores relevantes para este estudio. Hyperworks CFD es un software en el cual se puede realizar parte del pos-procesamiento de la simulación, pudiéndose obtener datos y representaciones gráficas de velocidades, presiones, viscosidades, etc. Sin embargo, en este estudio los principales factores de análisis son el coeficiente de arrastre y sustentación. Para la obtención de estos datos la simulación arroja la fuerza de arrastre y sustentación y a partir de estos se pueden obtener los coeficientes que son el factor principal de estudio en este trabajo de investigación. El software destinado para la obtención de estos

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

valores es Hypergraph el cual permite obtener las gráficas de la magnitud de estas fuerzas y así mediante las fórmulas 8 y 9 mostradas en secciones anteriores obtener estos coeficientes. En la siguiente figura se muestra una de las gráficas obtenidas en las simulaciones y cuales datos se seleccionan para la realización de los cálculos de los coeficientes relevantes para este estudio.

Figura 58

Gráfica de Fuerza de Arrastre y Sustentación de la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado Frontal



Nota. Gráfica de la fuerza de arrastre (línea roja) y la fuerza de sustentación (línea azul) generada por el carenado de la motocicleta a lo largo de la simulación. Gráfica y datos de la simulación #5 de la propuesta 1 de carenado.

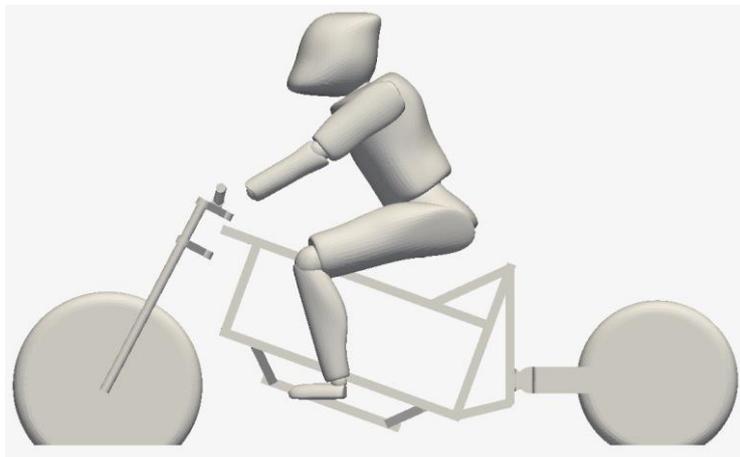
De la figura 58 se selecciona el valor máximo de la fuerza de arrastre y sustentación registrada en toda la simulación, que en este caso fue equivalente a 175,429 N y -25,9410 N respectivamente. La selección de estos valores de la figura 57 se dieron debido a diversos factores que serán explicados más adelante en este estudio en la sección de discusión de resultados.

4.5. Simulación del Desempeño Aerodinámico de la Motocicleta Original

El primer modelo en ser simulado dentro del software CFD fue la estructura original de la motocicleta. En la siguiente figura se puede apreciar el modelo simplificado que se empleó finalmente, este modelo 3D consta de prácticamente la geometría de la estructura de la motocicleta con el piloto. Esta motocicleta originalmente no contaba con ningún carenado que cubriera alguna sección o parte de esta.

Figura 59

Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado para la Simulación CFD



Una vez configurado el túnel de viento para este modelo se procedió a la realización de la simulación, obteniendo los siguientes resultados de presiones y velocidades dentro del software Hyperworks CFD.

La figura 60 muestra la distribución de las presiones existentes en el modelo, teniendo presiones de hasta 553 Pa que se encuentran principalmente en la parte delantera de la motocicleta y gran parte del cuerpo del piloto. En el resto del modelo como se puede apreciar se tienen presiones equivalentes a 0 o negativas.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 60

Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado



La figura 61 muestra las velocidades del aire que existen en las diferentes secciones de la motocicleta y el piloto. El color de fondo representa la velocidad de 30 m/s, tornándose esta más alta hasta los 40.4 m/s en áreas como la parte superior del piloto y en las secciones internas de la motocicleta. Detrás de la motocicleta se pueden encontrar ya velocidades inferiores a los 30 m/s.

Figura 61

Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado

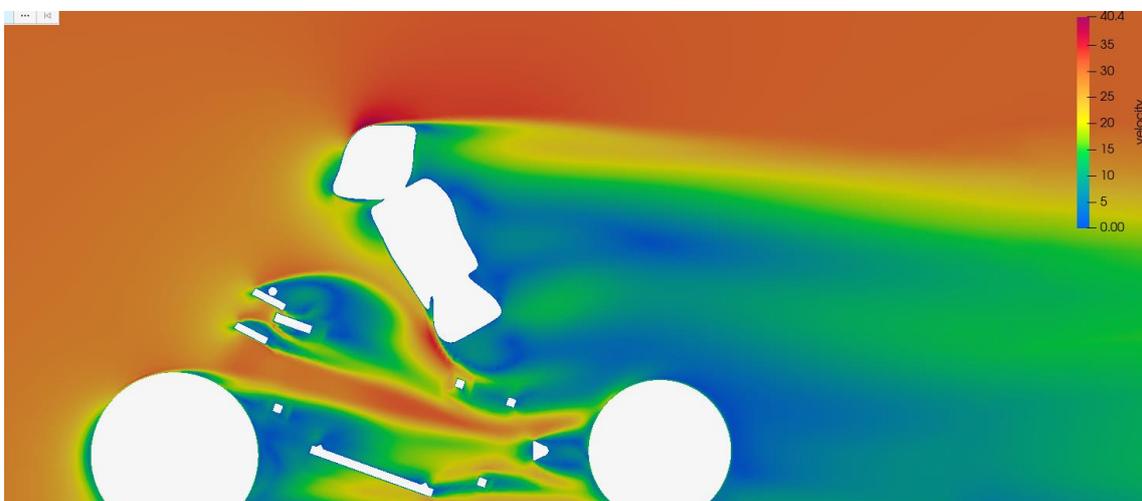
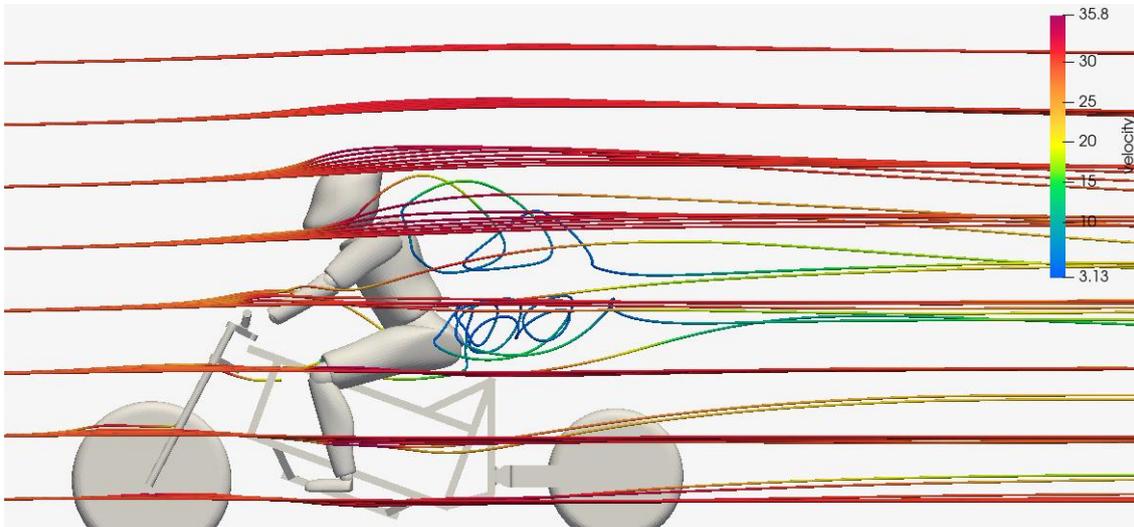


Figura 62

Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Motocicleta Original sin Carenado



En la figura 62 se puede apreciar de mejor manera las líneas de flujo sobre la estructura de la motocicleta y el piloto para una velocidad de 30 m/s. Como se puede apreciar el aire fluye de forma continua a través de la estructura de la motocicleta en su mayoría, pero, se genera una gran turbulencia en la parte posterior del piloto.

En la tabla 8, se muestran los resultados de la fuerza de arrastre y sustentación obtenidos en la simulación CFD en el software HyperGraph. Cada una de estas simulaciones fueron realizadas con las configuraciones de mallado y condiciones de simulación expuestas en secciones anteriores.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tabla 8

Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Motocicleta Original sin Carenado

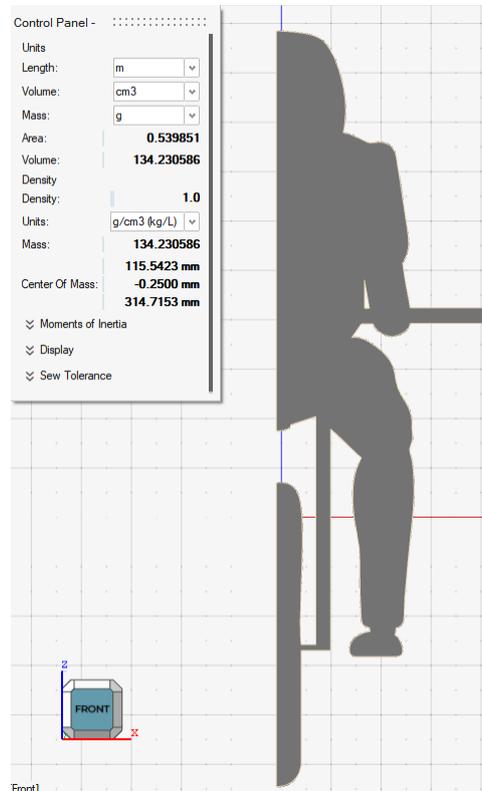
Simulación	N° de Elementos	Fuerza de Arrastre (N)	Fuerza de Sustentación (N)
1	3902558	119,0318	-3,1093
2	3992757	119,0268	-3,2483
3	5473748	119,7888	-3,0522
4	6534605	123,2253	-3,4889
5	11167712	128,6842	-4,0871

Junto con estos resultados, se requiere también obtener el área frontal del modelo para realizar el cálculo de los coeficientes de arrastre y sustentación. Para la obtención de este último dato se procedió a modelar una superficie en base al área proyectada en Inspire Studio y con la herramienta “Area/Volume” se calculó el área frontal como se puede apreciar en la figura 62. Cabe recalcar que únicamente se modeló la mitad del área proyectada ya que al crear la superficie se crean dos caras y por ende con esto ya se obtiene el área frontal total de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 63

Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado



Se obtuvo un área frontal de 0,539 m². Con este último dato ya calculado se procede a realizar los cálculos correspondientes para la obtención de los coeficientes de arrastre y sustentación con las ecuaciones mostradas en secciones previas. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 9.

Tabla 9

Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Motocicleta Original sin Carenado

Simulación	Coeficiente de Arrastre	Coeficiente de Sustentación
1	0,5774	-0,0151
2	0,5773	-0,0158
3	0,5810	-0,0148
4	0,5977	-0,0169
5	0,6242	-0,0198
Promedio	0,5915	-0,0165

La tabla 9 muestra los resultados que se obtuvieron a partir de los resultados arrojados por la simulación en el software CFD y los cálculos del área frontal. Determinando así que el coeficiente de arrastre promedio de este modelo es de 0,5915 y el de sustentación -0,0165.

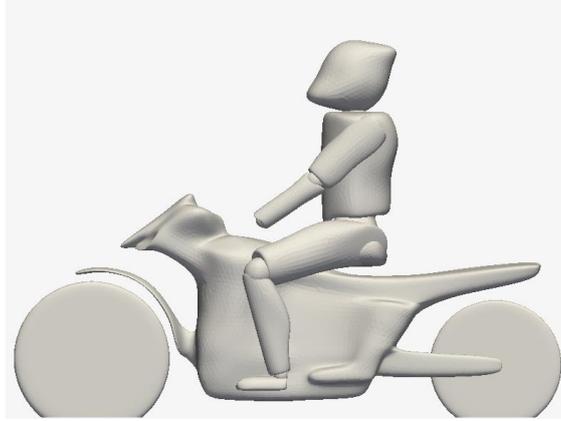
4.6. Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 1

En la figura 64 se puede apreciar el carenado de la propuesta 1 ya con la motocicleta modificada. En este caso se cuenta con un carenado que se encarga de cubrir toda el chasis y los componentes internos de la motocicleta. De igual forma ahora se cuenta también con un carenado frontal en la parte delantera para para la sección de los faros de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 64

Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD

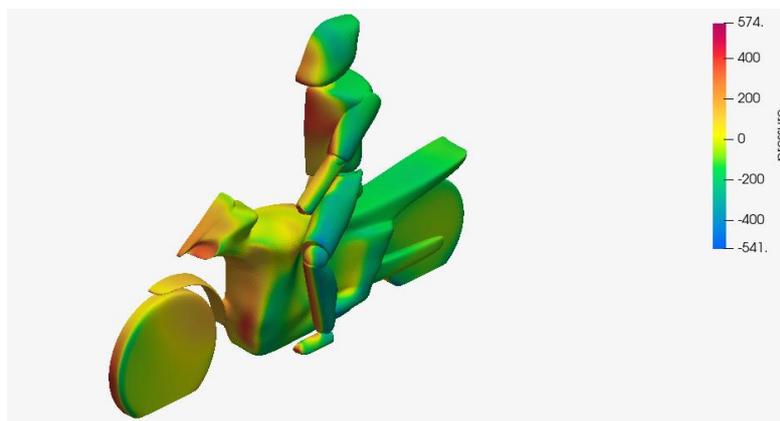


Una vez configurado el túnel de viento para este modelo se procedió a la realización de la simulación, obteniendo los siguientes resultados de presiones y velocidades dentro del software Hyperworks CFD.

La figura 65 muestra la distribución de las presiones existentes en el modelo, identificándose como las zonas más críticas la parte delantera de la motocicleta y algunas secciones del cuerpo del piloto, teniendo presiones de hasta 574 Pa. A medida que se recorre el modelo estas presiones se reducen, siendo las más altas en las secciones del modelo ya mencionadas.

Figura 65

Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

La figura 66 muestra las velocidades del aire que existen en las diferentes secciones de la motocicleta y el piloto. El color de fondo representa la velocidad de 30 m/s, tornándose esta más alta hasta los 37,8 m/s en la parte superior al casco del piloto. Detrás de la motocicleta se pueden encontrar ya velocidades inferiores a los 30 m/s.

Figura 66

Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado

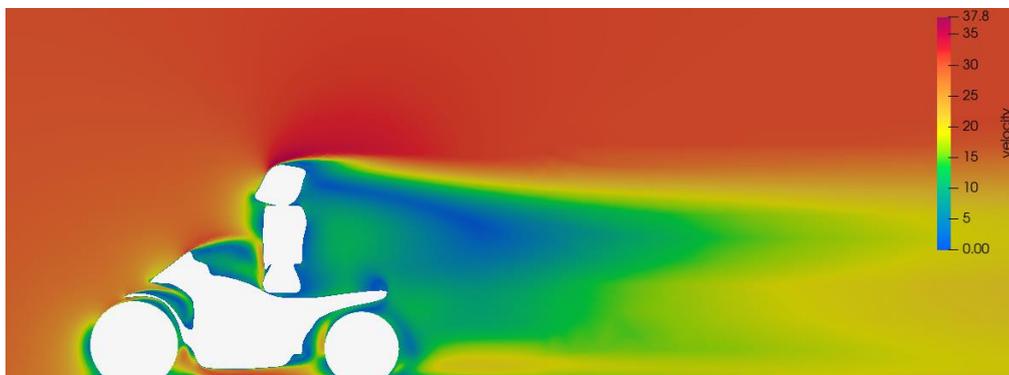
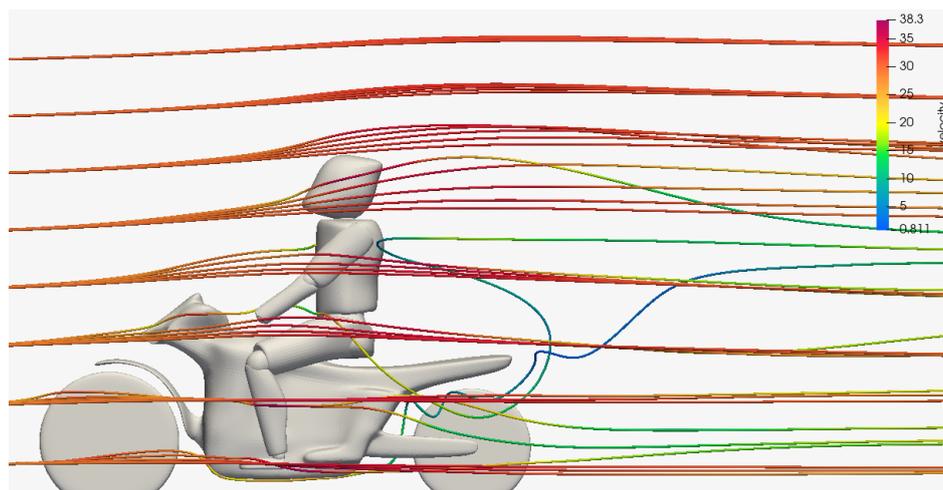


Figura 67

Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado



En la figura 67 se puede apreciar de mejor manera las líneas de flujo sobre la estructura de la motocicleta y el piloto para una velocidad de 30 m/s. Como se puede apreciar el aire fluye de forma continua a lo largo del carenado en gran parte, aunque existen también unas leves

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

turbulencias provenientes del aire que pasa a través del piloto y de la parte inferior de la motocicleta.

En la tabla 10, se muestran los resultados de la fuerza de arrastre y sustentación obtenidos en la simulación CFD en el software HyperGraph. Cada una de estas simulaciones fueron realizadas con las configuraciones de mallado y condiciones de simulación expuestas en secciones anteriores.

Tabla 10

Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado

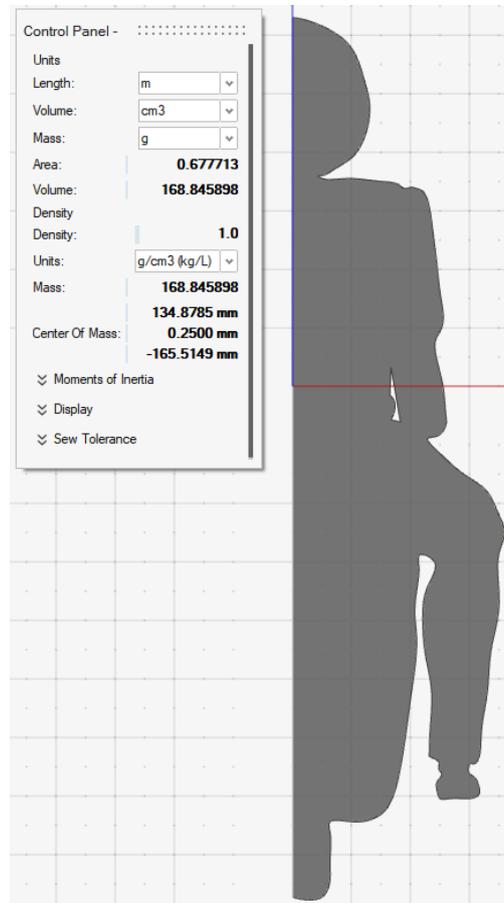
Simulación	N° de Elementos	Fuerza de Arrastre (N)	Fuerza de Sustentación (N)
1	3875132	172,8788	-21,2020
2	3954284	174,5600	-23,4360
3	5031199	172,6480	-22,9280
4	6142364	175,5720	-25,1360
5	12060358	175,4290	-25,9410

Junto con estos resultados, se requiere también obtener el área frontal del modelo para realizar el cálculo de los coeficientes de arrastre y sustentación. Para la obtención de este último dato se procedió a modelar una superficie en base al área proyectada en Inspire Studio y con la herramienta “Area/Volume” se calculó el área frontal como se puede apreciar en la figura 68. Cabe recalcar que únicamente se modeló la mitad del área proyectada ya que al crear la superficie se crean dos caras y por ende con esto ya se obtiene el área frontal total de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 68

Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado



Se obtuvo finalmente un área frontal de $0,678 \text{ m}^2$. Con este último dato ya obtenido se procede a realizar los cálculos correspondientes para la obtención de los coeficientes de arrastre y sustentación con las ecuaciones mostradas en secciones previas. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado

Simulación	Coeficiente de Arrastre	Coeficiente de Sustentación
1	0,6666	-0,0818
2	0,6731	-0,0904
3	0,6657	-0,0884
4	0,6770	-0,0969
5	0,6765	-0,1000
Promedio	0,6718	-0,0915

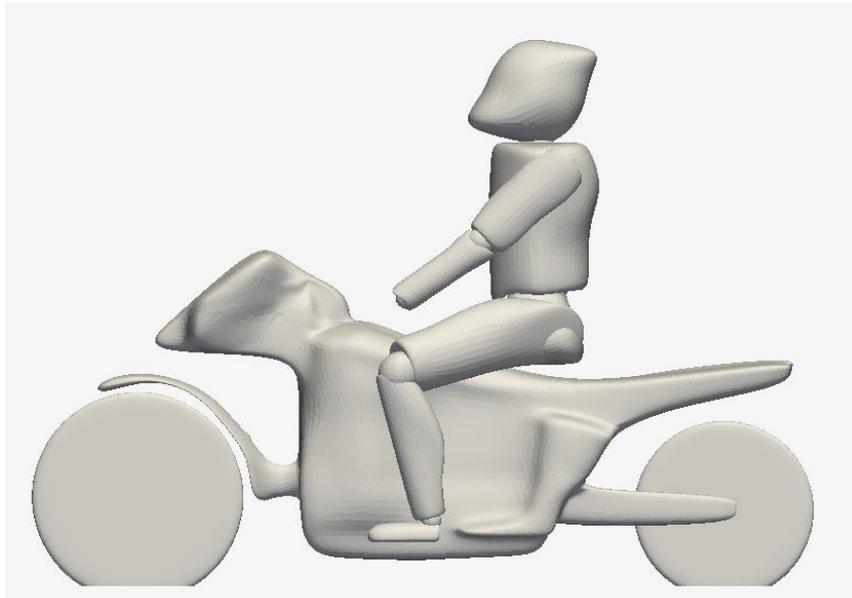
La tabla 11 muestra los resultados que se obtuvieron a partir de los resultados arrojados por la simulación en el software CFD y el cálculo del área frontal. Determinando así que el coeficiente de arrastre promedio de este modelo es de 0,6718 y el de sustentación -0,0915.

4.7.Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 2

En la figura 69 se puede apreciar el carenado de la propuesta 2 ya con la motocicleta modificada. En este caso al igual que en la primera propuesta de diseño de este estudio se cuenta con un carenado que se encarga de cubrir toda el chasis y los componentes internos de la motocicleta. De igual forma ahora se cuenta también con un carenado frontal en la parte delantera para para la sección de los faros de la motocicleta, pero en este caso con una geometría y ángulo de impacto diferente.

Figura 69

Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD



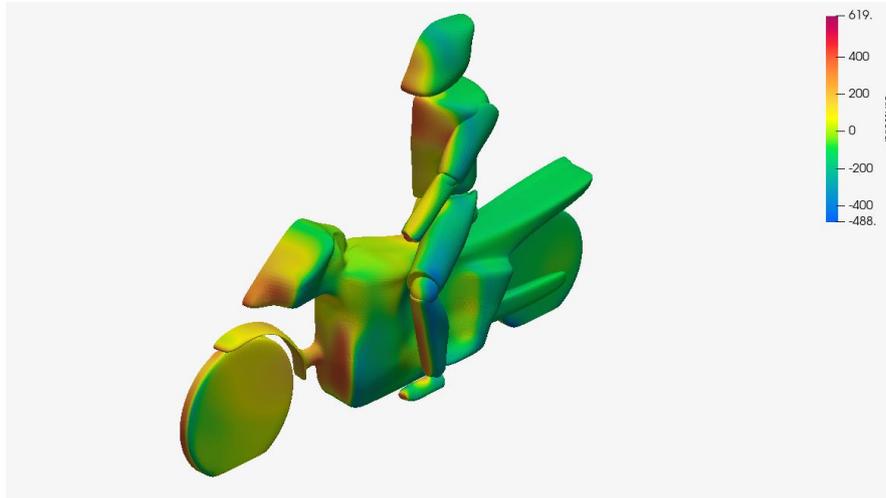
Una vez configurado el túnel de viento para este modelo se procedió a la realización de la simulación, obteniendo los siguientes resultados de presiones y velocidades dentro del software Hyperworks CFD.

