

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA AERODESLIZADOR  
ULTRALIVIANO.**

**YULY ANDREA JEREZ ARCHILA  
MANUEL DAVID PÉREZ GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA AERODESLIZADOR  
ULTRALIVIANO.**

**YULY ANDREA JEREZ ARCHILA  
MANUEL DAVID PÉREZ GÓMEZ**

**Trabajo de Grado para optar el Título de  
Ingenieros Mecánicos**

**Director**

**Jorge Enrique Meneses  
Ingeniero Mecánico**

**Codirector**

**Diego Armando Gómez Márquez  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

***A Dios y a María.***

*Por permitirme seguir adelante y acompañarme cada día, para poder superar los obstáculos que se presentan a diario y así alcanzar las metas que debo cumplir.*

***A mi madre Nieves Aurora y a mi tía Alba Leticia***

*Por ser mi apoyo incondicional desde el comienzo de mis días, ayudándome en cada problema, cada situación y brindándome respaldo y acompañamiento para hacer las cosas bien. Gracias por que sin ustedes dos no habría podido llegar a este punto de mi vida, las quiero mucho.*

***A mis amigos, compañeros y personas que hacen parte de mi entorno.***

*Por estar ahí a mi lado en los momentos que más los necesito, por los consejos, colaboración, enseñanzas y por ayudarme cuando requerí una mano amiga, muchas gracias.*

*Andrea Jerez*

**A Dios**

*Por darme las fortalezas necesarias para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida.*

**A mis padres Víctor Manuel Perez Barbosa y Martha Isabel Gomez Reyes**

*Por apoyarme, por darme la oportunidad de formarme como persona, por ser el motorcito de mi vida y sobre todo por permitirme contar con ellos en todo momento.*

**A mi hermano Sebastián Felipe Perez Gomez**

*Por ayudarme en la culminación de mi proyecto, por los consejos, la paciencia y ser siempre mi mano derecha.*

**A Derly Katherine y Samuel Alejandro**

*Por su amor y por dedicarme tiempo de su vida.*

**A Danna Isabela**

*Por hacer parte de mi vida.*

*Manuel Pérez*

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al codirector de proyecto Diego Armando Gómez Márquez, por siempre estar pendiente de cada problema, inquietud que surgió durante el desarrollo del proyecto.

A Alicia Zamora Galván, por colaborarnos en la compra de la hélice de sustentación desde Estados Unidos. Así mismo al señor Arturo Núñez por donar la hélice de propulsión.

A cada una de las personas que nos acompañaron durante la construcción del vehículo, en donde aportaron un granito arena con su compañía, colaboración y sugerencias.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	21
1. PRELIMINARES .....	22
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	22
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 Objetivo general.....	25
1.3.2 Objetivos específicos .....	25
1.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO. ....	26
1.4.1 Subsistema de casco.....	26
1.4.2 Subsistema de falda. ....	28
1.4.2.1 Tipo de falda .....	28
1.4.2.2 Tipo de tela .....	31
1.4.3 Subsistemas de sustentación y propulsión. ....	32
1.4.3.1 Tipo de subsistema.....	32
1.4.3.2 Tipo de ventilador .....	33
1.4.3.3 Tipo de material .....	33
1.4.3.4 Tipo de transmisión.....	34

1.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	35
1.5.1 Subsistema de casco.....	35
1.5.2 Subsistema de falda. ....	36
1.5.3 Subsistemas de sustentación y propulsión. ....	36
1.5.4 Subsistema de dirección y control. ....	38
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO. ....	39
2.1 SUBSISTEMAS DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.....	42
2.2 COMPONENTES DE LOS SUBSISTEMAS DE EL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO. ....	43
2.2.1 Subsistema de casco.....	43
2.2.2 Subsistema de sustentación .....	50
2.2.4 Subsistema de propulsión.....	53
2.2.5 Subsistema de dirección y control. ....	56
2.3 PROCESO GENERAL DE DISEÑO DEL PROTOTIPO PARA AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO. ....	58
3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CASCO.....	62
3.1 CONSTRUCCIÓN DEL CASCO. ....	64
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE FALDA .....	72
4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA FALDA TIPO DEDO. ....	74
5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE SUSTENTACIÓN.....	78