La siguiente figura muestra la distribución de las presiones existentes en el modelo, identificándose como las zonas más críticas la parte delantera de la motocicleta y algunas secciones del cuerpo del piloto, teniendo presiones de hasta 619 Pa. A medida que se recorre el modelo estas presiones se reducen, siendo las más altas en las secciones del modelo ya mencionadas.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 70

Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado



En la figura 71 muestra las velocidades del aire que existen en las diferentes secciones de la motocicleta y el piloto. El color de fondo representa la velocidad de 30 m/s, tornándose esta más alta hasta los 37 m/s en la parte superior al casco del piloto. Detrás de la motocicleta se pueden encontrar ya velocidades inferiores a los 30 m/s.

Figura 71

Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado

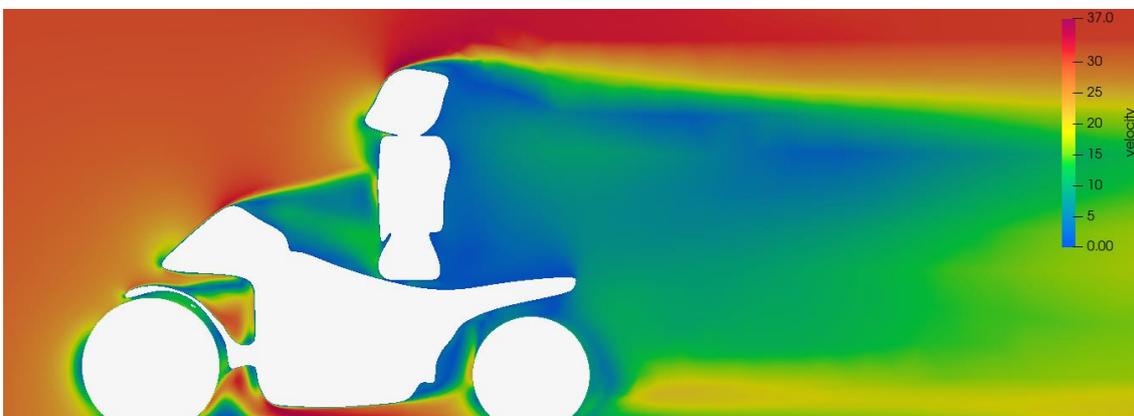
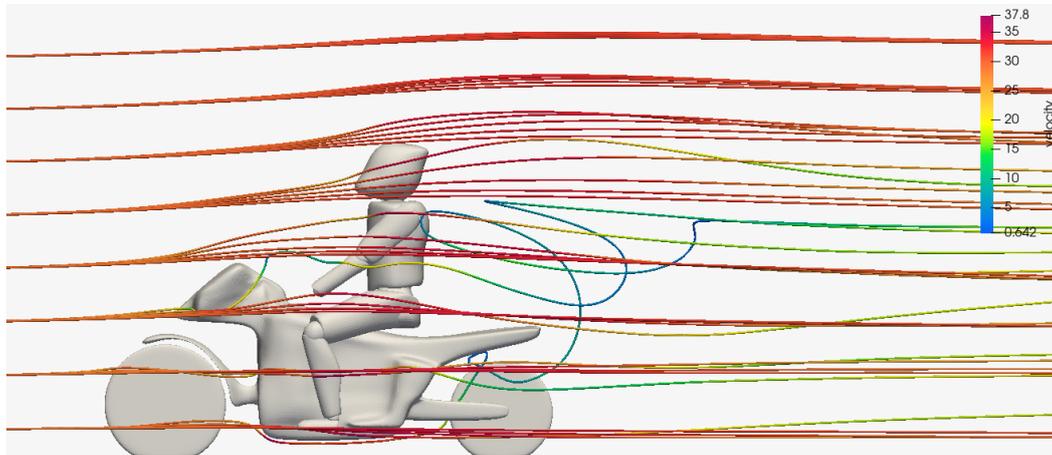


Figura 72

Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado



En la figura 72 se puede apreciar de mejor manera las líneas de flujo sobre la estructura de la motocicleta y el piloto para una velocidad de 30 m/s. Como se puede apreciar el aire fluye de forma continua a lo largo del carenado en gran parte, aunque existen también unas leves turbulencias al igual que en el primer diseño provenientes del aire que pasa a través del piloto y de la parte inferior de la motocicleta, aunque aquí existen más líneas de flujo turbulentas.

En la tabla 12, se muestran los resultados de la fuerza de arrastre y sustentación obtenidos en la simulación CFD en el software HyperGraph. Cada una de estas simulaciones fueron realizadas con las configuraciones de mallado y condiciones de simulación expuestas en secciones anteriores.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tabla 12

Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado

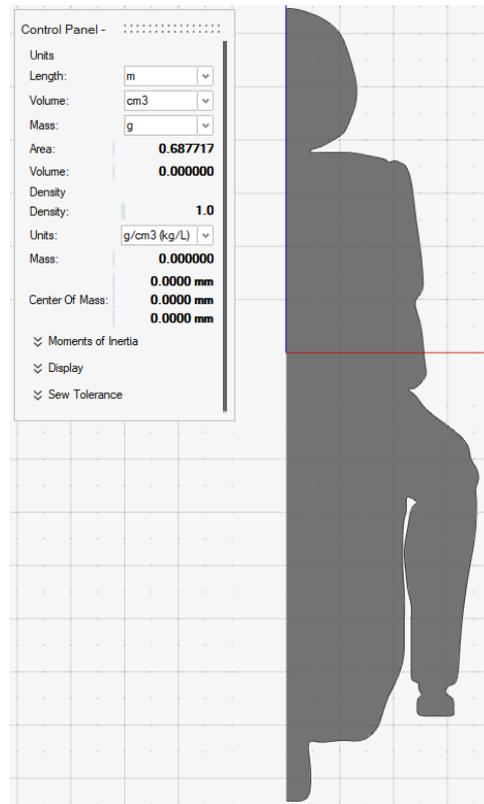
Simulación	N° de Elementos	Fuerza de Arrastre (N)	Fuerza de Sustentación (N)
1	3893297	200,3600	-40,5100
2	3998344	198,5300	-41,7400
3	5133244	198,3500	-43,5000
4	6161605	200,8500	-42,2000
5	7627098	205,7000	-41,9600

Junto con estos resultados, se requiere también obtener el área frontal del modelo para realizar el cálculo de los coeficientes de arrastre y sustentación. Para la obtención de este último dato se procedió a modelar una superficie en base al área proyectada en Inspire Studio y con la herramienta “Area/Volume” se calculó el área frontal como se puede observar en la figura 73. Cabe recalcar que al igual que en los demás casos de estudio se modeló la mitad del área proyectada ya que al crear la superficie se crean dos caras y por ende con esto ya se obtiene el área frontal total de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 73

Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado



Se obtuvo finalmente un área frontal de $0,688 \text{ m}^2$. Con este último dato ya obtenido se procede a realizar los cálculos correspondientes para la obtención de los coeficientes de arrastre y sustentación con las ecuaciones mostradas en secciones previas. Los resultados se muestran en la tabla 13.

Tabla 13

Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado

Simulación	Coeficiente de Arrastre	Coeficiente de Sustentación
1	0,7614	-0,1539
2	0,7544	-0,1586
3	0,7537	-0,1653
4	0,7632	-0,1604
5	0,7817	-0,1594
Promedio	0,7629	-0,1595

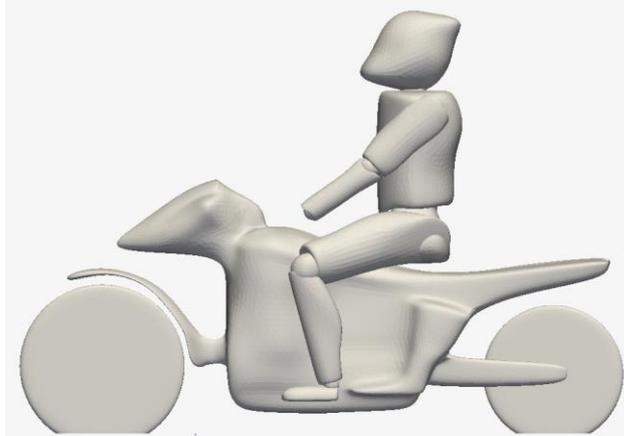
La tabla 13 muestra los resultados que se obtuvieron a partir de los resultados arrojados por la simulación en el software CFD y el cálculo del área frontal. Determinando así que el coeficiente de arrastre promedio de este modelo es de 0,7629 y el de sustentación -0,1595.

4.8. Simulación del Desempeño Aerodinámico del Carenado de la Propuesta 3

La figura 74 muestra el carenado de la propuesta 3 ya con la motocicleta modificada. En este caso al igual que en la primera propuesta de diseño de este estudio se cuenta con un carenado que se encarga de cubrir toda el chasis y los componentes internos de la motocicleta. De igual forma ahora se cuenta también con un carenado frontal en la parte delantera para para la sección de los faros de la motocicleta, pero en este caso con una geometría y ángulo de impacto diferente.

Figura 74

Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado para la Simulación CFD



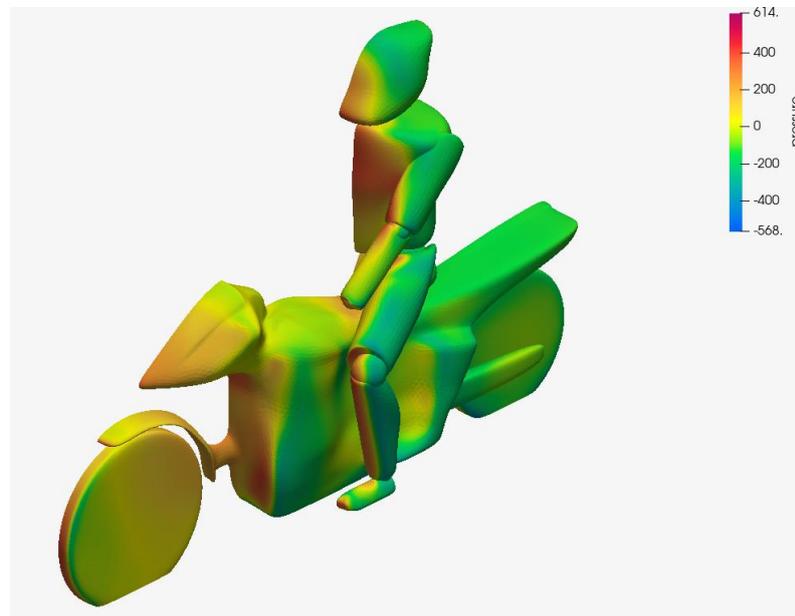
Una vez configurado el túnel de viento para este modelo se procedió a la realización de la simulación, obteniendo los siguientes resultados de presiones y velocidades dentro del software Hyperworks CFD.

La figura 75 muestra la distribución de las presiones existentes en el modelo, identificándose como las zonas más críticas la parte delantera de la motocicleta y algunas secciones del cuerpo del piloto, teniendo presiones de hasta 619 Pa. A medida que se recorre el modelo estas presiones se reducen, siendo las más altas en las secciones del modelo ya mencionadas.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 75

Distribución de Presiones en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado



La figura 76 muestra las velocidades del aire que existen en las diferentes secciones de la motocicleta y el piloto. El color de fondo representa la velocidad de 30 m/s, tornándose esta más alta hasta los 36,9 m/s en la parte superior al casco del piloto. Detrás de la motocicleta se pueden encontrar ya velocidades inferiores a los 30 m/s.

Figura 76

Distribución de Velocidades en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado

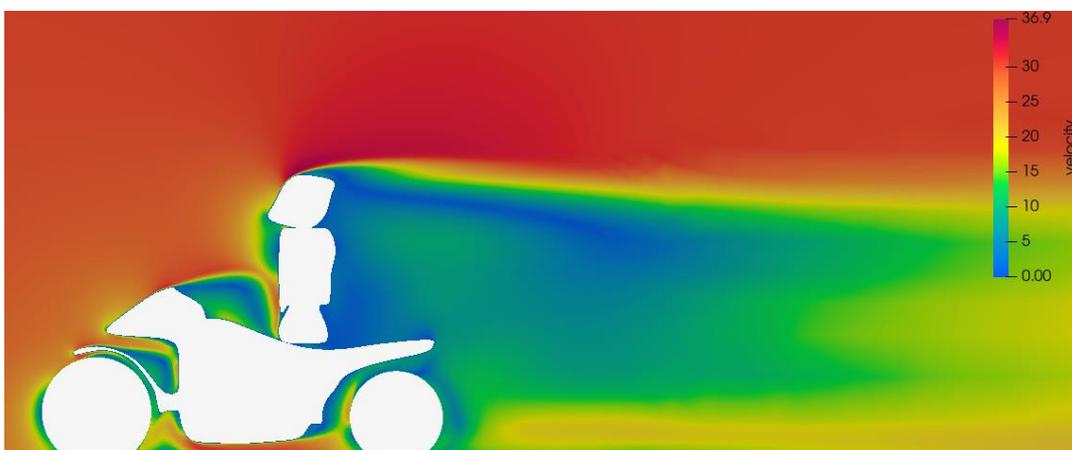
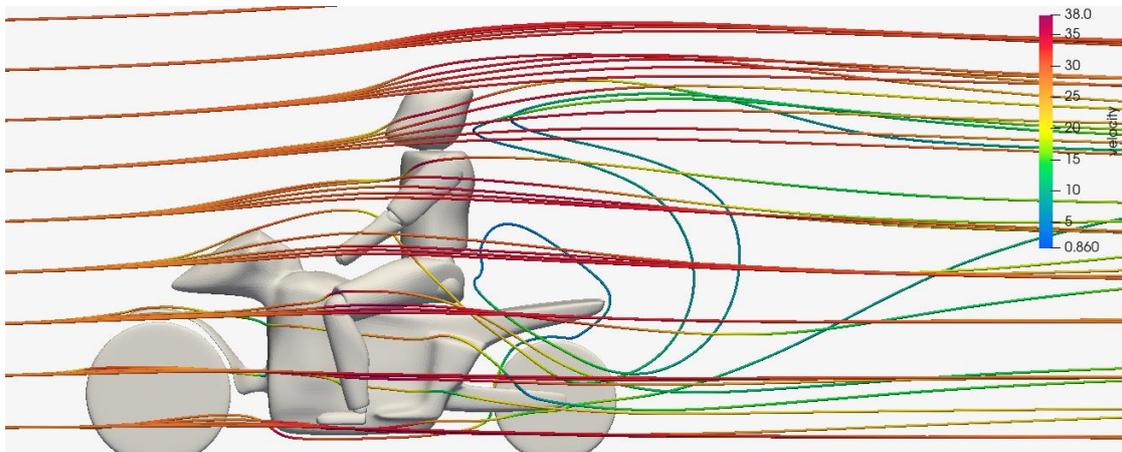


Figura 77

Streamlines de Velocidad en la Simulación#5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado



En la figura 77 se puede apreciar de mejor manera las líneas de flujo sobre la estructura de la motocicleta y el piloto para una velocidad de 30 m/s. Como se puede apreciar el aire fluye de forma continua a lo largo del carenado en gran parte, aunque existen también unas leves turbulencias al igual que en el primer diseño provenientes del aire que pasa a través del piloto y de la parte inferior de la motocicleta, aunque aquí existen más líneas de flujo turbulentas que en los dos modelos analizados previamente.

A continuación, en la tabla 14, se muestran los resultados de la fuerza de arrastre y sustentación obtenidos en la simulación CFD en el software HyperGraph. Cada una de estas simulaciones fueron realizadas con las configuraciones de mallado y condiciones de simulación expuestas en secciones anteriores.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Tabla 14

Resultados de Fuerza de Arrastre y Sustentación de las Simulaciones CFD de la Tercera

Propuesta de Diseño de Carenado

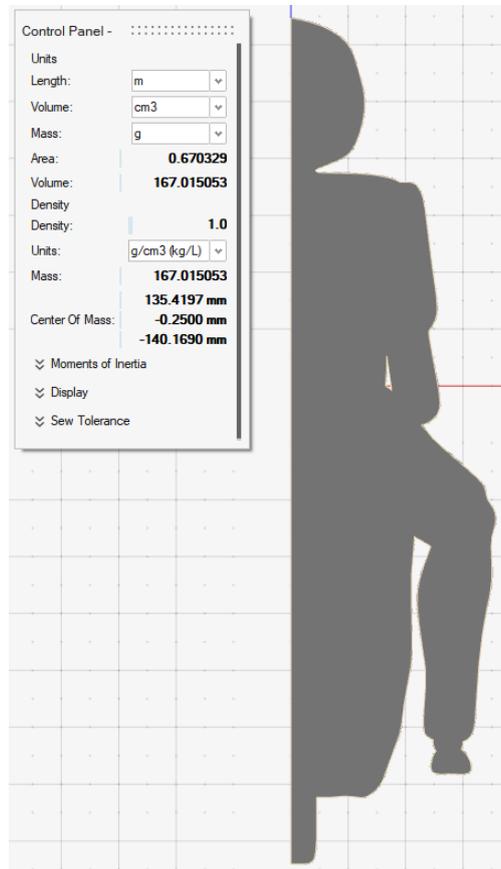
Simulación	N° de Elementos	Fuerza de Arrastre	Fuerza de Sustentación
1	4168269	180,7500	-34,9660
2	3998862	175,4640	-33,8760
3	5095769	173,5000	-34,2900
4	6209468	176,2300	-35,0470
5	9799581	181,5670	-34,2130

Junto con estos resultados, se requiere también obtener el área frontal del modelo para realizar el cálculo de los coeficientes de arrastre y sustentación. Para la obtención de este último dato se procedió a modelar una superficie en base al área proyectada en Inspire Studio y con la herramienta “Area/Volume” se calculó el área frontal como se puede apreciar en la figura 78. Cabe recalcar que al igual que en los demás casos de estudio se modeló la mitad del área proyectada ya que al crear la superficie se crean dos caras y por ende con esto ya se obtiene el área frontal total de la motocicleta.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 78

Área Frontal Proyectada del Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado



Se obtuvo finalmente un área frontal de $0,670 \text{ m}^2$. Con este último dato ya obtenido se procede a realizar los cálculos correspondientes para la obtención de los coeficientes de arrastre y sustentación con las ecuaciones mostradas en secciones previas. Los resultados se muestran a continuación, en la tabla 15.

Tabla 15

Coeficientes de Arrastre y Sustentación del Modelo 3D de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado

Simulación	Coeficiente de Arrastre	Coeficiente de Sustentación
1	0,7053	-0,1364
2	0,6847	-0,1322
3	0,6770	-0,1338
4	0,6877	-0,1368
5	0,7085	-0,1335
Promedio	0,6926	-0,1345

La tabla 15 muestra los resultados que se obtuvieron a partir de los resultados arrojados por la simulación en el software CFD y el cálculo del área frontal. Determinando así que el coeficiente de arrastre promedio de este modelo es de 0,6926 y el de sustentación -0,1345.

4.9. Selección del Diseño del Carenado

Con todos los datos y cálculos realizados con las simulaciones CFD mostradas previamente se puede ya proceder a la selección del diseño más adecuado para el carenado de la motocicleta. Considerando los coeficientes de arrastre y sustentación de los 3 modelos diseñados para seleccionar el mejor desde el punto de vista de desempeño aerodinámico. En la tabla 16 se muestra la comparativa entre los resultados promedio de cada uno de los modelos simulados.

Tabla 16

Comparación de los Coeficientes de Arrastre y Sustentación de los 3 Diseños de Carenado Propuestos

Modelo	Coeficiente de Arrastre	Coeficiente de Sustentación
	Promedio	Promedio
Diseño 1	0,6718	-0,0915
Diseño 2	0,7629	-0,1595
Diseño 3	0,6926	-0,1345

El principal criterio de selección del carenado es el menor coeficiente de arrastre y ya que este es uno de los principales factores para analizar el desempeño aerodinámico, aunque también se debe considerar el menor coeficiente de sustentación ya que el mismo influye sobre la seguridad de la motocicleta al circular a altas velocidades. Cabe recalcar que el coeficiente de sustentación es negativo debido a que la fuerza de sustentación en una motocicleta debe ser negativa, ya que esto asegura que existe una fuerza que impulsa a la motocicleta hacia el suelo evitando que se pierda tracción con facilidad.

Bajo estas premisas se puede determinar que el diseño 1 es el diseño más eficiente desde el punto de vista aerodinámico debido a que este cuenta con el menor coeficiente de arrastre a comparación del resto de modelos. En lo que respecta al coeficiente de sustentación es el más alto de todos los diseños propuestos, sin embargo, el diseño 1 es el ideal para la construcción debido a que el principal objetivo de este estudio es la creación de un carenado aerodinámico, aunque se debe considerar que de igual forma este coeficiente de sustentación no se diferencia demasiado del resto de diseños simulados.

4.10. Construcción del Carenado

4.10.1. Construcción de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor

Una vez realizadas todas las simulaciones correspondientes se procedió a la construcción del carenado con el uso de la fibra de vidrio. Como ya se mencionó en secciones anteriores la construcción de las piezas se las realizó con dos técnicas diferentes. En el caso de la tapa de la computadora de gestión del motor o como comúnmente se le conoce como la sección del tanque de la motocicleta, se utilizó únicamente la tela nylon para la creación de la superficie para la fibra de vidrio.

Figura 79

Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



Nota. Este molde fue creado con el uso de alambre y media nylon sobre la estructura metálica de la motocicleta.

Con la superficie lista se procedió a aplicar las 3 capas de fibra de vidrio para la creación de la pieza.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 80

Aplicación de Fibra de Vidrio sobre el Molde de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



Una vez aplicadas las 3 capas de fibra de vidrio, se comenzó a detectar todas las irregularidades y se procedió a usar masilla polimérica para así crear una superficie lisa y adecuada para la aplicación de fondo y pintura. Una vez aplicada toda la masilla se dibujaron las líneas de simetría sobre el tanque para obtener una pieza uniforme para ambos lados.

Figura 81

Aplicación de Masilla sobre la pieza de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Una vez aplicada la masilla en todas las zonas que se requerían se procedió a lijar con lijas de estereato para la preparación de toda la superficie y dejar la superficie al mismo nivel en todas las zonas y lista para la aplicación de fondo.

Figura 82

Superficie de la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor lista para la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz



Con la superficie lisa y nivelada se procedió a aplicar las capas de fondo correspondientes, lijar la superficie y la aplicación de masilla roja automotriz para la corrección de las últimas irregularidades que puedan quedar sobre la pieza y nuevamente lijar la superficie para dejar la pieza lista para la aplicación de pintura.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 83

Tapa de la Computadora de Gestión del Motor con la Aplicación de las Capas de Fondo de Relleno Automotriz



Una vez preparada toda la superficie y aplicado el fondo, se procedió finalmente a aplicar todas las capas de pintura y barniz necesarias para que la pieza tenga un acabado brillante y resistente a fenómenos externos como el sol y la lluvia.

Figura 84

Aplicación de las Capas de Pintura y Barniz en la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Como último paso, se decidió imprimir algunas calcomanías y “stickers” para mejorar el aspecto estético de la motocicleta únicamente. Se seleccionaron diseños de internet y se aplicó a los mismos tonalidades verdes y negras para que combinen y mejoren el aspecto estético de las piezas y de la motocicleta.

Figura 85

Tapa de la Computadora de Gestión del Motor con Calcomanías



4.10.2. Construcción de los Paneles Laterales del Carenado

En el caso de los paneles laterales del carenado o el carenado lateral de la motocicleta, se empleó una técnica de construcción del molde diferente al empleado en la tapa de la computadora de gestión del motor como se explicó en secciones anteriores. En estas piezas de igual forma se construyó un molde inicial con la ayuda de alambre y tela nylon, pero esta vez sobre la misma se colocó la espuma de poliuretano para la construcción del molde. Una vez preparado el molde se procedió a la aplicación de la fibra de vidrio como se puede observar en las figuras 86 y 87.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 86

Preparación del Molde de Espuma del Carenado Lateral Izquierdo



Figura 87

Aplicación de Fibra de Vidrio sobre el Molde de Espuma del Carenado Lateral Izquierdo



Una vez aplicadas todas las capas de fibra de vidrio necesarias al igual que en el caso de la tapa de la computadora de gestión del motor, se aplicó masilla para crear una superficie lo más uniforme y lisa posible para poder aplicar fondo de relleno automotriz, aplicación de masilla roja y terminar de preparar las piezas para la aplicación de pintura y barniz. La figura

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

88 y 89 muestran la preparación de la superficie y la aplicación de las capas de fondo de relleno automotriz.

Figura 88

Superficie del Carenado Lateral Derecho para la Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz



Figura 89

Pieza del Carenado Lateral con la Aplicación de todas las capas de Fondo de Relleno Automotriz



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Con todas las capas de fondo aplicadas y la superficie de las piezas completamente limpias, se procedió a la aplicación de pintura y barniz. Las figuras 89 y 90 muestran este procedimiento en cada uno de los carenados laterales.

Figura 90

Aplicación de Pintura y Barniz en el Carenado Lateral Izquierdo



Figura 91

Aplicación de Pintura y Barniz en el Carenado Lateral Derecho



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Al igual que en la pieza de la tapa de la computadora de gestión del motor, se decidió imprimir algunas calcomanías manteniendo de igual forma las tonalidades verde y negro para de esta forma mejorar el aspecto estético de la misma. En la figura 92 se puede apreciar el aspecto final de la pieza una vez que se adhirieron todas las calcomanías y los “stickers”.

Figura 92

Carenado Lateral Izquierdo con Calcomanías



4.10.3. Construcción del Carenado Frontal

La pieza del carenado frontal al igual que las piezas de los carenados laterales de la motocicleta fue construido con el uso de un molde de espuma de poliuretano. En esta pieza al prácticamente construirse desde cero y no tener una guía en base a la estructura de la motocicleta, se procedió a crear un bloque de espuma y comenzar a darle forma en base a las dimensiones y geometría del modelo simulado en secciones anteriores. La figura 93 y 94 muestran el molde de la pieza y la posterior aplicación de la fibra de vidrio en este.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 93

Molde de Espuma del Carenado Frontal



Figura 94

Aplicación de la Fibra de Vidrio sobre el Molde de Espuma



Una vez que ya se aplicaron todas las capas de fibra de vidrio, se procedió a aplicar la masilla para preparar la pieza para la aplicación de fondo y posteriormente corregir todas las fallas restantes con masilla roja automotriz y así dejar lista la pieza para aplicar pintura y

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

barniz, con la menor cantidad de imperfecciones posible. En las figuras 95 y 96 se puede apreciar la preparación de la pieza previa a los acabados finales.

Figura 95

Superficie del Carenado Frontal para Aplicación de Fondo de Relleno Automotriz



Figura 96

Corrección de Fallas en el Carenado Frontal con Masilla Roja Automotriz



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Con la pieza libre de imperfecciones se procedió a la aplicación de las capas de pintura y barniz para darle el acabado final de la pieza. Al igual que en las piezas mostradas previamente, se adhirieron algunas calcomanías para mejorar el aspecto estético de las piezas. La figura 97 muestra el aspecto final de la pieza.

Figura 97

Pieza del Carenado Frontal con Calcomanías



4.10.4. Aplicación de Pintura y Adaptación del Guardabarros Frontal

En el caso del guardabarros frontal se decidió adaptar un guardabarros de alguna motocicleta disponible en el mercado. Esto se lo decidió hacer debido a que la geometría del guardabarros era bastante compleja como para hacerla en un molde de espuma y por esta razón se optó por buscar el que mejor se adapte al diseño de la motocicleta planteado en este estudio.

El guardabarros frontal seleccionado fue el de la motocicleta “Pulsar 180”, esta fue la pieza disponible en el mercado que mejor se adaptó al diseño propuesto, aunque de igual forma fue necesario realizar algunos cortes para adaptar está completamente al diseño de este

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

estudio. Las dimensiones finales del guardabarros frontal se pueden apreciar en el anexo X. Por otro lado, el guardabarros originalmente era de color azul, por esta razón fue necesario preparar la pieza para repintar el mismo del color blanco del que se pintó el resto de las piezas.

En lo que respecta a la preparación para la aplicación de pintura, este proceso fue mucho más sencillo en esta pieza. En este caso únicamente se utilizó lija de estereato 600 para retirar el brillo de la pieza. Al tratarse de una pieza plástica, se aplicó una capa de adherente para plásticos para aplicar el fondo de relleno para un mejor acabado. Con el adherente aplicado, se procedió a aplicar 2 capas de fondo y finalmente corregir algunas imperfecciones como rayones y pequeñas irregularidades con las que ya contaba la pieza con el uso de masilla roja automotriz. La figura 98 muestra la preparación del guardabarros frontal para la aplicación de pintura y barniz.

Figura 98

Preparación del Guardabarros Frontal para la Aplicación de Pintura y Barniz



La figura 98 muestra la pieza del guardabarros frontal con la aplicación del fondo de relleno y la masilla roja automotriz.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Una vez preparada la superficie de la pieza, se procedió a repetir el mismo procedimiento de las piezas anteriores, aplicando las capas de pintura y barniz para darle los acabados finales y tras esto la adhesión de algunas calcomanías para mejorar el aspecto estético de la pieza.

Figura 99

Guardabarros Frontal con Calcomanías



4.10.5. Adaptación de la Cola de la Motocicleta

La cola o colín de la motocicleta al igual que en el caso del guardabarros delantero fue adaptado a partir de modelos encontrados en el mercado debido a la compleja geometría con el que cuenta esta pieza. En este caso se empleó la cola con la que contaba una motocicleta construida en la universidad en el estudio denominado “Diseño mediante Simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica” realizado por Molina, R. en el año 2019. La cola adaptada con la que contaba esta motocicleta era la de una Honda modelo CB1 Star 125 cc.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 100

Motocicleta construida en el estudio "Diseño mediante Simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica"



Nota. La figura muestra la motocicleta eléctrica que se había construido en la universidad en el año 2019. Tomado del estudio “Diseño mediante Simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica” realizado por Molina, R. en el año 2019 (pág. 137).

Se decidió utilizar esta cola debido a la similitud que tenía la misma con las dimensiones y geometría del modelo planteado en este estudio, aunque fue necesario realizar ciertas modificaciones para que se adaptará completamente al diseño de la motocicleta de este estudio y su estructura. La cola está conformada por dos piezas, las cuales se pueden apreciar en las figuras 101 y 102.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 101

Parte Superior de la Cola de la Motocicleta Honda modelo CB1 Star



Figura 102

Parte Inferior de la Cola de la Motocicleta Honda modelo CB1 Star



Estas piezas por su parte se decidió no aplicar un proceso de pintura o calcomanías por ende lo único que se realizó fue adaptar la misma a la estructura de la motocicleta.

4.10.6. Montaje y Armado de la Motocicleta

Una vez terminados los procesos de aplicación de pintura y barniz y adhesión de calcomanías sobre las piezas, estas se encontraban completamente listas para ser montadas en el chasis de la motocicleta.

El ensamble de las piezas se lo realizo con el uso de pernos de diversos calibres y longitudes, así como también con el uso de otros métodos de sujeción como lo son los remaches. A continuación, se especifican los elementos de sujeción empleados para el ensamble de cada una de las piezas en la estructura:

- Carenado frontal: 2 pernos Allen M6 x 30 mm fabricados en acero INOX con sus respectivas arandelas y tuercas.
- Guardabarros frontal: 2 pernos Allen M6 x 30 mm fabricados en acero INOX con sus respectivas arandelas.
- Carenados laterales: 5 pernos Allen M6 x 30 mm fabricados en acero INOX con sus respectivas arandelas y tuercas por cada pieza.
- Cola o colín: 2 remaches de 5/32" x 1/2" y 2 remaches de 5/32" x 3/4".
- Tapa de la computadora de gestión del motor: 2 pernos M6 x 50 mm fabricados en acero INOX con sus respectivas arandelas y tuercas.
- Asiento de la Motocicleta: 2 pernos Allen M8 x 50 mm fabricados en acero INOX con sus respectivas tuercas.

Para el ensamble de la motocicleta, primero se fijaron los carenados laterales y después de esto se ensambla la tapa de la computadora de gestión del motor. Una vez colocados estos elementos se puede fijar el asiento para que encaje con estas piezas en conjunto con la cola o colín. Por último, se colocaron el carenado y guardabarros frontal en la

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

parte delantera de la motocicleta. En las figuras 103, 104 y 105 se muestra el ensamble total de la motocicleta.

Figura 103

Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta



Figura 104

Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta



Figura 105

Ensamble y Armado Completo de la Motocicleta



4.11. Discusión de Resultados

En lo que respecta al análisis de los resultados arrojados por el software en el caso de los carenados frontales, las presiones generadas en las piezas por su impacto contra el aire fueron relativamente cercanas entre sí y se mantuvieron dentro de un rango aceptable, llegando estas a no superar los 1000 Pa. Al compararlo con otros trabajos realizados como es el caso de “Estudio térmico y aerodinámico de motocicleta eléctrica de competición” por M. Fortuna en el año 2018, se tiene una presión máxima de 680 Pa en el carenado de una motocicleta tipo deportiva a una velocidad de 33,33 m/s. En las simulaciones realizadas en la zona crítica de cada carenado se tuvo presiones máximas de:

- Carenado frontal propuesta 1: 420 Pa
- Carenado frontal propuesta 2: 619 Pa
- Carenado frontal propuesta 3: 404 Pa

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Estos resultados y su comparación con estudios similares permiten determinar que el diseño de cada uno de los carenados propuestos se vería sometidos a presiones dentro de un rango permisible a estas velocidades y permiten determinar que la configuración del túnel de viento y de las condiciones de simulación fue la apropiada para la obtención de resultados válidos.

En el caso de la velocidad del aire y sus alteraciones al impactar contra cada uno de los carenados, estos cuentan con un comportamiento normal en base a los resultados obtenidos en la teoría investigada. Cada carenado como se pudo apreciar en las figuras expuestas en secciones anteriores desvió la trayectoria del aire generando que este se acelere ligeramente en la parte superior tras impactar contra el carenado, llegando a alcanzar velocidades de hasta 43 m/s como fue el caso de la propuesta de diseño 3, pero evitando que el fluido con estas velocidades superiores a los 30 m/s llegue a la sección que se encuentra detrás de cada uno de los carenados frontales, cubriendo áreas como la tapa de la computadora de gestión del motor y parte del cuerpo del piloto. Adicional a esto las líneas de corriente demostraron que las piezas frontales generaban en su mayoría un flujo laminar, generándose muy pocas líneas turbulentas lo cual en gran medida ayuda para que el fluido impacte de mejor manera contra una de las zonas más críticas como es el piloto.

Las representaciones gráficas de las “streamlines” que se obtuvieron en el pos-procesamiento de cada uno de los modelos permitieron observar el comportamiento del fluido tras impactar con el carenado frontal de la motocicleta, permitiendo así analizar si el fluido adquiriría un comportamiento laminar y turbulento tras este fenómeno. En las figuras 62, 67, 72 y 77 se pudo determinar que los diseños que más turbulencia provocaron en la motocicleta fueron el diseño sin carenado y el diseño 3. En el caso del diseño sin carenado esto debido a que no existía ningún elemento que cubriera al piloto o parte de este, además de que al no contar con un carenado el fluido se tornó turbulento detrás del piloto al tener una geometría

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

de impacto demasiado irregular. En el caso del tercer diseño de igual forma existieron algunas líneas turbulentas que se generaron después de que el aire impacte primero contra el carenado frontal y luego contra el piloto, sin embargo, esta turbulencia es pequeña y no tan aleatoria como fue en el caso del diseño sin carenado. En los otros dos diseños de igual forma se generaron pequeñas turbulencias no considerables y que sobre todo se generaron por el recorrido del fluido por la parte inferior de la motocicleta, sección que, por la forma de la estructura y presencia de elementos como la batería en la parte inferior de esta, el diseño del carenado se encontraba limitado a seguir la forma con la que ya contaba la motocicleta y su chasis.

La interpretación de los resultados obtenidos sobre la fuerza de arrastre y sustentación de cada uno de los modelos se lo realizó con el uso de la herramienta Hypergraph. En la figura 58, se puede apreciar una de las gráficas pertenecientes a las simulaciones CFD realizadas, de esta gráfica se decidió seleccionar el valor máximo de cada una de las fuerzas en base a diversos factores y criterios. En primera instancia al ser esta la mayor fuerza de arrastre y sustentación registrada en la simulación, esta debe considerarse a fin de poder verificar el desempeño aerodinámico del modelo en las condiciones más desfavorables. También se consideró esta fuerza debido a que, en base a la revisión bibliográfica realizada, la magnitud de estas fuerzas máximas va acorde a los valores obtenidos de estas fuerzas en otros estudios, como es el caso del trabajo realizado por M. Fortuna en donde en las simulaciones se obtuvo una fuerza de arrastre de 146.56 N. Por último, también se realizaron cálculos considerando la magnitud de las fuerzas de arrastre y sustentación que se mostraron al final de la simulación y el promedio de los valores registrados a lo largo de esta, sin embargo se obtuvieron coeficientes de arrastre alrededor de 0,15 lo cual no puede ser considerado como un resultado válido debido a que este valor es muy bajo en comparación a otras motocicletas del mercado y los resultados obtenidos en otros estudios y por esta razón

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

se decidió descartar estos valores y trabajar únicamente con las fuerzas máximas de arrastre y sustentación registradas en la gráfica.

El siguiente factor que se analizó fue el coeficiente de arrastre obtenido en las simulaciones de la motocicleta y sus diferentes diseños. Como ya se mencionó en secciones anteriores, en un vehículo o motocicleta como es en este caso, siempre se busca obtener el menor coeficiente de arrastre posible, ya que esto se traduce en que se requerirá menor cantidad de energía para que la motocicleta pueda avanzar a través del aire, lo cual en un vehículo o motocicleta eléctrica puede ayudar a optimizar la autonomía de la batería al requerirse menor energía para que esta se pueda desplazar. Según Arias M. en su libro “Motocicletas” el coeficiente de arrastre promedio de una motocicleta puede estar entre 0,4 y 0,5 considerando una variación del 10% que puede darse debido a la posición del piloto. A continuación, se muestra una tabla comparativa de los coeficientes de arrastre promedio obtenidos en cada uno de los diseños y geometrías de la motocicleta:

Tabla 17

Tabla Comparativa de los Coeficientes de Arrastre Promedio de la Motocicleta sin Carenado y las 3 Propuestas de Diseño de Carenado

Modelo	Coeficiente de Arrastre Promedio
Motocicleta sin Carenado	0,5915
Diseño 1	0,6718
Diseño 2	0,7629
Diseño 3	0,6926

A partir de los resultados de la tabla 17 pareciera que la motocicleta más eficiente es la original que no contaba con un carenado, desde esta perspectiva pareciera que el llevar una

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

motocicleta sin carenado sería la mejor opción para esta motocicleta eléctrica, sin embargo, esto no es viable debido a varios aspectos técnicos que se explican a continuación. En primera instancia se debe considerar que esta moto al no tener carenado tenía una muy baja área frontal lo cual provoca que el aire no impacte contra un área tan grande mientras la motocicleta avanza, ayudando a que se reduzca la fuerza de arrastre generada. En este caso al estar trabajando en una motocicleta eléctrica, el carenado no cumple únicamente con una función aerodinámica sino también de protección. El carenado se encarga de proteger de los fenómenos externos como la lluvia a elementos como la computadora de gestión del motor, las baterías o el inversor, los cuáles si llegan a entrar en contacto con el agua entrarían en corto y dejarían de funcionar. Por ende, es inviable en el caso de una motocicleta eléctrica el no contar con un carenado. Adicional a esto, se debe tomar en cuenta también el piloto y la posición en la cual este debía colocarse para poder manejar la motocicleta. La posición en la que se colocó al piloto en la motocicleta original a diferencia de como se lo coloco en los diseños propuestos cuando ya se modificó el chasis de la motocicleta fue diferente. En la motocicleta original el piloto fue más agachado lo cual también provoco que se reduzca aún más el área frontal de la motocicleta ayudando a que esta tenga un mejor desempeño aerodinámico. Además, se debe considerar que la posición en la cual debió colocarse para conducir no era ergonómica, lo cual a largo plazo o con prolongados tiempos de conducción podrían llegar a causar lesiones o inclusive ser un factor que aumente el riesgo de sufrir lesiones importantes en caso de un accidente de tránsito. Considerando todos estos factores era inviable conservar la motocicleta en su estado original sin un carenado, por esta razón era necesario llevar a cabo un estudio en el cual se diseñe y simule un diseño de carenado adecuado que beneficie al rendimiento de una motocicleta eléctrica.

En base a estos resultados de los coeficientes de arrastre obtenidos en el estudio, estos se encuentran dentro de los coeficientes típicos de una motocicleta, que como se mencionó en

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

secciones anteriores se encuentran alrededor de 0,4 y 0,5. En este estudio se obtuvieron coeficientes ligeramente superiores al promedio, pero dentro de los rangos permisibles de otras motocicletas de producción de marcas reconocidas.

Tabla 18

Tabla Comparativa de los Coeficientes de Arrastre de Diversas Motocicletas de Producción con el Piloto en Diferentes Posiciones de Manejo

Description of bike	Rider prone	Rider sitting
Yamaha Venture		0.75
Honda V65 Magna		0.61
Honda Blackbird	0,44 / 0,49	0,72 / 0,81
Honda VF1000F	0.40	0.46 / 0.45
Aprilia Mille	0,52	0,61
Ducati 916	0,49 / 0,57 / 0,53	0,61 / 0,69 / 0,61
BMW R1100 RT	0,53	0,97
BMW K100RS	0.40	0.43
Yamaha R1 (1998)	0,57	0,62
Yamaha FJ1100	0.43	0.48
Kawasaki GPZ900R	0.36	0.43
Suzuki GSX1100EF	0.41	0.44
Suzuki GSXR750	0.32	
Suzuki Hayabusa	0.31	
Kawasaki ZX-12R	0.34	
Yamaha OW69	0.32	
Honda 1996 RS125	0.20	
Honda 1990 RS125	0.19	
Honda RS500	0.24	
Rifle faired Yamaha	0.15	

Nota. Tomado de *Motorcycle Handling and Chassis Design the Art and Science* (pg 141- Capítulo 5-4), por T. Foale, 2006.

Comparando los resultados del carenado diseñado con los coeficientes de arrastre de las motocicletas expuestas en la tabla 18, las motocicletas comparables con la diseñada serían la Ducati 916, Honda Blackbird y la Yamaha Venture. En este caso se deben considerar los valores expuestos en la parte derecha de la tabla, ya que estos coeficientes consideran el coeficiente de arrastre generado con el piloto sentado como en los diseños propuestos. Esto permite deducir que los coeficientes de arrastre con los que cuentan los diseños creados en

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

este estudio van acorde a otras motocicletas producidas en el mercado y que permiten dar validez a los datos obtenidos.

El siguiente elemento que se debe analizar es la sustentación y su coeficiente. Como ya se mencionó este factor es importante analizar debido a que influirá en gran medida sobre la seguridad de la motocicleta a altas velocidades ya que demostrará la tracción o adherencia al piso que esta puede generar. Los resultados obtenidos en la simulación de cada uno de los diseños propuestos y la motocicleta sin carenado se muestran a continuación:

Tabla 19

Tabla Comparativa de los Coeficientes de Sustentación Promedio de la Motocicleta sin Carenado y las 3 Propuestas de Diseño de Carenado

Modelo	Coeficiente de Sustentación Promedio
Motocicleta sin Carenado	-0,0165
Diseño 1	-0,0915
Diseño 2	-0,1595
Diseño 3	-0,1345

Los coeficientes de sustentación negativos mostrados en la tabla permiten concluir que el diseño con mejor tracción es el diseño 2, aunque como ya se mencionó previamente en este estudio se hizo especial énfasis en el coeficiente de arrastre y desempeño aerodinámico. El diseño 1 y 3 cuentan con una sustentación menor pero no se distancian demasiado del diseño 2. Por otro lado, la motocicleta sin carenado cuenta con un coeficiente de sustentación bastante alto, esto debido a que la misma llegó a generar únicamente de 3 N a 4 N de fuerza en promedio hacia el suelo. Esto la hace bastante propensa a provocar que a velocidades

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

como a los 30 m/s (108 km/h), se pueda llegar a perder fácilmente la adherencia al piso de la motocicleta, perdiendo estabilidad y aumentando el riesgo de accidentes de tránsito.

En lo que respecta a los coeficientes de sustentación obtenidos en general en este estudio, los valores de estos son aceptables ya que al compararlo con otros estudios similares como el realizado por Vásquez L, en dónde se obtienen coeficientes de sustentación promedio de -0,109, -0,530 y 0,134 se puede determinar que la sustentación generada por los diseños propuestos es aceptable y válido.

En el proceso de construcción, la técnica que permitió crear piezas con mejor calidad fue la creación de los moldes a partir del uso de espuma de poliuretano y masilla polimérica. Esto debido a que esto permitió crear una superficie mucho más lisa sobre la cual se pudo asentar mucho mejor la fibra de vidrio, permitiendo reducir potencialmente las irregularidades existentes sobre la superficie de la pieza final.

La construcción con el uso de únicamente la tela nylon brindo bastantes problemas debido a que, en el caso de la tapa de la computadora de gestión del motor, que fue la única pieza que se construyó con esta técnica, se pudo obtener la pieza final, pero como se puede observar en la figura 105 existieron muchas irregularidades en esta, provocando que se requiera de la aplicación de masilla poliéster para la corrección de estas fallas consumiendo muchos materiales y tiempo para poder obtener la pieza con el acabado deseado.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Figura 106

Aplicación de Fibra de Vidrio sobre la Tapa de la Computadora de Gestión del Motor



Por esta razón, las demás piezas se decidieron construir con la ayuda de espuma poliuretano de expansión, creando así un molde mucho más firme sobre el cual colocarse la fibra de vidrio, ayudando a reducir potencialmente las irregularidades en la capa final, permitiendo acelerar el proceso de construcción del carenado.

Figura 107

Pieza del Carenado Lateral Derecho recubierta de Fibra de Vidrio



Como se puede apreciar en la figura 107, perteneciente a los paneles laterales de la motocicleta se pudo obtener una pieza con una superficie mucho más lisa, reduciendo así la utilización de materiales como masilla polimérica, acelerando así el proceso de preparación de

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

la pieza para la etapa de pintado de esta. Adicional a esto, también se debe considerar que el uso de más masilla implica también un aumento de peso de las piezas, lo cual es un factor que se debe tomar en cuenta en una motocicleta eléctrica, ya que como se explicó en secciones anteriores es importante también contar con un carenado que sea ligero para de esta forma lograr la mayor eficiencia energética posible.