5.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE ESCAPE DEL COLCHÓN.....	80
5.2 CALCULO DEL CAUDAL DE SUSTENTACIÓN.....	82
5.3 CALCULO DE LA ALTURA DE PRESIÓN DEL VENTILADOR.....	82
5.4 POTENCIA DEL VENTILADOR DE SUSTENTACIÓN.....	84
5.5 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.....	84
6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN .....	90
6.1 FUERZA DE ARRASTRE.....	91
6.2 FUERZA DE ROZAMIENTO O EMPUJE DESARROLLADA SEGÚN EL TIPO DE ESCENARIO.....	92
6.3 FUERZA DE INERCIA.....	95
6.4 FUERZA DE PROPULSIÓN REQUERIDA.....	95
6.5 VELOCIDADES, ALTURA, CAUDAL Y POTENCIA DEL VENTILADOR.....	96
6.6 POTENCIA DE PROPULSIÓN SEGÚN HOVERCRAFT TECHNOLOGY, ECONOMICS AND APLICATIONS.....	99
6.6.1 Potencia de crucero.....	101
6.7 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.....	101
7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL.....	106
7.1 ALETAS.....	106
7.2 PALANCA Y PANEL DE ENCENDIDO Y APAGADO DE MOTORES.....	110
8. PRUEBAS DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.....	113

8.1 PRUEBA EN ASFALTO.....	113
8.2 PRUEBA EN PASTO.....	114
8.3 PRUEBA EN TIERRA.....	115
8.4 PRUEBA EN AGUA.....	116
8.5 PRUEBA SOBRE OBSTÁCULO DE MEDIANO ALCANCE.....	117
9. COSTOS DEL PROYECTO.....	119
10. CONCLUSIONES.....	123
11. RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS.....	131

## LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Transmisión de potencia directa. ....	34
Figura 2. Transmisión por correas. ....	35
Figura 3. Subsistema de dirección y control. ....	38
Figura 4. Prototipo de aerodeslizador ultraliviano. ....	39
Figura 5. Paso del aire por el aerodeslizador para su elevación. ....	40
Figura 6. Paso del aire para generar el movimiento del aerodeslizador. ....	41
Figura 7. Subsistemas del aerodeslizador ultraliviano. ....	42
Figura 8. Casco. ....	44
Figura 9. Ducto conductor y conductos de sustentación. ....	44
Figura 10. Cubrimiento del ducto conductor del casco. ....	46
Figura 11. Asiento del conductor. ....	46
Figura 12. Manija y cubrimiento de la estructura del asiento. ....	47
Figura 13. Tamaño de la falda tipo dedo respecto del casco. ....	48
Figura 14. Falda tipo dedo alrededor del casco. ....	49
Figura 15. Sujeción de la falda tipo dedo. ....	49
Figura 16. Subsistema de sustentación. ....	51
Figura 17. Transmisión de potencia subsistema de sustentación. ....	52
Figura 18. Malla de protección metálica. ....	52
Figura 19. Subsistema de propulsión. ....	53
Figura 20. Malla de 10x10 [cm]. ....	54
Figura 21. Transmisión de potencia subsistema de propulsión. ....	55
Figura 22. Tapas subsistema de propulsión. ....	55
Figura 23. Subsistema de dirección y control. ....	56

Figura 24. Aletas y palanca del subsistema de dirección y control. ....	57
Figura 25. Panel de control para encendido y apagado de motores. ....	58
Figura 26. Boceto y diseño CAD. ....	59
Figura 27. Diagrama de flujo general del diseño de un aerodeslizador. ....	61
Figura 28. Molde base del casco en MDF. ....	65
Figura 29. Aplicación de fibra de vidrio sobre el molde en MDF. ....	65
Figura 30. Base exterior del casco en fibra de vidrio. ....	66
Figura 31. Base interna del casco en fibra de vidrio. ....	67
Figura 32. Esqueleto ducto conductor del casco. ....	68
Figura 33. Esqueleto parte trasera casco ....	68
Figura 34. Pies de apoyo paredes laterales casco. ....	69
Figura 35. Cubierta superior e inferior del ducto conductor del casco. ....	70
Figura 36. Estructura interna y externa del asiento. ....	71
Figura 37. Manija y bisagra del asiento. ....	71
Figura 38. Pivote y ángulos de la falda tipo dedo recto. ....	73
Figura 39. Apariencia falda tipo dedo recta. ....	74
Figura 40. Medidas de los dedos de la falda con respecto al casco. ....	75
Figura 41. Molde de los dedos. ....	76
Figura 42. Sujeción superior del dedo sobre los bordes del casco ....	77
Figura 43. Sujeción inferior del dedo en la base del casco. ....	77
Figura 44. Diagrama básico de ingreso y salida de aire en el subsistema de sustentación en un aerodeslizador. ....	78
Figura 45. Paso del aire por el Aerodeslizador. ....	80
Figura 46. Selección de la hélice a través de la plataforma Optimiser 10. ....	85
Figura 47. Hélice de sustentación. ....	86
Figura 48. Características principales hélice de sustentación ....	87
Figura 49. Diseño y construcción del subsistema de sustentación. ....	88
Figura 50. Transmisión de potencia subsistema de sustentación. ....	89
Figura 51. Malla de protección subsistema de sustentación. ....	89
Figura 52. Diagrama de fuerzas sobre el aerodeslizador. ....	90

Figura 53. Medidas área frontal aerodeslizador.....	91
Figura 54. Diagrama de velocidades y presiones sobre la hélice de propulsión...	96
Figura 55. Grafica de Empuje/potencia Vs Potencia de carga.....	100
Figura 56. Soporte de la hélice y el motor. ....	102
Figura 57. Ducto de propulsión.....	103
Figura 58. Transmisión de potencia hélice propulsión.....	103
Figura 59. Montaje del eje del motor de Volkswagen. ....	104
Figura 60. Correa Poly-V DAYCO 6PK.....	104
Figura 61. Tapas motor de propulsión. ....	105
Figura 62. Construcción de las aletas del subsistema de dirección y control. ....	107
Figura 63. Sujecion de guayas a las aletas .....	107
Figura 64. Lamina sujeta a las aletas. ....	108
Figura 65. Pies de amigos sujetos al ducto de propulsión. ....	109
Figura 66. Láminas de sujeción a pies de amigo y aletas.....	109
Figura 67. Palanca de dirección y control. ....	110
Figura 68. Manecillas de aceleración de los motores del sistema. ....	111
Figura 69. Panel de encendido y apagado de los motores. ....	112
Figura 70. Prueba en asfalto.....	114
Figura 71. Prueba en pasto. ....	115
Figura 72. Prueba en tierra. ....	116
Figura 73. Prueba en agua. ....	117
Figura 74. Prueba sobre obstaculo de mediano alcance N°1. ....	118
Figura 75. Prueba sobre obstaculo de mediano alcance N°2. ....	118
Figura 76. Resistencia al avance de una placa horizontal sobre una superficie de un fluido Newtoniano. ....	133
Figura 77. Latas concéntricas.....	134
Figura 78. Balanzas con latas concéntricas.....	135
Figura 79. Primer prototipo de aerodeslizador por Christopher Cockerell .....	136
Figura 80. Saunders-Roe SR.N1 .....	137