V. Conclusiones

- Se determinó que los diseños creados en este estudio con los softwares CAD y CAE y luego evaluados con el uso de softwares CFD lograron tener un desempeño aerodinámico aceptable, ya que se pudieron obtener coeficientes de arrastre ligeramente superiores al promedio general de las motocicletas que ronda cerca del 0,4 y 0,5. Además, los coeficientes de arrastre obtenidos en los modelos desarrollados en este estudio se asemejan a los coeficientes con los que cuentan algunas motocicletas del mercado.
- El modelo seleccionado fue el diseño 1, el cual contaba con un coeficiente de arrastre de 0,6718 que como ya se mencionó es un valor que se encuentra dentro de los rangos de otras motocicletas de producción de diversas marcas. En lo que respecta al coeficiente de sustentación de igual forma se cuenta con un coeficiente de -0,0915 el cual es un valor aceptable y se acerca a los valores obtenidos en otros estudios como es el caso del desarrollado por Vásquez L. en el año 2020. Estos resultados permiten concluir que la motocicleta será eficiente desde el punto de vista aerodinámico y además será estable y segura, ya que una sustentación negativa implica que la misma tiende a no perder tracción o adherencia al suelo a altas velocidades.
- En base a las simulaciones realizadas se puede concluir que el ángulo de impacto del carenado frontal de una motocicleta tiene una gran influencia sobre el desempeño aerodinámico de esta. En este estudio se tuvieron 3 ángulos de impacto contra el viento diferentes (Diseño 1-38°, diseño 2-42° y diseño 3-36°), siendo el más eficiente el diseño con el ángulo de 38°. Con esto se puede concluir que dentro del rango entre los 35° y los 45° uno de los ángulos de impacto contra el viento más eficientes desde el punto de vista aerodinámico es cercano a los 38°. Esto de igual forma se lo puede analizar en el estudio realizado por Vásquez L. en dónde de igual forma el diseño

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

óptimo en términos de coeficiente de arrastre fue el modelo que contaba con un ángulo de impacto de $37,62^\circ$.

- Las simulaciones CFD demostraron que un carenado eficiente desde la perspectiva aerodinámica, que en este caso se vio al dar un adecuado ángulo de impacto al carenado frontal, permitió reducir la fuerza de arrastre que se genera en la motocicleta. Esta reducción de la fuerza de arrastre representa una mayor eficiencia energética, ya que se requiere una menor cantidad de energía para que la motocicleta se pueda desplazar a través del aire. Por ende, se concluye que la hipótesis planteada en este estudio es verdadera.
- En lo que respecta a los softwares de diseño Inspire e Inspire Studio los mismos fueron de gran ayuda para la creación de cada uno de los carenados que se requerían. La herramienta “Polynurbs” fue de gran ayuda para la creación y modelado de cada uno de los carenados, permitiendo crear las curvas y detalles requeridos en cada una de las geometrías con facilidad.
- Se determinó que la utilización de espuma de poliuretano para la creación del molde y no únicamente la tela nylon ayuda a mejorar significativamente el acabado de la pieza final. Esto debido a que la espuma permite crear una superficie mucho más lisa sobre la cual se puede asentar con mayor facilidad la fibra ayudando a reducir las irregularidades de la superficie y requiriendo así menos masilla poliéster para la corrección de imperfecciones, reduciendo significativamente el uso de este material a la par de emplear un menor tiempo en el procedimiento de preparación de la superficie para la aplicación de fondo y pintura automotriz.
- Se concluyó que la fibra de vidrio tipo E es un material adecuado para la creación de piezas dentro de la industria automotriz. Esto debido a que la misma permitió crear piezas resistentes para el carenado de la motocicleta y a la par brindar una superficie

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

adecuada para la aplicación de pintura automotriz y así dar un acabado adecuado y resistente a fenómenos externos.

VI. Recomendaciones

- En lo que respecta a la creación de los modelos para las simulaciones, modelos como el de la motocicleta original en el cual no se contaba con un carenado y existían muchos detalles por ejemplo en el amortiguador, se recomienda eliminar estos elementos ya que cuentan con geometrías muy complejas que pueden resultar complicadas de mallar y que luego pueden dar errores durante las simulaciones. Eliminar estos elementos es la mejor opción ya que además de evitar potenciales puntos de problemas para el mallado, no influyen sobre la aerodinámica de la motocicleta, permitiendo consumir menos recursos computacionales durante la simulación.
- En el caso de la simulación CFD se recomienda a futuro realizar un estudio de los fluidos que circulan a través de la motocicleta. Esto con el fin de evaluar y analizar el comportamiento térmico que tendrían elementos como las baterías al momento de interactuar con los fluidos que llegasen a circular a través del carenado de la motocicleta.
- La construcción de un carenado con fibra de vidrio es un procedimiento que se debe realizar con bastante cuidado y en el cual se debe repartir de la forma más uniforme posible materiales como la resina, esto con el fin de lograr obtener un acabado superficial liso y reducir al mínimo el consumo de implementos como masilla para la corrección de errores en la superficie final.
- Emplear fibra de vidrio de diferentes gramajes con el fin de lograr construir con mayor facilidad piezas en dónde existan geometrías complejas. Una capa de fibra de vidrio con un gramaje de 30 gr/m^2 es lo ideal para la primera capa de la pieza, esta permitirá obtener con facilidad y mayor precisión la forma final que se desea de la pieza, ayudando a mejorar la calidad final de la superficie de la pieza.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

- El uso de una mascarilla de alta calidad con filtrado de partículas, guantes de nitrilo y gafas es esencial en todo momento esto debido a que materiales como la resina pueden llegar a ser tóxicos durante largos tiempos de exposición, por ende, es necesario utilizar equipos de protección personal a fin de evitar problemas en la piel o en las vías respiratorias.
- El trabajo con fibra de vidrio y resinas se debe procurar realizarlo en espacios abiertos o que sean bastante ventilados, esto debido a los fuertes olores que expulsan materiales como la resina y por las pequeñas fibras que se desprenden durante el trabajo las cuales pueden permanecer durante largos períodos de tiempo si se trabaja en un espacio cerrado.
- En el proceso de construcción y pintado de las piezas del carenado se debe evitar exponer a las mismas a fenómenos externos y sustancias como el agua o grasas, esto debido a que las mismas pueden contaminar la superficie provocando que después en el proceso de pintado se puedan formar burbujas o la pintura incluso llegue a reventarse y dañarse por la presencia de estas sustancias.
- Es importante que mientras se trabaja con la fibra de vidrio, el cobalto y el “Meck” no se encuentren juntos en ningún momento, esto debido a que los mismos al juntarse provocan una reacción exotérmica, provocando el riesgo de que en caso de que sean almacenados de forma incorrecta los mismos puedan provocar un incendio o destruir algún elemento.
- Se recomienda con el fin de evitar consumir muchos materiales ir lavando las brochas regularmente entre cada capa de fibra a aplicarse en las piezas o máximo cada 10 minutos con bicarbonato y agua. Esto ayudará a evitar que las cerdas de la brocha se peguen entre sí con la resina ya que si esto pasa se tendrá que desechar la brocha ya que no permitirá distribuir la resina sobre la fibra de vidrio de forma adecuada.

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

- Se recomienda que al momento de trabajar en una pieza bastante grande como en este caso fueron los paneles laterales de la motocicleta se trabaje bajo techo o con un clima no muy caliente. Esto es importante porque el trabajar en un clima muy caliente acelera bastante el proceso de secado de la resina pudiendo provocar que esta se seque antes de que la fibra se acabe de adherir completamente al molde realizado. Esto de igual forma aplica al momento de aplicar la masilla poliéster sobre la pieza ya que este elemento al estar catalizado con una alta temperatura puede secarse rápidamente, acortando el tiempo que se tiene para la adecuada aplicación de esta, provocando que se puedan gastar materiales si es que se preparó una gran cantidad.
- En lo que respecta al proceso de aplicación de pintura y barniz sobre las piezas se tenga bastante cuidado al momento de preparar la mezcla y la aplicación de esta. Se debe procurar que la mezcla no quede muy espesa y posterior a esto aplicar la pintura con cuidado, procurando evitar arrojar mucha pintura sobre una zona, para así evitar que la misma se pueda derramar durante el proceso de aplicación y secado, provocando así la generación de gotas o imperfecciones que luego se deban corregir.
- Es recomendable que en caso de que se llegasen a formar imperfecciones sobre la pintura como gotas, por ejemplo, se reduzcan estas imperfecciones con cuidado con la ayuda de una cuchilla para posteriormente lijar la zona con el uso de lijas de estereato de denominación 1000 y 1200 y posteriormente aplicar pulimento y pulir la zona para la eliminación de estas imperfecciones y darle brillo a la zona trabajada.
- Se recomienda que al momento de emplear pulimento y pulir zonas con imperfecciones en la pieza se tenga mucho cuidado de no aplicar demasiado producto y no pulir demasiado. Esto debido a que este proceso lo que hace es básicamente desgastar ligeramente la zona y si se realiza sin cuidado o durante mucho tiempo se

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

pudiese llegar a desgastar la pintura, provocando así que se dañe el acabado final de la pieza.

VII. Referencias Bibliográficas

- Gomis, G. M. (2019). Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe y Oportunidades Para la Colaboración Regional: 2019.
- Reyes-Campaña, G. G., Guanuche-Larco, D. J., Pulles-Tinoco, S. A., & Aguirre-Stoica, M. S. (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 937-958
- Foale, T. (2002). *Motorcycle Handling and Chassis Design* (2° Edition, Vol. 1). FOALE, A.E.
- Schuetz, T. (2016). *Aerodynamics of road vehicles* (pp. i-xix). SAE.
- Vogel, C. (2009). *Build your own electric motorcycle*. McGraw Hill Professional.
- Movilidad eléctrica no atrae en Ecuador. (2021, 15 noviembre). *Diario La Hora*. Recuperado 11 de abril de 2022, de <https://www.lahora.com.ec/pais/movilidad-electrica-autos-ecuador/>
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador-AEDE (2021). Anuario 2021. Quito: AEDE.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2022, 14 de enero) *En 2021 el sector eléctrico dinamizó la economía nacional con un 93.2 % de generación renovable y la exportación de más de 500 GWh* [Comunicado de Prensa]. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/en-2021-el-sector-electrico-dinamizo-la-economia-nacional-con-un-93-2-de-generacion-renovable-y-la-exportacion-de-mas-de-500-gwh/>
- Mayo Mendoza, B. (2011). *Estudio sobre la eficiencia energética de una motocicleta eléctrica* (Tesis de Maestría). Repositorio Universidad Carlos III de Madrid <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11722>

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Romero Andrades, A. (2020). *Diseño y simulación de un cargador de batería para una motocicleta eléctrica* (Tesis de Pregrado). Depósito de Investigación Universidad de Sevilla <https://idus.us.es/handle/11441/104474>

Universidad de Delft. (s. f.). *Course / edX: Automóviles Eléctricos: Tecnología*. edX.

Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://learning.edx.org/course/course->

[v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020/block-](https://learning.edx.org/course/course-v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020/block-)

[v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@sequential+block@a242b18eed94c0db430](https://learning.edx.org/course/course-v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@sequential+block@a242b18eed94c0db430)

[bb323d40fc23/block-](https://learning.edx.org/course/course-v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@vertical+block@9075a9c425614229a5cd2192df5c720b)

[v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@vertical+block@9075a9c425614229a5cd21](https://learning.edx.org/course/course-v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@vertical+block@9075a9c425614229a5cd2192df5c720b)

[92df5c720b](https://learning.edx.org/course/course-v1:DelftX+eCARS2SPx+3T2020+type@vertical+block@9075a9c425614229a5cd2192df5c720b)

Twenergy. (2022). *Guía: Precios de motos eléctricas en 2021*. Recuperado 2 de mayo de

2022, de <https://twenergy.com/coches-electricos/guia-precios-motos-electricas/>

Vásquez Martínez, J. L. (2020). *Diseño asistido por computador y construcción de la*

carrocería de una moto eléctrica. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad

Autónoma de Bucaramanga.

<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/13417>

Tecnología de los plásticos (2011). *Fibra de Vidrio*. Recuperado 2 de mayo de 2022 de

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

Altamirano, E, & Medina, L (2015). *Determinación de los factores para la inclusión en el*

cambio de la matriz productiva de los productores de pintura automotriz de la zona

norte de quito (caso pinturas américa) (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad

Politécnica Salesiana.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10130>

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Abracom (2021). *¿A qué se refieren cuando nos hablan de cintas de lija con estearato?*

Recuperado 2 de mayo de 2022 de <https://www.abracom.es/es/blog/post/116-a-que-se-refieren-cuando-nos-hablan-de-cintas-de-lija-con-estearato.html>

Codinter (s.f.). *Pistolas para pintar: Guía sobre su uso, partes y tipos*. Recuperado 2 de mayo de 2022 de <https://www.codinter.com/es/pistolas-para-pintar-guia-uso-partes-tipos/>

Robalino, D. (2012) *Diseño de un sistema de destilación para la purificación del thinner de los residuos de pintura automotriz en multiservicios San Andrés*. (Tesis de Pregrado).

Repositorio Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1971>

Sherwin Williams (s.f.). *Thinner PU 117*. Recuperado 2 de mayo de 2022 de

<https://www.sherwin-automotive.com/ec/es/productos/complementarios/diluyentes-thinner-desengrasante#:~:text=Diluyente%20dise%C3%B1ado%20para%20productos%20en,pinturas%20y%20barniz%20de%20poliuretano.>

Escobar, M. (2020) *Diseño de una cabina de aplicación de pintura convencional para vehículos livianos*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad Mayor de San Andrés

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/29755>

Arias, A., & Cediel, M. (2019). *Estudio práctico de la aerodinámica en un automóvil deportivo utilizando el programa de dinámica de fluidos computacional Flow de Solidworks*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Unidades Tecnológicas de Santander.

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1371>

Paredes, L., & Pozo, M. (2020). *Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador un Mecanismo para Reducir Emisiones de*

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

CO2. *Revista Técnica "Energía"*, 16(2), 91-99.

<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.356>

Hucho, W. H. (Ed.). (2013). *Aerodynamics of road vehicles: from fluid mechanics to vehicle engineering*. Elsevier.

Ezcurra Alfaro, S. (2017). *Estudio aerodinámico de una motocicleta de competición*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/25368>

Huarte Martínez, R. (2017). *Estudio de posibles mejoras aerodinámicas en moto de competición*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/24735>

BAPTISTA, L. (2004). Pilar; Fernández Collado, Carlos; Hernández Sampieri, Roberto. *Metodología de la Investigación*. México DF: Mc Graw Hill.

Albán Pucha, A. (2016) *Análisis y simulación aerodinámica de una motocicleta de carretera tipo custom 125 cc. mediante dinámica de fluidos computacional (dfc) y propuesta de diseño de un carenado frontal*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4558>

Espinosa Tabango, P. (2013) *Diseño de una estación de trabajo para los estudiantes de la universidad central del Ecuador*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universidad Central del Ecuador <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1931>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2669, Cascos de Protección para Conductores de Motocicletas y Pasajero, 1ra Revisión (2014).

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

B. Christopher, «Comsol.com,» 4 2015. [En línea]. Available:

<https://www.comsol.com/blogs/studying-the-airflow-over-a-car-using-anahmed-body/>. [Último acceso: 2 2020].

Cajamarca, D & Vásquez C. (2016). *Diseño y construcción de la carrocería para el prototipo de competencia Shell Eco Marathon*, (Tesis de Pregrado) Repositorio Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6258>

Iglesias, P & Rodríguez, J. (2019). *Mejora aerodinámica de una moto de competición*. (Tesis de Pregrado). Repositorio Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/175806>

Galarza Asanza, P. M., & Uzhca Cayo, A. F. (2018). *Análisis de un prototipo de tanque de combustible para motocicletas fabricado con material compuesto (fibra de vidrio) mediante ensayos físicos según la norma J SAE JASO T906-2002* (Tesis de Pregrado). Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Anónimo. (2011). Tecnología de los Plásticos. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

Segovia, J. (2021) *Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica para homologación ecuatoriana* (Tesis de Maestría) Repositorio Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4092>

N. ISO, «Calidad automotriz - ISO 16949,» 2019.

Oñate Males, B. A. (2020). *Estimación de la producción de energía eléctrica en base a la velocidad de viento registrado en la estación meteorológica ubicada en el Campus Sur de la Sede Quito de la Universidad Politécnica Salesiana* (Tesis de Pregrado). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18563>

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

G. Espinoza y J. Hidalgo. (2016) *Caracterización de materiales compuestos para la aplicación en la carrocería de un vehículo monoplaça tipo formula SAE* (Tesis de Pregrado) Repositorio Universidad Politécnica Salesiana

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12033>

M. Fortuna (2018), *Estudio térmico y aerodinámico de motocicleta eléctrica de competición* (Tesis de Pregrado) Repositorio Universitat Politècnica de Catalunya

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/169047/Memoria%20-%20Estudio%20T%C3%A9rmico%20y%20Aerodin%C3%A1mico%20de%20Motocicleta%20El%C3%A9ctrica%20de%20Competici%C3%B3n.pdf>

Manuel Arias-Paz. *Motocicletas*. 33ª edición 2009. ISBN 9788496437265

R. Molina (2019), *Diseño mediante simulación de la estructura para una motocicleta eléctrica* (Tesis de Pregrado) Repositorio Universidad Internacional SEK Ecuador

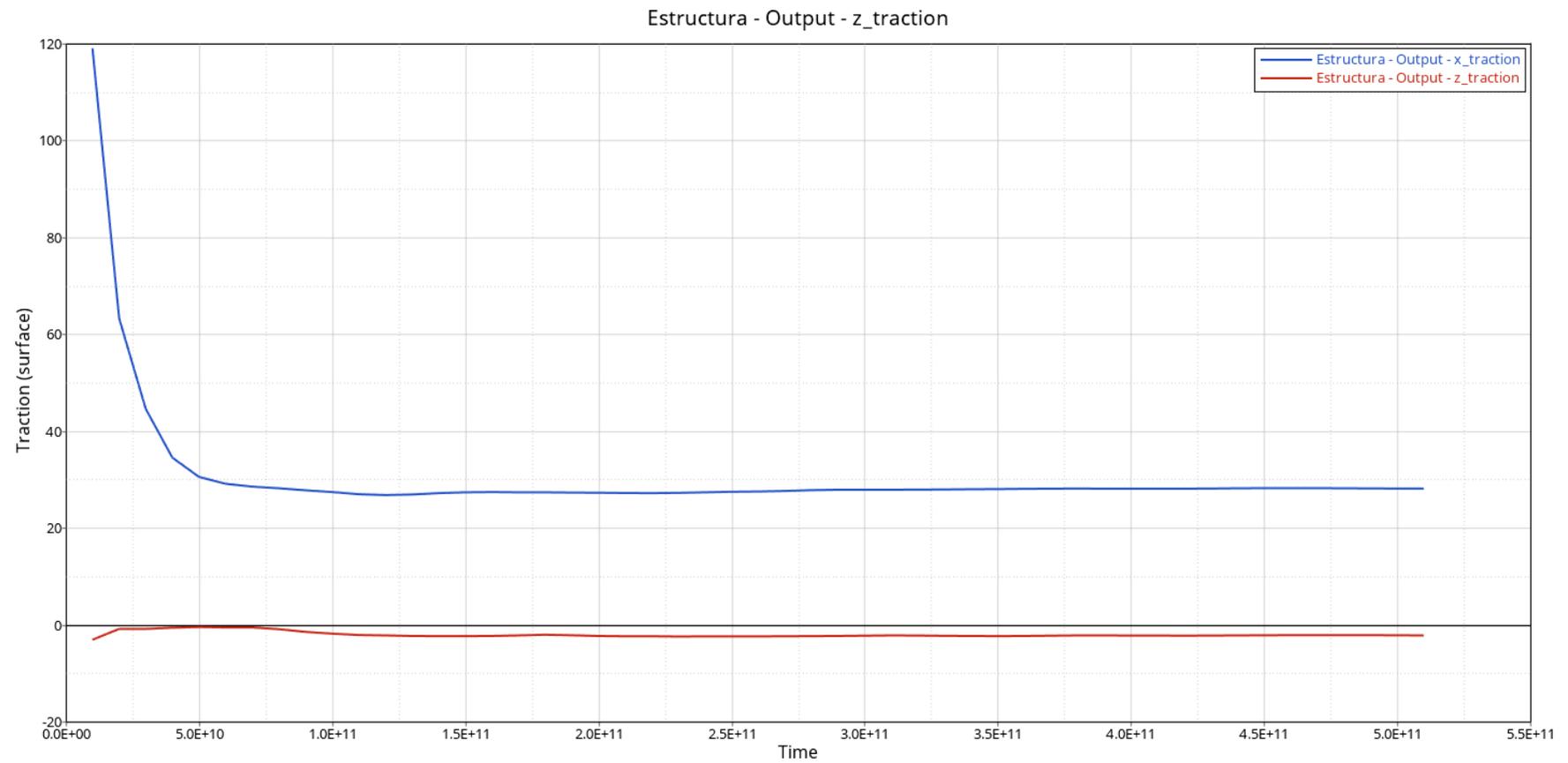
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3287>

Pintulac. (2022). *Fibra De Vidrio 375 X 21 X 1.2 A Dutran Ficha Técnica*. Recuperado 2 de mayo de 2022, de <https://www.pintulac.com.ec/fibra-de-vidrio-375-x-21-x-1-2-a-dutran.html>

Anexos

Anexo-A

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 1 de la Motocicleta sin Carenado
(Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))

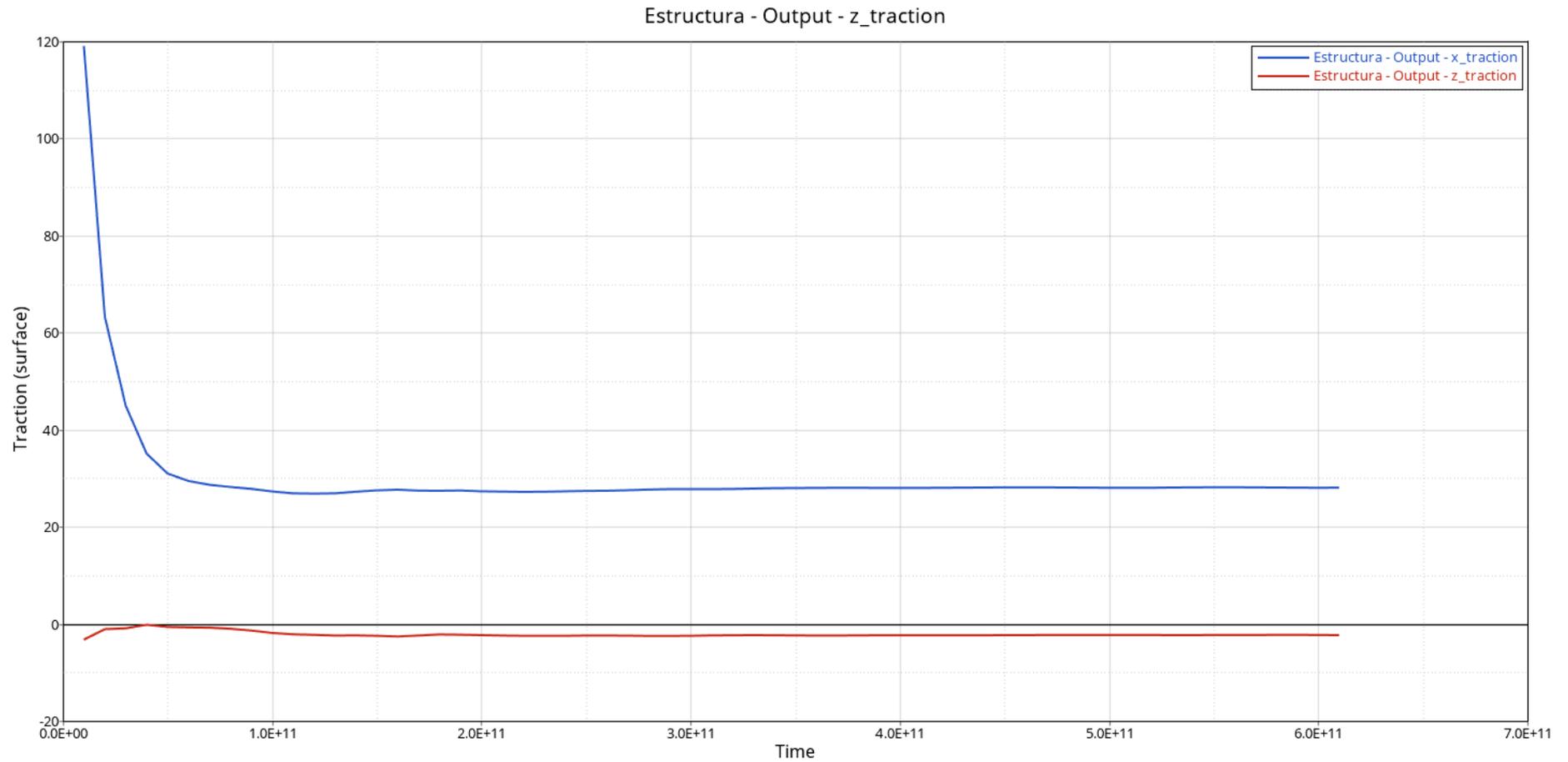


CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-B

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 2 de la Motocicleta sin Carenado

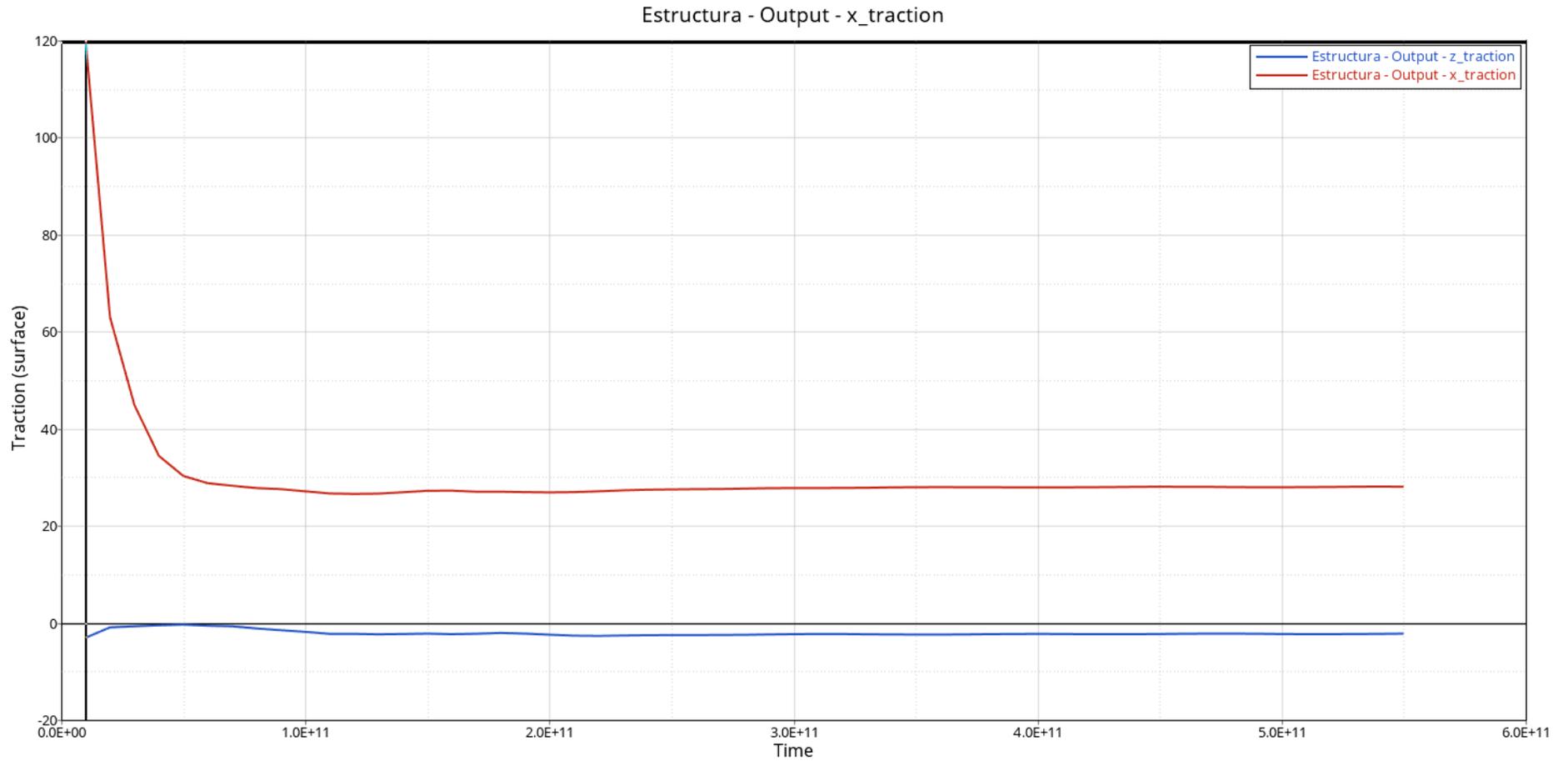
(Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

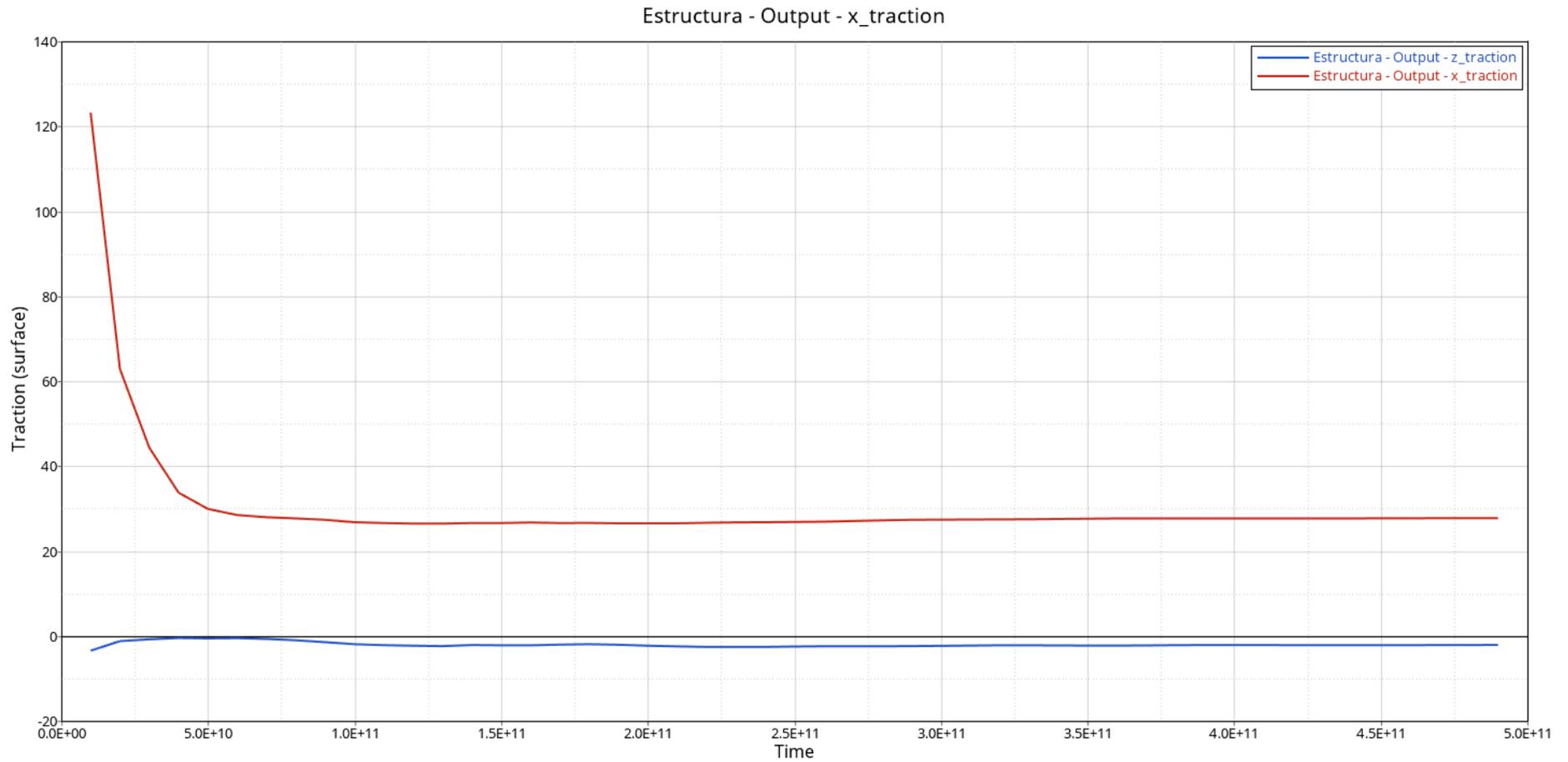
Anexo-C

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 3 de la Motocicleta sin Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



Anexo-D

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 4 de la Motocicleta sin Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))

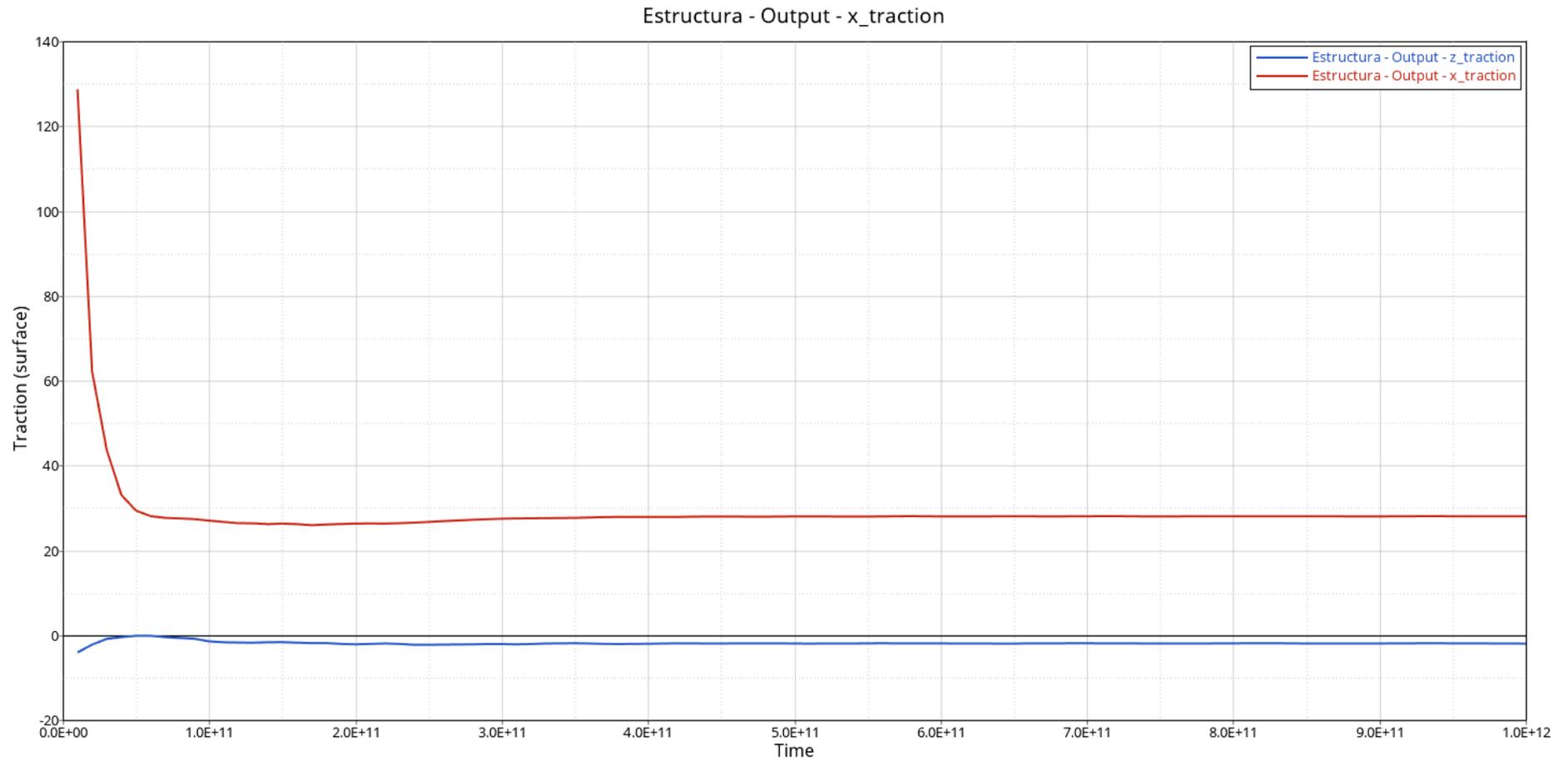


CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-E

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 5 de la Motocicleta sin Carenado

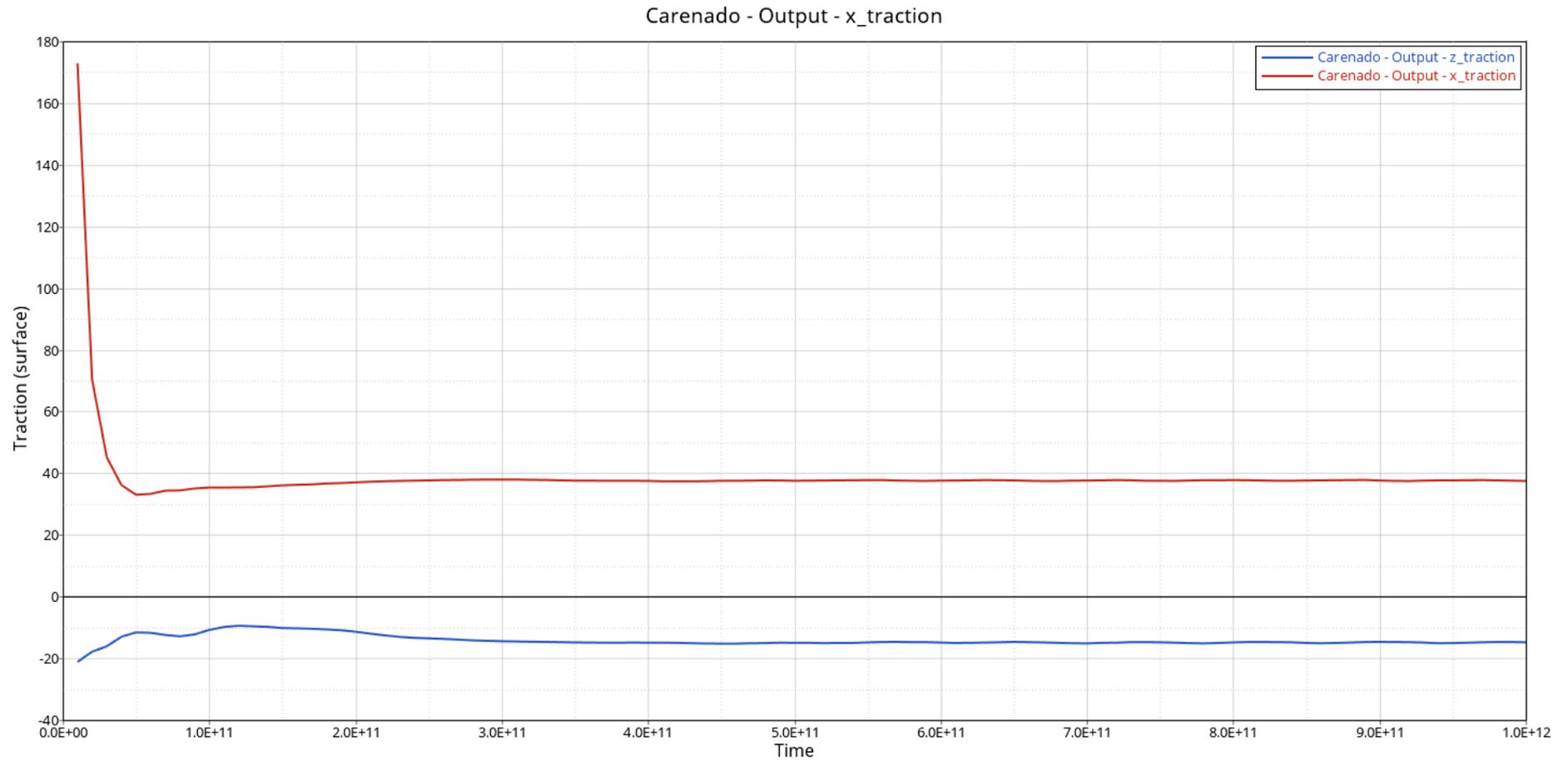
(Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

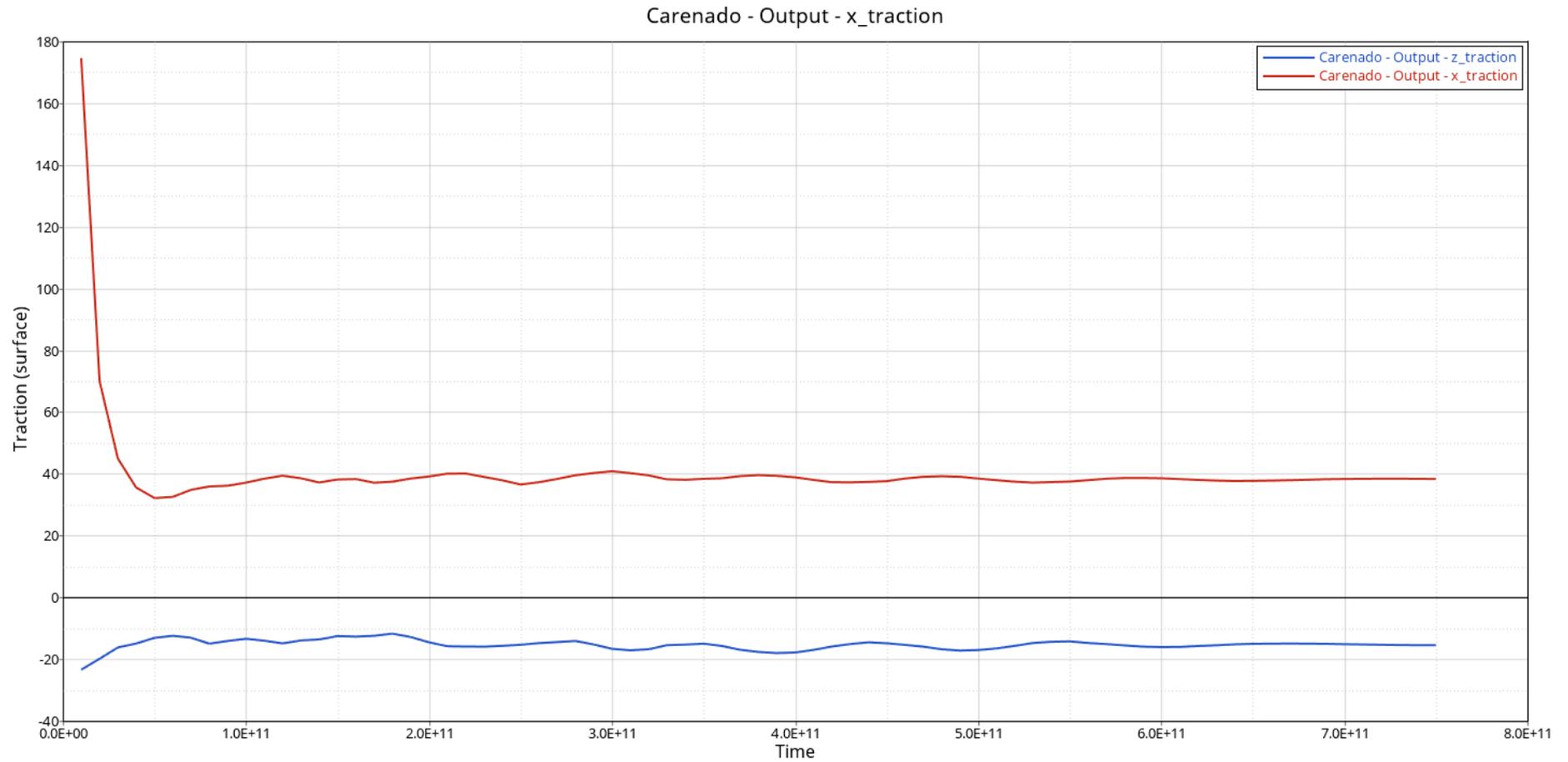
Anexo-F

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 1 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



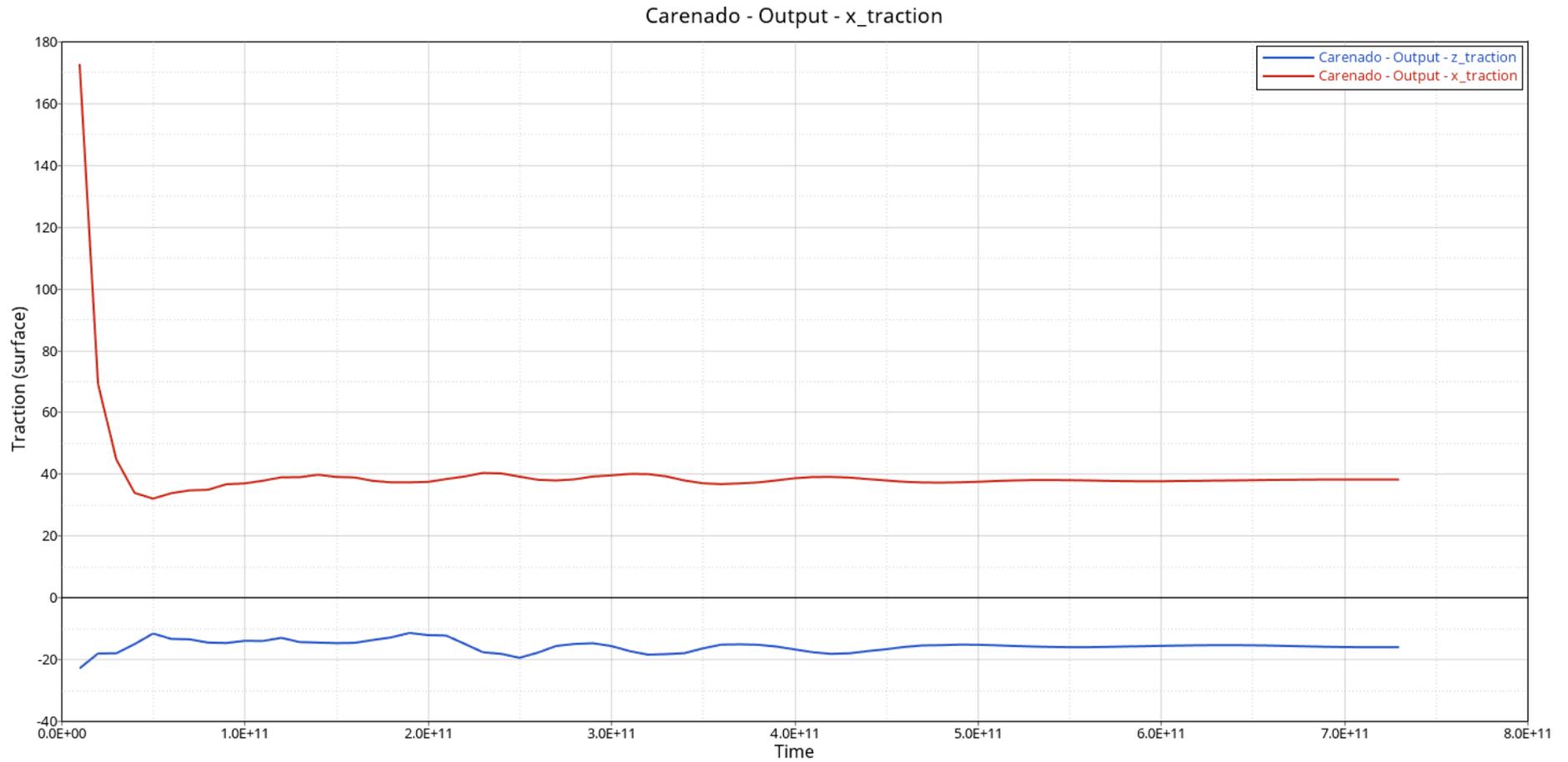
Anexo-G

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 2 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