Figura 81.SR.N2 (izquierda) y Aerodeslizador SR.N1 (derecha) de vuelo internacional (9 de marzo de 1962) .....	139
Figura 82.Aerodeslizador SR.N6 .....	139
Figura 83.Aerodeslizador SR.N3 .....	140
Figura 84.Aerodeslizador SR.N4 .....	141
Figura 85.Aerodeslizador SR.N5 .....	141
Figura 86.Partes principales de un Aerodeslizador.....	143
Figura 87.Aletas verticales en un Aerodeslizador .....	144
Figura 88.Aerodeslizador de forma circular .....	145
Figura 89.Aerodeslizador de forma rectangular .....	146
Figura 90.Aerodeslizador de forma triangular .....	146
Figura 91.Estructura del Casco.....	147
Figura 95.Balance de fuerzas para mantener el aerodeslizador en suspensión..	149
Figura 96.Falda tipo dedo .....	150
Figura 97.Falda tipo dedo en un Aerodeslizador .....	151
Figura 98.Falda tipo dedo. ....	151
Figura 99.Bolsa Inflable en dedos de faldón frontal. ....	152
Figura 100.Falda biconical.....	152
Figura 101.Falda Recta. ....	153
Figura 102.Entrada de aire en serie en una falda tipo bolsa.....	154
Figura 103.Entrada de aire en paralelo en una falda tipo bolsa.....	154
Figura 104.Falda tipo bolsa-dedo .....	155
Figura 105.Faldón Perimetral.....	155
Figura 106.Faldón tipo Celda.....	156
Figura 107.Motor Eléctrico .....	156
Figura 108.Motor de Gasolina de Aeromodelismo.....	157
Figura 109.Ventilador para Suspensión y Propulsión .....	158
Figura 110.Aerodeslizador con dos ventiladores para Propulsión y Suspensión.	159
Figura 111.Timones de dirección o Alerones.....	160
Figura 112.Descripción, aplicaciones y características de la Ultralona.....	162

Figura 113. Presentación, almacenamiento, vida útil y recomendaciones de la Ultralona .....	163
Figura 114. Ficha técnica de la lona californiana .....	164
Figura 115. Continuación ficha técnica de la lona californiana .....	165
Figura 116. Características hélice de sustentación.....	166
Figura 117. Continuación características hélice de sustentación.....	167
Figura 118. Hélice de sustentación.....	168
Figura 119. Motor de sustentación.....	169
Figura 120. Propiedades de la poliamida reforzada con fibra de vidrio .....	170
Figura 121. Acoples flexibles de cadena. ....	171
Figura 122. Selección acoples tipo cadena. ....	172
Figura 123. Selección del acoplamiento por medio de la velocidad y la potencia. ....	173
Figura 124. Acoplamiento de cadena seleccionado.....	174
Figura 125. Características del acoplamiento de cadena C40-18.....	174
Figura 126. Polea Poly-V 6pk .....	175
Figura 127. Determinación del factor de servicio.....	176
Figura 128. Selección del perfil.....	177
Figura 129. Características perfil PK. ....	177
Figura 130. Aplicaciones perfil PK. ....	178
Figura 131. Diámetros de la polea. ....	179
Figura 132. Determinación del diámetro de la polea pequeña a partir de la potencia y la velocidad. ....	180
Figura 133. Numero de dientes de la polea según el diámetro de la polea pequeña. ....	181
Figura 134. Hélice de propulsión. ....	182
Figura 135. Dimensiones de VW tipo 126.....	184
Figura 136. Potencia Vs RPM motor VW 126.....	184
Figura 137. Motor de propulsión. ....	185
Figura 138. Malla rombo plástica.....	186
Figura 139. Prueba en malla rombo plástica. ....	187

Figura 140. Forma del casco y dimensiones en vista superior. ....	188
Figura 141. Ubicación del eje de coordenadas y los respectivos centroides de cada pieza. ....	189
Figura 142. Distribución de cargas sobre estructura.....	190
Figura 143. Distribución de cargas sobre el eje de sustentación.....	193
Figura 144. Resistencia sobre eje de sustentación.....	195
Figura 145. Momentos y torques. ....	197
Figura 146. Fuerzas F1 y F2 en la transmisión de polea. ....	200
Figura 147. Fuerzas sobre la polea D.....	201
Figura 148. Distribución de cargas sobre el eje de propulsión. ....	201
Figura 149. Resistencia sobre eje de propulsión. ....	202

## LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Materiales para construcción del casco. ....	27
Tabla 2. Comparación tipo de faldones .....	28
Tabla 3. Propiedades materiales de la falda. ....	31
Tabla 4. Ventajas y Desventajas del Número de Ventiladores .....	32
Tabla 5. Comparación de Ventilador con ducto Vs Ventilador de hélice.....	33
Tabla 6. Materiales de la hélice .....	34
Tabla 7. Características iniciales del aerodeslizador. ....	64
Tabla 8. Peso de los componentes principales del aerodeslizador.....	79
Tabla 9. Fuerza de propulsión según escenario a atravesar .....	96
Tabla10. Costos del diseño y construcción del prototipo de aerodeslizador ultraliviano.....	119
Tabla 11. Costos de la construcción del subsistema de casco.....	120
Tabla 12. Costos construcción del subsistema de falda. ....	120
Tabla 13. Costos construcción del subsistema de sustentación. ....	121
Tabla 14. Costos Construcción del Subsistema de propulsión. ....	121
Tabla 15. Costo de construcción subsistema de dirección y control.....	122
Tabla 16. Características de la manta de fibra de vidrio. ....	161
Tabla 17. Características motor de sustentación. ....	169
Tabla 18. Hélice de propulsión.....	182
Tabla 19. Especificaciones de VW tipo 126.....	183
Tabla 20. Áreas de los componentes respecto de los ejes de coordenadas .....	189
Tabla 21. Momento de los componentes a través del vehículo .....	191

## TABLA DE ANEXOS.

	Pág.
ANEXO A. INTRODUCCIÓN A LOS AERODESLIZADORES .....	132
ANEXO B. CARACTERÍSTICAS FIBRA DE VIDRIO CASCO.....	161
ANEXO C. ESPECIFICACIONES DE LA ULTRALONA. ....	162
ANEXO D. ESPECIFICACIONES DE LA LONA CALIFORNIA. ....	164
ANEXO E. CARACTERÍSTICAS HÉLICE DE SUSTENTACIÓN.....	166
ANEXO F. CARACTERÍSTICAS MOTOR DE SUSTENTACIÓN. ....	169
ANEXO G. TABLA DE PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA HÉLICE DE SUSTENTACIÓN.....	170
ANEXO H. CARACTERÍSTICAS ACOPLAMIENTO POR CADENA. ....	171
ANEXO I. CARACTERÍSTICAS POLEAS POLY-V. ....	175
ANEXO J. CARACTERÍSTICAS HÉLICE DE PROPULSIÓN.....	182
ANEXO K. CARACTERÍSTICAS MOTOR DE PROPULSIÓN.....	183
ANEXO L. REJILLA DE PROTECCIÓN PARA SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN. .....	186
ANEXO M. CALCULO DEL CENTROIDE Y DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS EN EL CASCO.....	188
ANEXO N. RESISTENCIA DE LOS EJES DE SUSTENTACIÓN Y PROPULSIÓN. .....	192
ANEXO O. PLANOS GENERALES DEL AERODESLIZADOR. ....	206

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.\*

**AUTORES:** YULY ANDREA JEREZ ARCHILA, MANUEL DAVID PÉREZ GÓMEZ.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** AERODESLIZADOR, CASCO, FALDA, SUSTENTACIÓN, PROPULSIÓN, DIRECCIÓN Y CONTROL.