Anexo-H

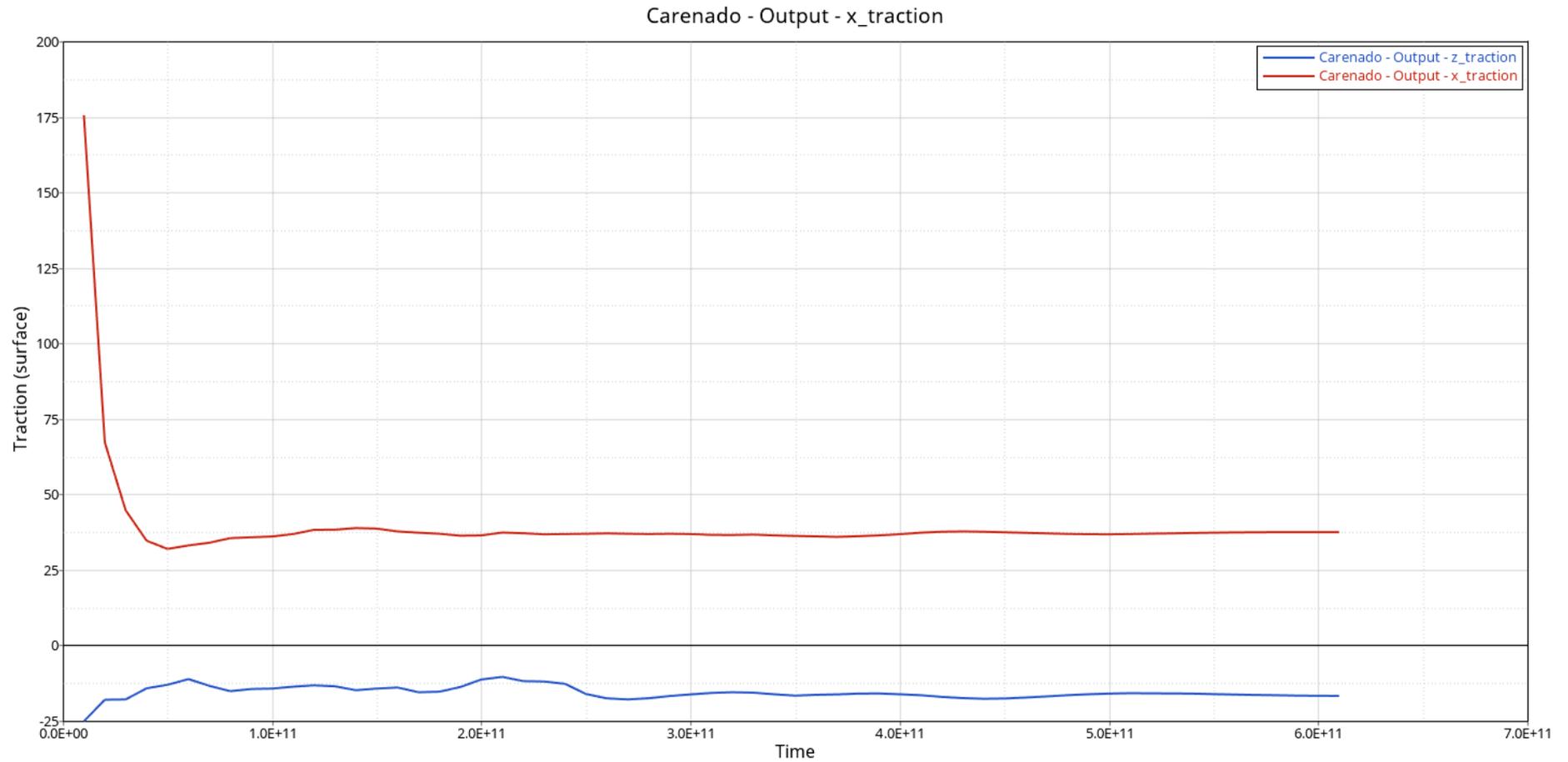
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 3 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-I

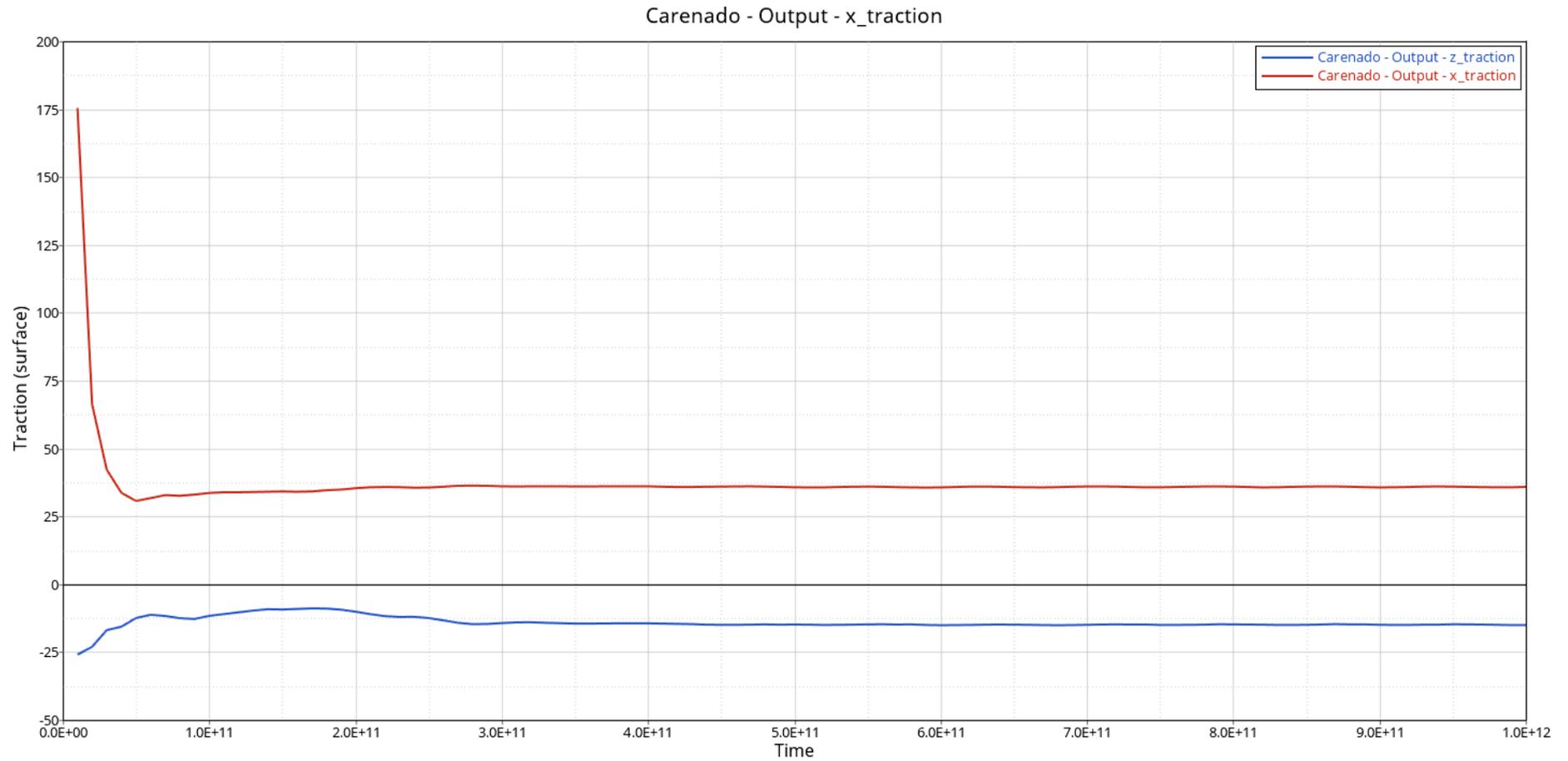
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 4 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

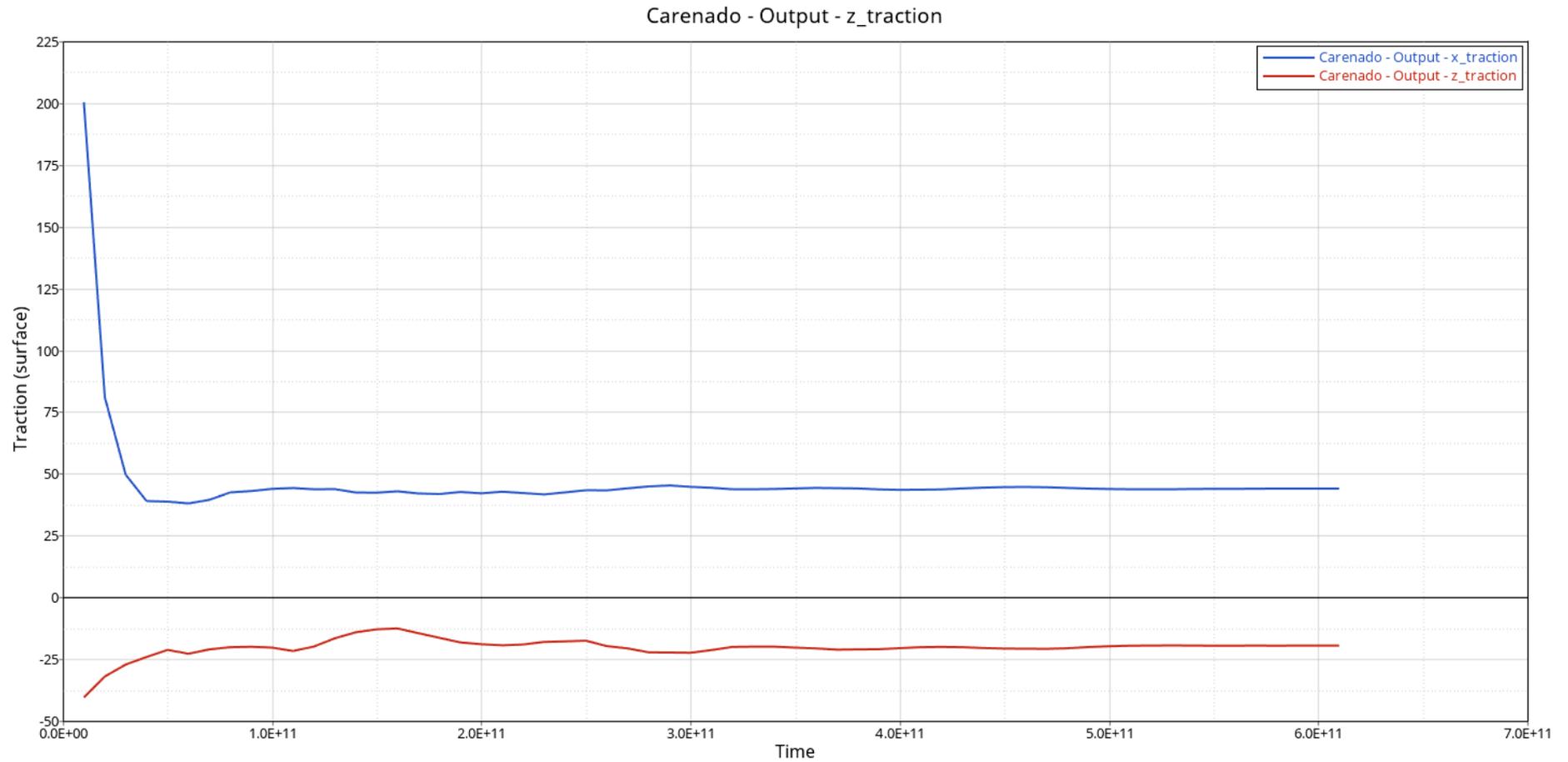
Anexo-J

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Roja) y Sustentación (Línea Azul) de la Simulación CFD 5 de la Primera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



Anexo-K

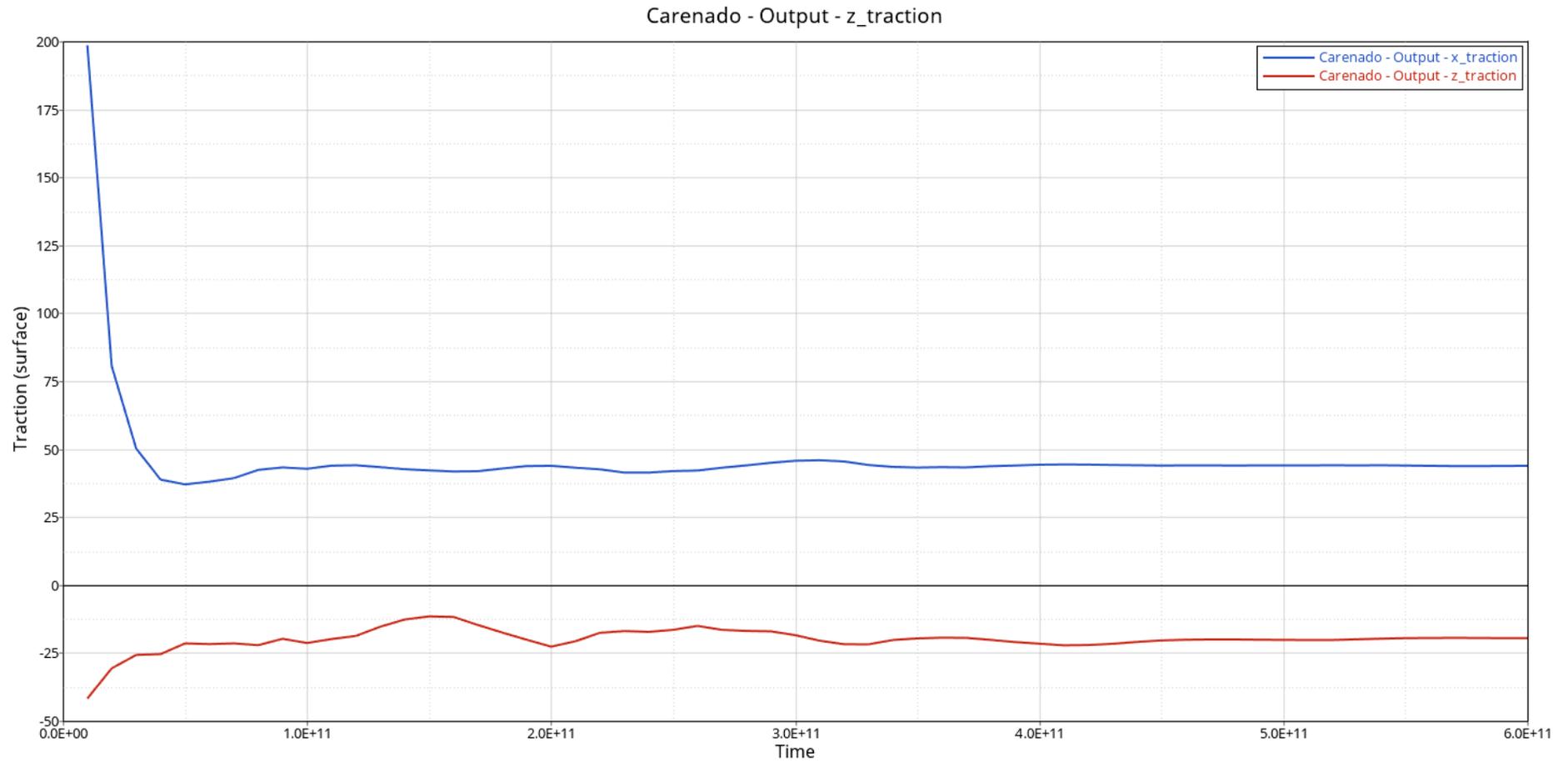
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 1 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-L

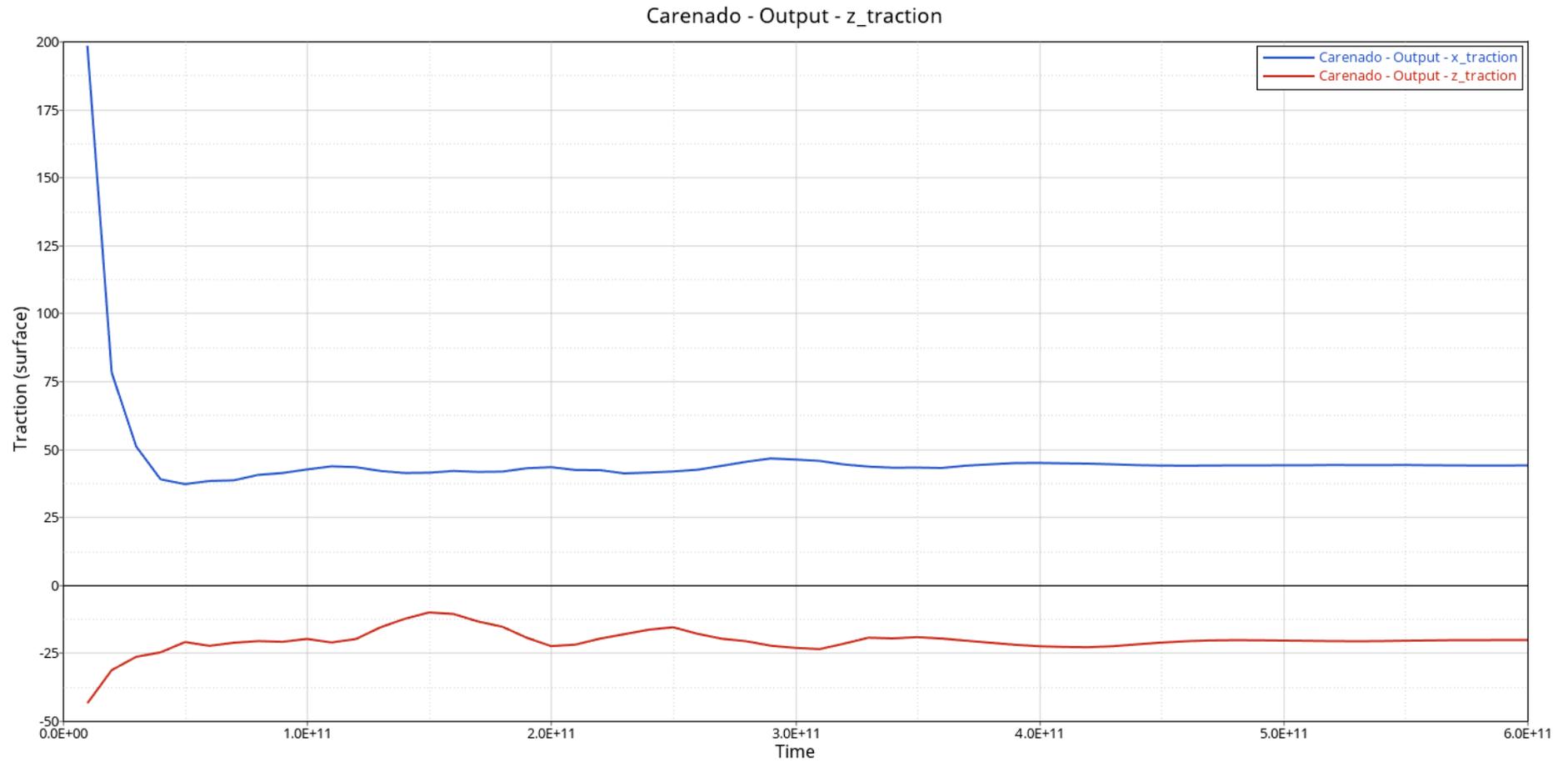
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 2 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-M

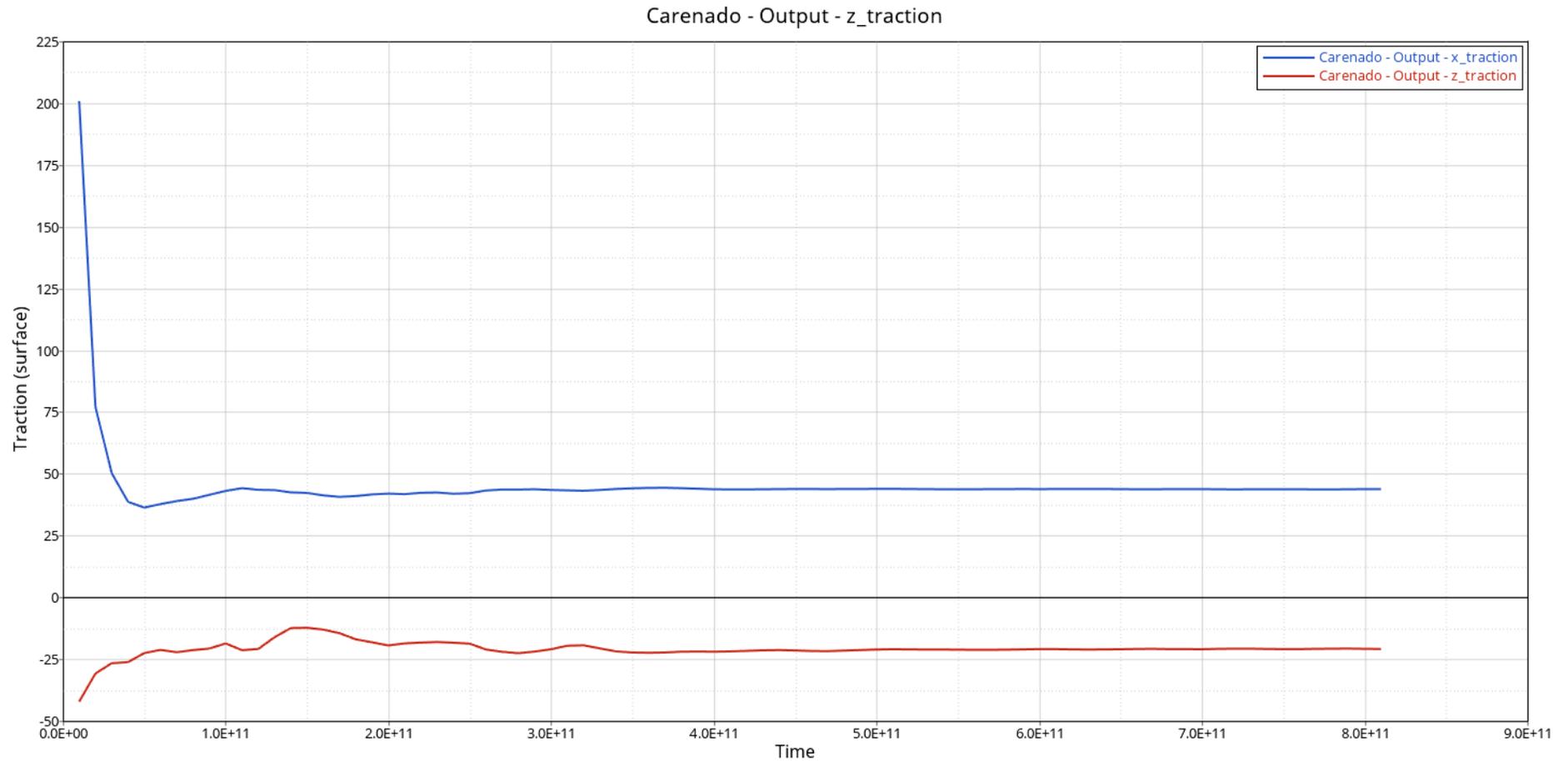
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 3 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-N

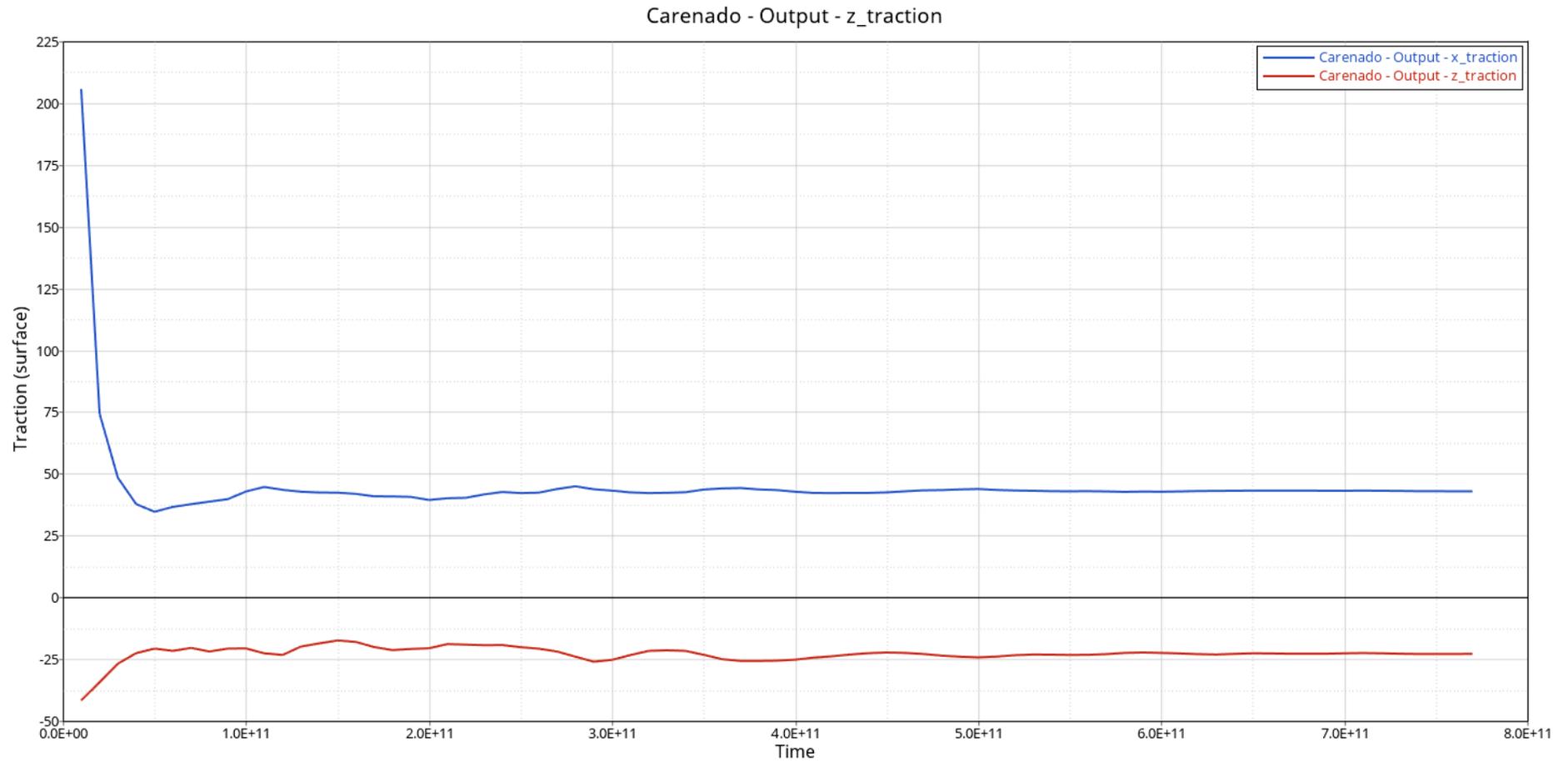
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 4 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-O

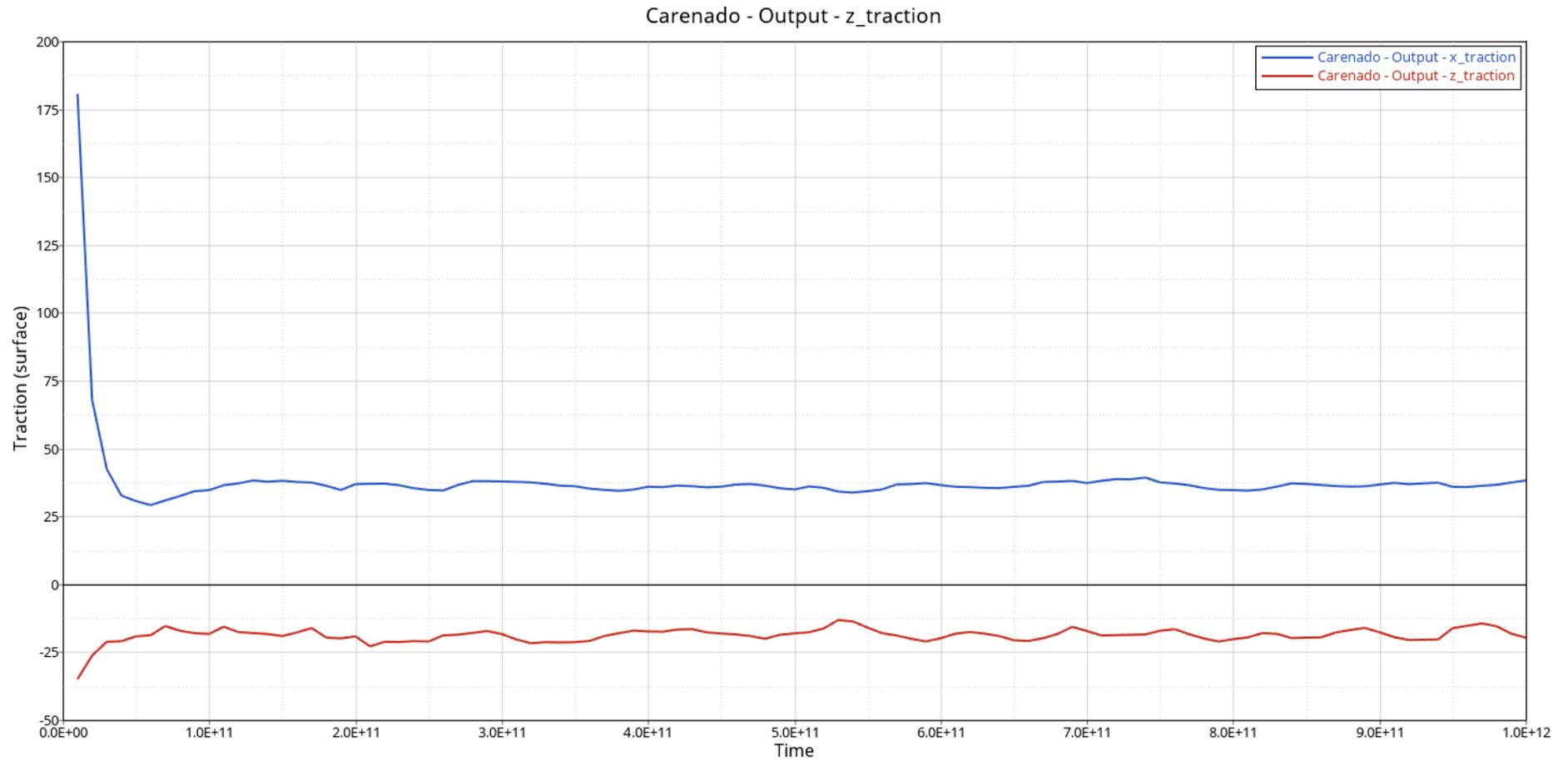
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 5 de la Segunda Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-P

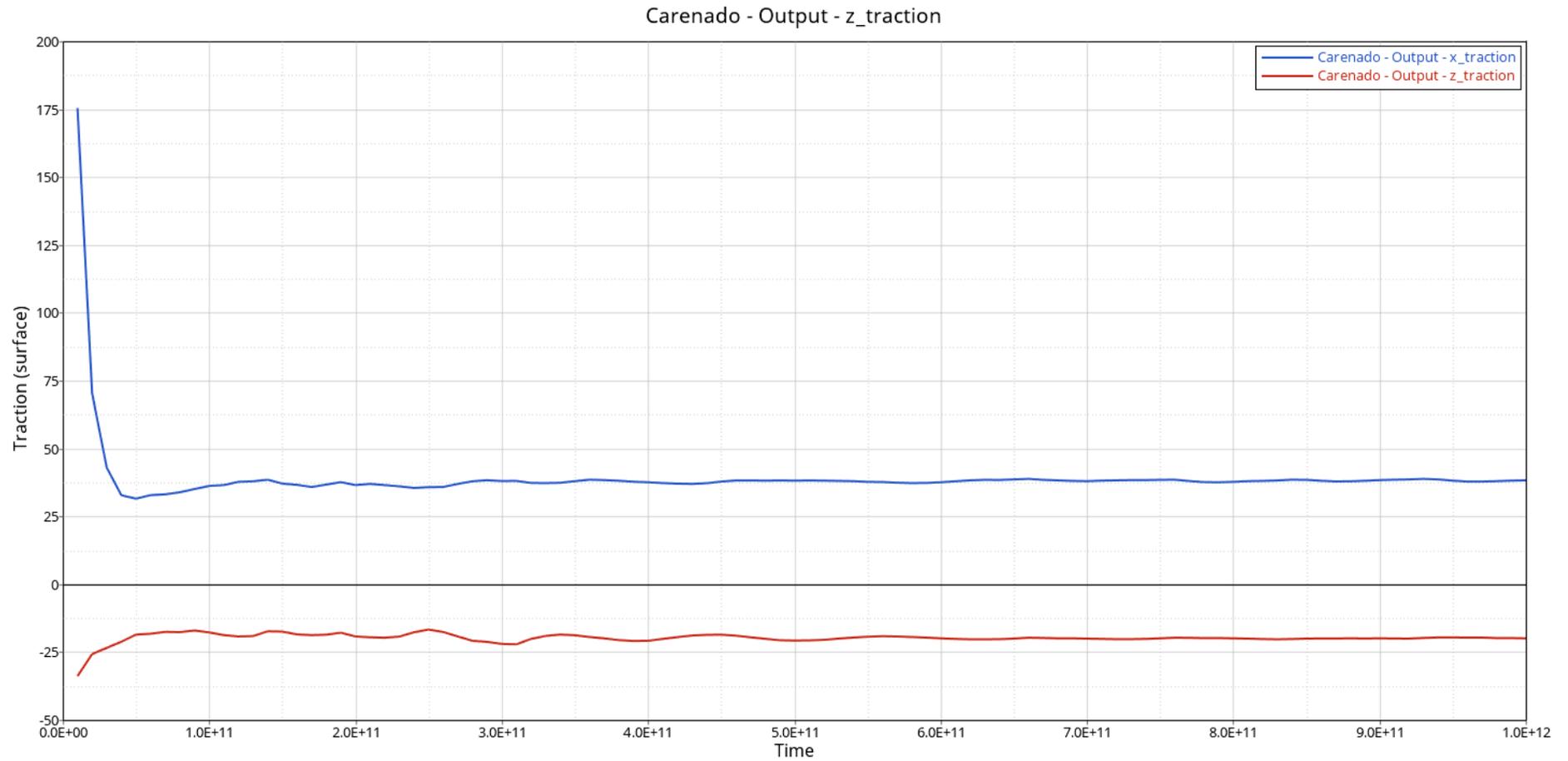
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 1 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-Q

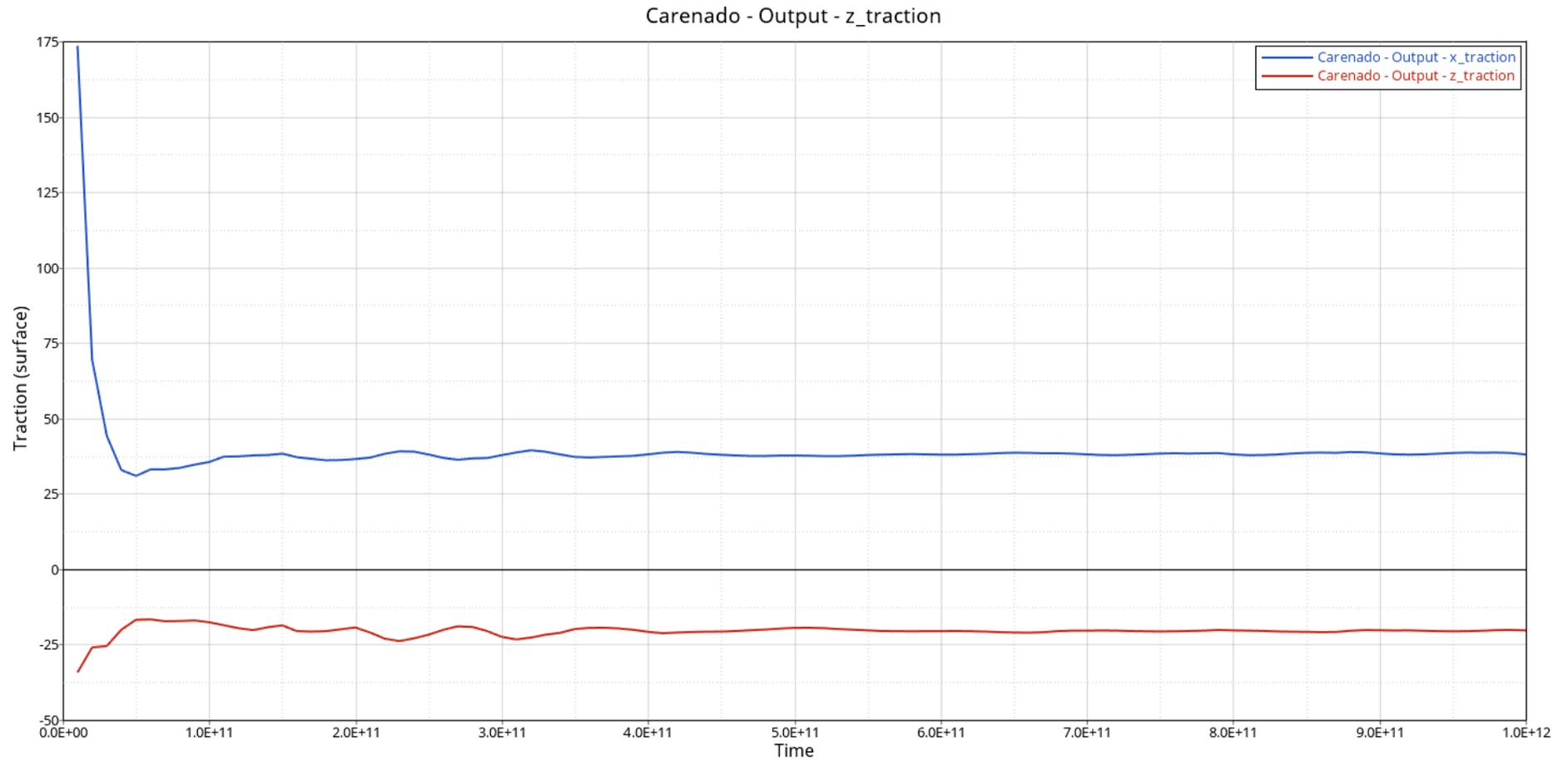
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 2 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-R

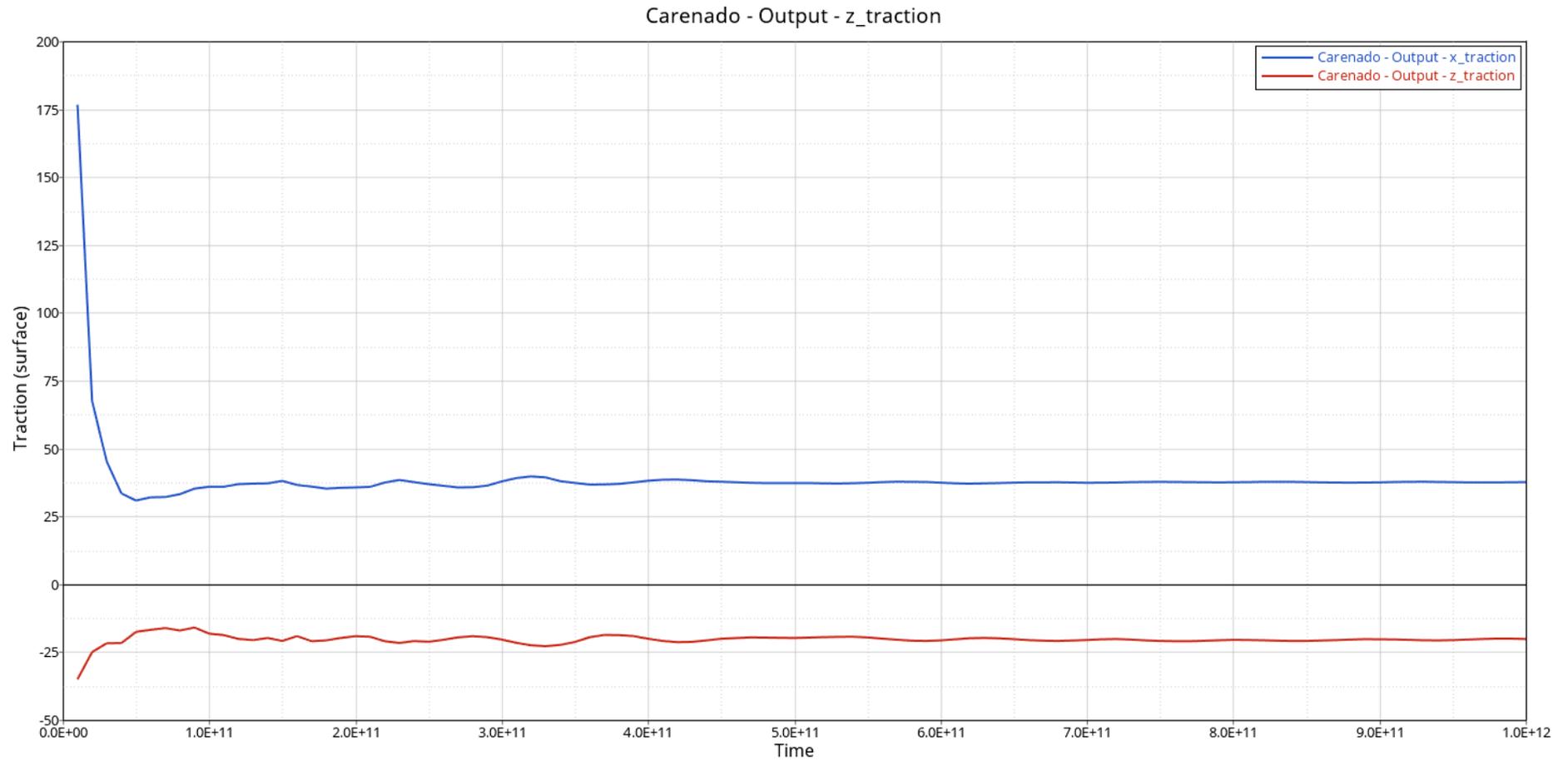
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 3 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-S

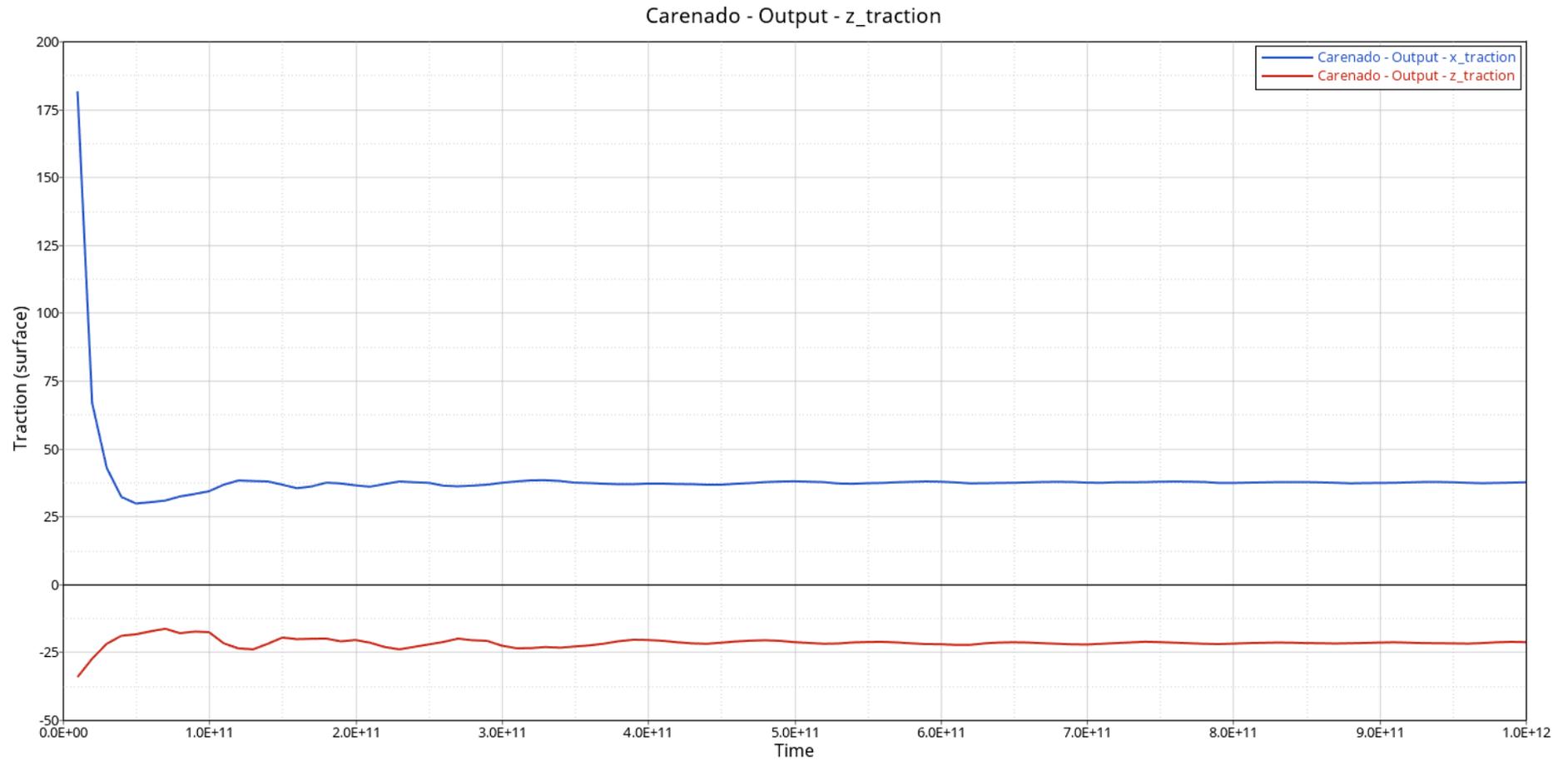
Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 4 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-T

Resultados de Fuerza de Arrastre (Línea Azul) y Sustentación (Línea Roja) de la Simulación CFD 5 de la Tercera Propuesta de Diseño de Carenado (Gráfica Tracción (N) vs. Tiempo (s))



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-U

Planos-Exposición Ensamble de Motocicleta

	1	2	3	4	5	6	7	8						
E								E						
B								B						
C								C						
B								B						
A								A						
1								2	3	4	5	6	7	8