### DESCRIPCIÓN:

El desarrollo del prototipo de aerodeslizador ultraliviano llevado a cabo en este proyecto, comenzó con la parte de diseño, la cual implicó tres fases: la primera fue el diagnóstico, en donde se analizó diferentes productos o para el caso diferentes aerodeslizadores de tipo recreacional, se determinó los requerimientos, especificaciones, y funciones del mismo. Por otro lado, la segunda fase abarcó el diseño conceptual, que se centró en determinar las partes del vehículo que incluyó la división del vehículo en cinco subsistemas; subsistema de casco, falda, sustentación, propulsión y el de dirección y control, para así generar las alternativas y posterior a esto bocetos y un diseño CAD cercano al prototipo de aerodeslizador, acompañado de unos cálculos iniciales para un mejor análisis. La tercera fase comprendió el desarrollo y finalización de la alternativa seleccionada, acompañada de cálculos posteriores a los iniciales, un diseño CAD más óptimo y la ejecución de un proceso de construcción, el cual requirió del cambio de variables que ya estaban supuestas anteriormente, esto debido a problemas que surgen en el proceso mismo. De manera que se acompañó todo el proceso por medio de un capítulo general y luego capítulos específicos del diseño y construcción de cada subsistema.

---

\* Trabajo de Investigación.

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Ingeniería Mecánica. Jorge Enrique Meneses Flórez, Diego Armando Gómez Márquez.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN ULTRALIVIAN HOVERCRAFT PROTOTYPE.\*

**AUTHORS:** YULY ANDREA JEREZ ARCHILA, MANUEL DAVID PÉREZ GÓMEZ.\*\*

**KEYWORDS:** HOVERCRAFT, HULL, SKIRT, LIFT, THRUST, DIRECTION AND CONTROL.

### DESCRIPTION:

The development of the ultralivian hovercraft prototype carried out in this project, began with the design part, which involved three phases: the first was the diagnosis, where different products were analyzed or for the case different recreational type hovercraft, determined the requirements, specifications, and functions thereof. On the other hand, the second phase covered the conceptual design, which focused on determining the parts of the vehicle that included the division of the vehicle into five subsystems; Subsystem of hull, skirt, lift, thrust and the one of direction and control, to thus generate the alternatives and later to this sketches and a CAD design, close to the prototype of the hovercraft, accompanied by some initial calculations for a better analysis. The third phase involved the development and completion of the selected alternative, accompanied by post-initial calculations, a more optimal CAD design and the execution of a construction process, which required the change of variables that were previously assumed, due to the problems that arose in the process itself. So the whole process was accompanied by a general chapter and then specific chapters of the design and construction of each subsystem.

---

\* Research work.

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. Mechanical Engineering. Jorge Enrique Meneses Flórez, Diego Armando Gómez Márquez.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran variedad de vehículos, algunos con especialidad sobre ciertos terrenos, es decir, agua, tierra, asfalto, aire, montaña, etc. Y solo algunos pocos del tipo anfibio, en donde se encuentran los aerodeslizadores, los cuales aparte de transitar sobre gran variedad de terrenos, son capaces de atravesar minas sin activarlas, dado a que estos no tocan completamente el suelo. De manera que este tipo de vehículo no es muy conocido en Colombia, ya que las personas están acostumbradas a observar lo usual o común, como lo son los autos, cuatrimotos, lanchas, canoas, entre otros.

La iniciativa de desarrollar el prototipo de un aerodeslizador ultraliviano, surge con la idea de poder presentar al público en general, una alternativa distinta de movilización, que a su vez cambie la idea del común de que todos los vehículos cuentan con ruedas para moverse, de manera que con esto se pueda incentivar el turismo y así que las personas vean una nueva alternativa de recreación, que logre cambiar los estándares habituales.

El proyecto se centró en diseñar y construir un aerodeslizador ultraliviano, en donde una persona pudiera controlar con facilidad un vehículo de esta clase. De manera que todo el proceso de desarrollo del aerodeslizador se efectuó a partir de los subsistemas más importantes que hacen parte de él, los cuales son el de sustentación y propulsión, ya que se encargan de levantar y brindar movimiento al vehículo respectivamente, de modo tal que a partir de ellos se definen las características de los subsistemas restantes, es decir, casco, falda, dirección y control.

De manera que un proyecto como este se convierte en una oportunidad para explorar, desarrollar y adquirir experiencias con las que antes no se contaban, de modo que el estudiante pueda adentrarse en terrenos que solo conocía en la teoría, pero que a su vez son los que le sirven de base para expandir sus conocimientos.