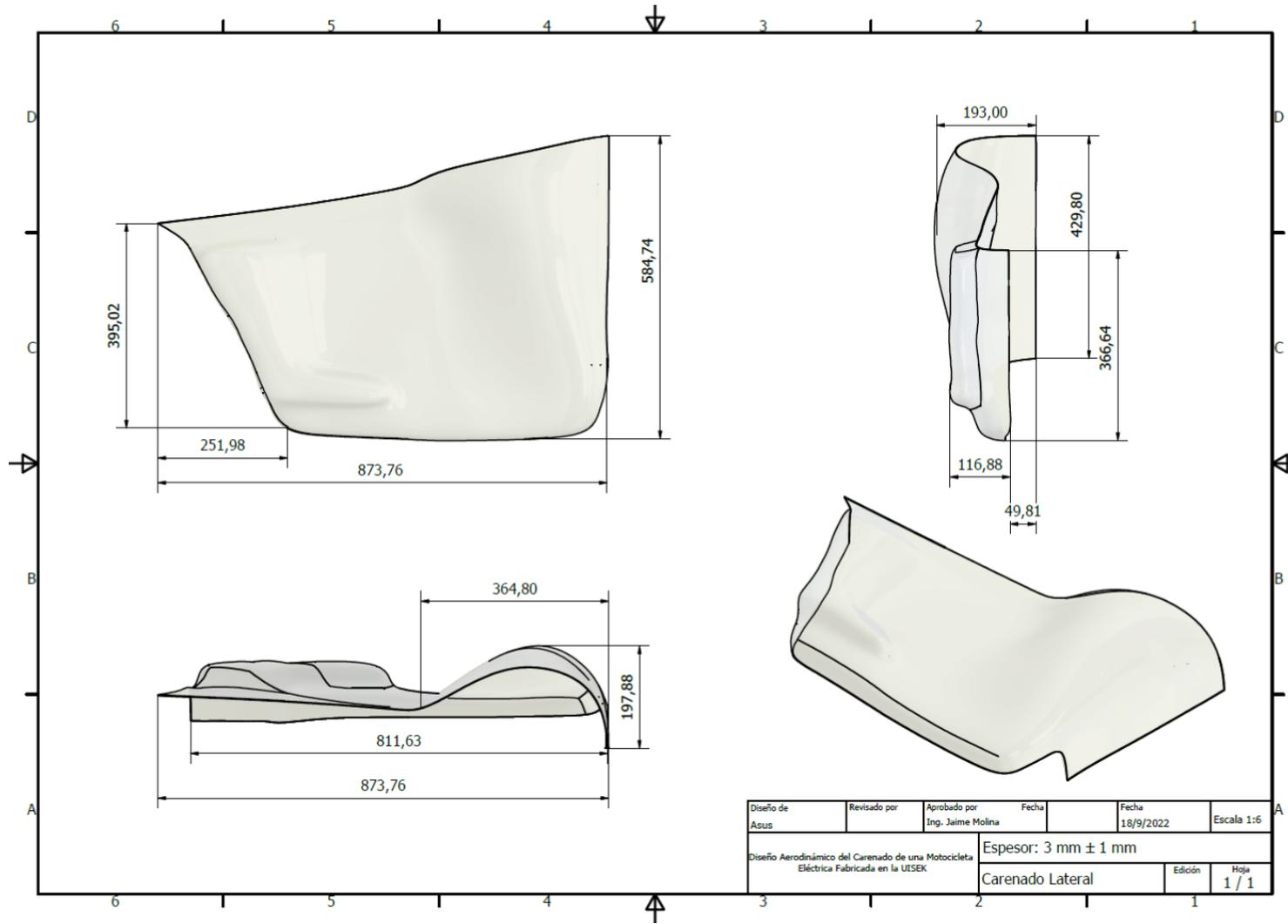
N°:	Nombre
1	Pieza Frontal Carenado
2	Tapa de la Computadora
3	Carenado Lateral Derecho
4	Carenado Lateral Izquierdo
5	Guardabarros Frontal
6	Parte Inferior del Colín
7	Parte Superior del Colín

Diseño Aerodinámico de una Motocicleta Eléctrica Fabricada en la UISEK	Ensamble Total Motocicleta	Plano N°: 01
Dibujo: Lenin Joseph Trujillo Tinizaray	Materiales: Fibra de Vidrio y Plástico	Cantidad:
Dimensiones: Milímetros (mm)	Escala: 1:15	Proyección:
Universidad Internacional SEK		

CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-V

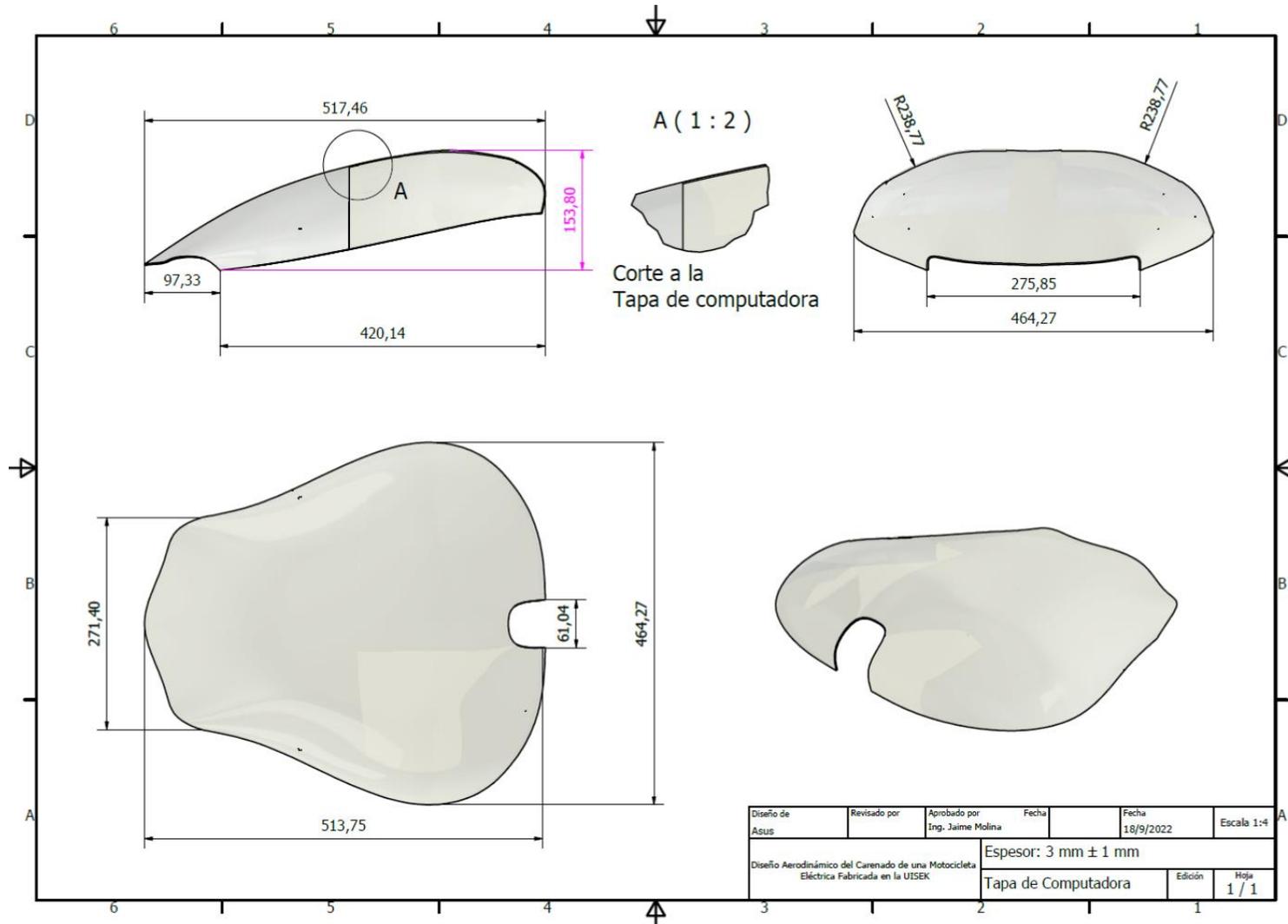
Planos-Carenado Lateral



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-W

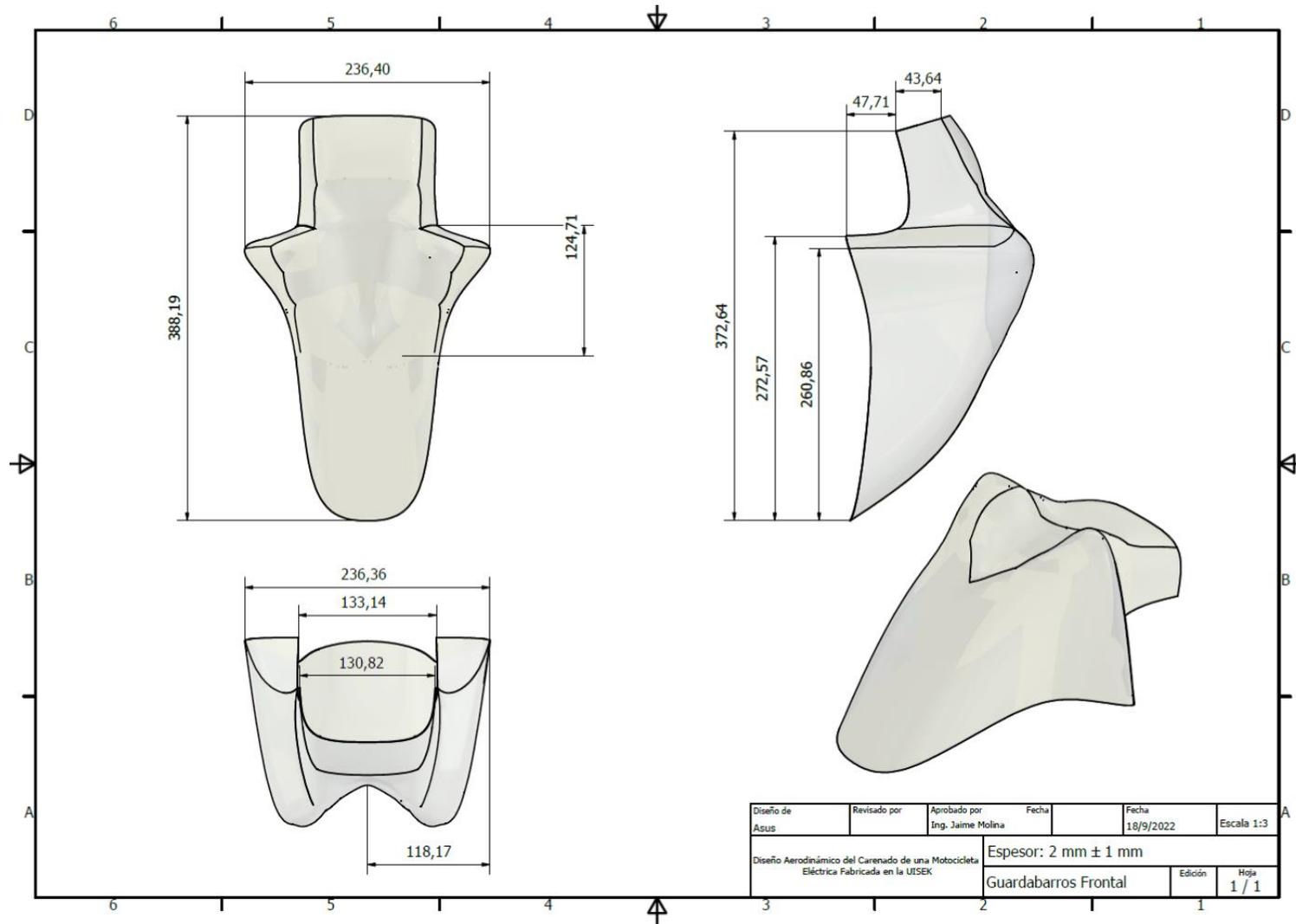
Planos-Tapa de Computadora



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-X

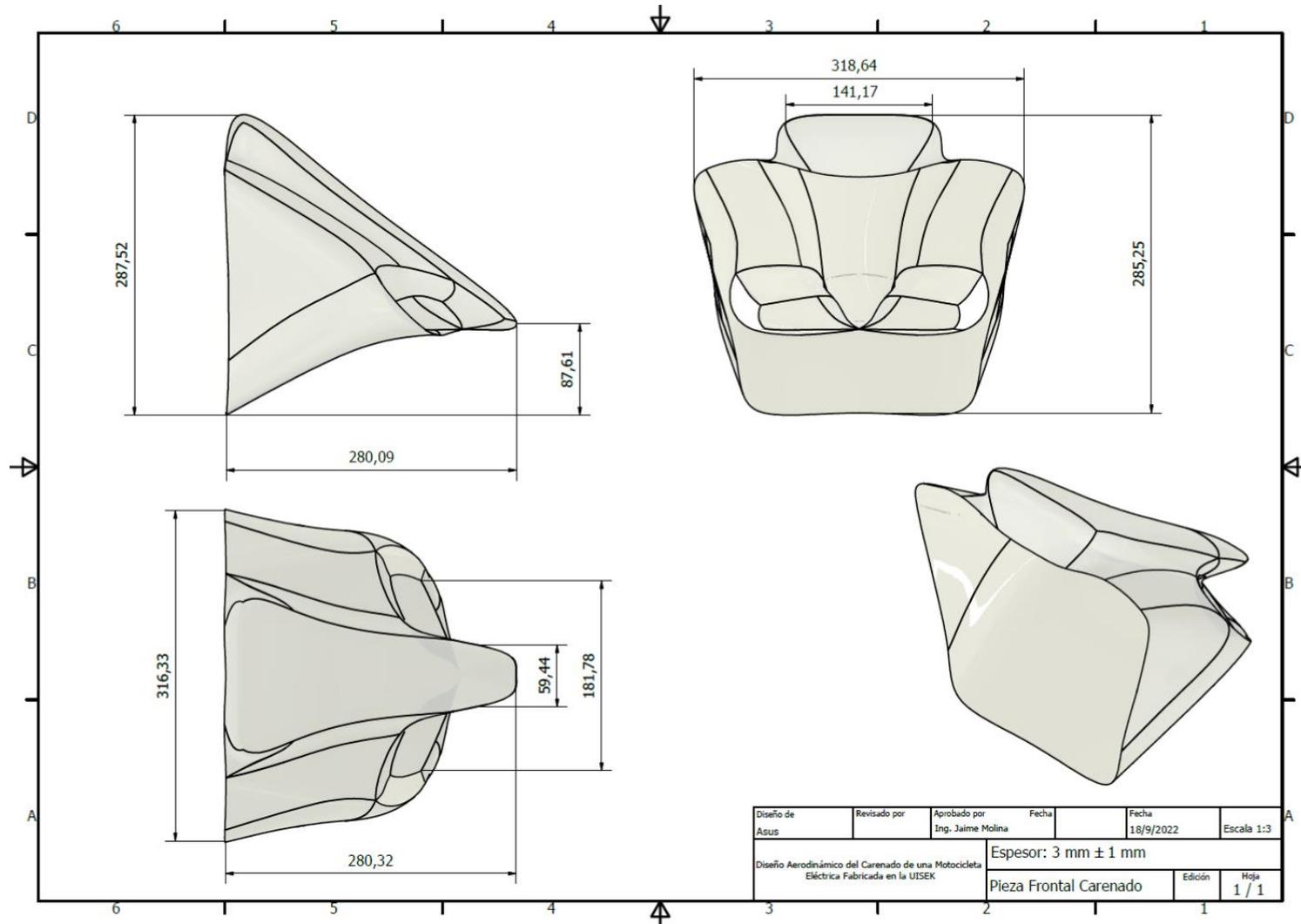
Planos-Guardabarros Frontal



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-Y

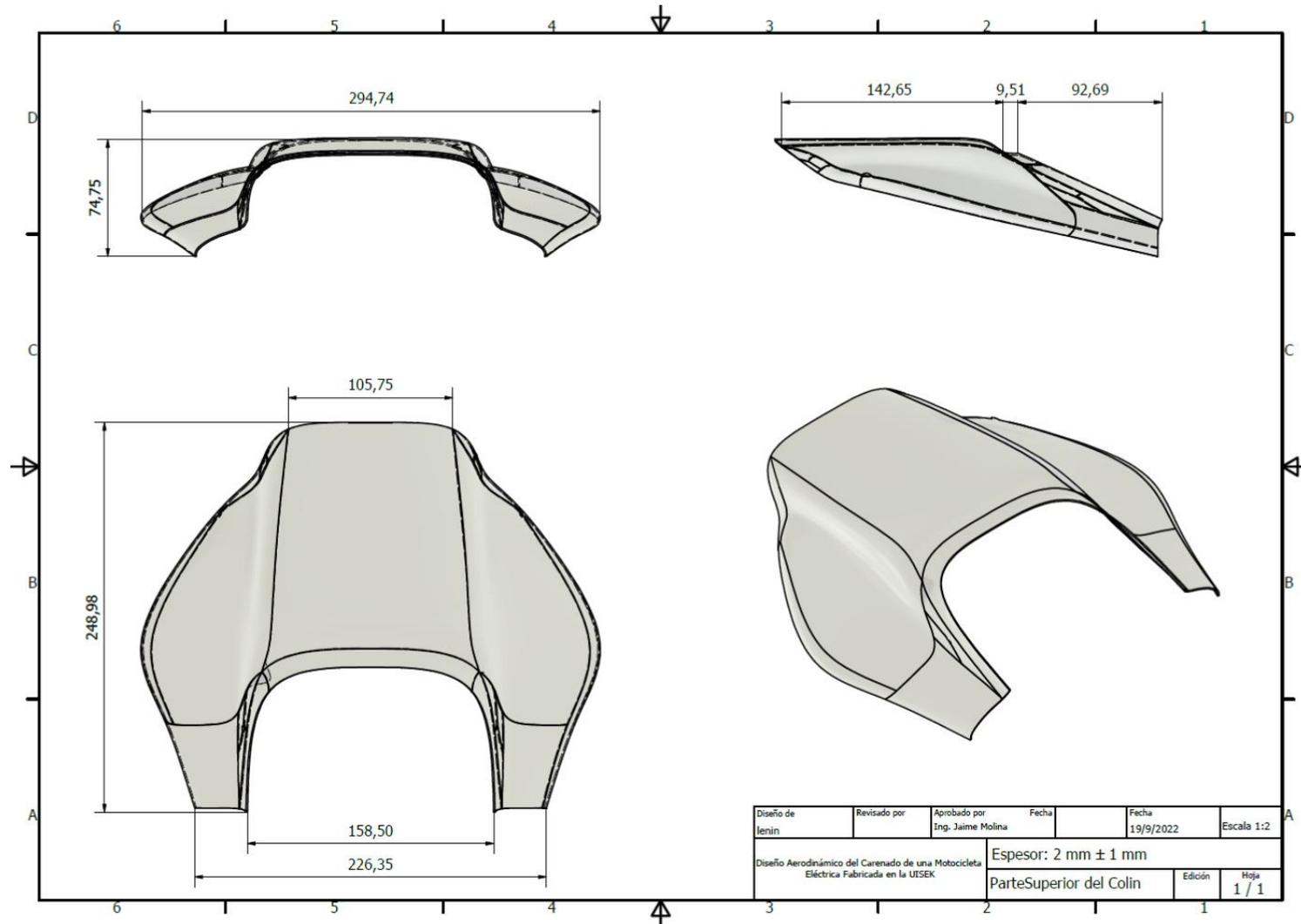
Planos-Pieza Frontal Carenado



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-Z

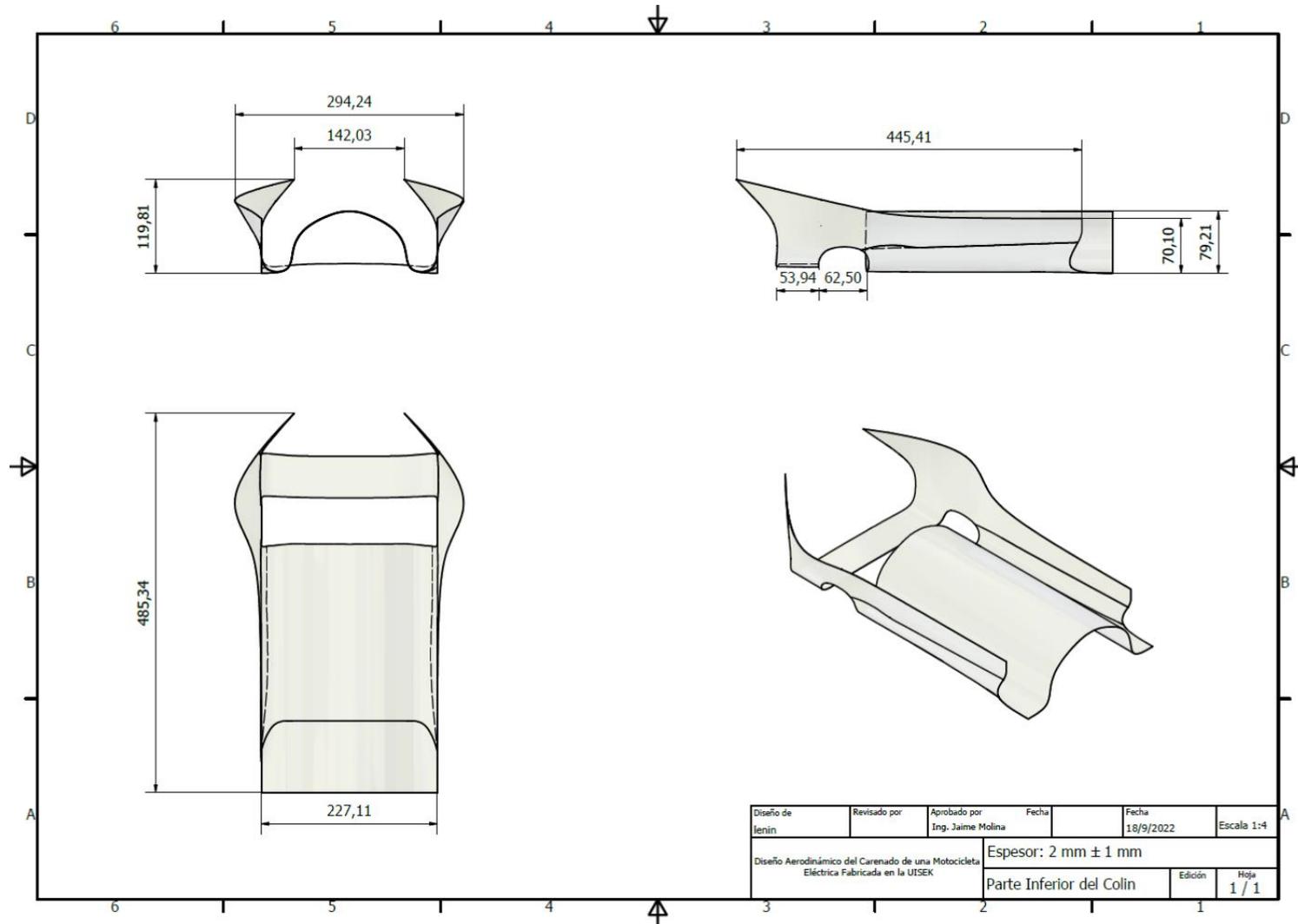
Planos-Parte Superior del Colín



CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Anexo-A1

Planos-Parte Inferior del Colín



Anexo-A2

Propiedades de la Fibra de Vidrio

MATERIAL DATA SHEET

PRODUCT NAME: E GLASS CHOPPED STRAND MAT 375G/M²

PRODUCT CODE: E-MC-375

E — E GLASS

MC — CHOPPED MAT

375 — WEIGHT UNIFORMITY (G/M²)

Chopped strand mat is made of chopped strands of 50mm in length, which are evenly dispersed and bonded together with polyester binder. It is mainly used in hand lay-up processes. The end products are laminates, boats, complete set of bathing equipment, automotive parts and cooling tower, etc..

Properties

- Good wet-out
- Easy to form
- Even thickness
- Lower cost

Property	Unit	Specification	Standard
Weight Uniformity	Grams/Square meter	-5%~10%	ISO3374- 2000
Moisture Content	%	≤0.2	ISO3344- 1997
Binder content	%	2.6-3.6	ISO1887- 1995
Tensile Strength	N	Min.130	ISO3342-1995