## **1. PRELIMINARES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Santander es un departamento que está en constante crecimiento, pero su falta de innovación y exploración lo ha llevado a presentar monotonía en sus formas de turismo de la misma forma que otros departamentos cercanos lo han hecho, y a su vez la falta de conocimiento, ha impedido la creación de empresas turísticas que presenten una idea distinta de turismo, a la que comúnmente se tiene, es decir, se ha sumergido en un océano rojo donde hay mucha competencia industrial.

Los departamentos, cuentan con planes de desarrollo económico, cultural y social, que se ejecutan a corto, mediano y largo plazo. Santander cuenta con un Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación (PEDCTI Santander) con un horizonte de planeación hasta el año 2020, en el cual si se habla de las potencialidades para el desarrollo turístico, este está encaminado a mega proyectos, mejoramiento de las vías, aumento de la oferta de alojamiento, conectividad y terminal aéreo, pero este plan cuenta con unas limitantes, las cuales son la falta de productos turístico organizados y competitivos, falta de presupuesto, y actitud para llevar a cabo un buen turismo.

Con lo expuesto anteriormente se aprecia que Santander no está destinando recursos a proyectos de emprendimiento pequeños, ni aprovecha en su totalidad los recursos ofrecidos por la naturaleza para implementarlos completamente, es decir, se cuenta con paisajes, en donde se destacan ríos, cascadas, túneles, mesetas, montañas con buenas fuentes de aire etc., con lo que se lleva a cabo megaproyectos enfocados en deportes extremos tales como cable vuelo, columpio extremo, voladero, rafting, entre otros. Razones donde se aprecia que estos tienen gran acogida, pero no se está impulsando, la posibilidad de traer otros deportes extremos, que no solo puedan ser implementados para obras grandes, si no que

pueda contribuir al turismo de la microeconomía, donde en esta se genera mucha competencia en el mismo campo, es decir, se presentan las mismas atracción y no hay variedad, de manera que si se echa un vistazo a estas atracciones, encontramos el uso de cuatrimotos, escenarios para paintball, canotaje, parapentismo, rapel etc.

Como se ha mencionado previamente, para llevar acabo distintos deportes, se emplean escenarios de diferente naturaleza, en donde en cada uno de ellos, se maneja un sistema de transporte dependiendo de la necesidad, es decir, se requiere de un cambio o utilización de vehículo terrestre o acuático, y de la adecuación de ecosistemas para poder movilizar algunos de estos.

Es por esto que se busca construir un vehículo aerodeslizador que pueda desplazarse por gran variedad de terrenos o escenarios entre ellos agua, tierra, asfalto y sobre obstáculos de mediano tamaño al instante, permitiendo introducir una nueva forma de turismo en el departamento, que no solo se pueda efectuar a nivel macroeconómico, sino que pequeños empresario puedan culturizarse, y así generar conocimiento sobre este ámbito, lo que aportaría a la economía, desarrollo y sostenibilidad del departamento.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Santander es un departamento que durante sus últimos años ha venido invirtiendo en diferentes proyectos, que contribuyan al desarrollo económico y cultural de sus habitantes, y tal crecimiento ha provenido de diferentes sectores. Uno de estos ha sido la recreación, turismo y deporte, razón por la cual, el departamento se ha destacado a nivel nacional. Es por esto, que al ampliar su variedad e innovar en formas de recreación, se puede dar un paso al cambio comenzando en el departamento y posteriormente en el país, incrementando así su economía.

Al implementar un proyecto que introduzca un vehículo anfibia ya existente en otras comunidades extranjeras, se puede cambiar la cotidianidad en la que se han llevado a cabo tanto deportes como formas de recreación, y así dar una nueva visión a las tecnologías que habitualmente se manejan en el país. Lo que trae consigo un desarrollo turístico, cultural, económico y social, en el departamento. Dando así la oportunidad de dar a conocer al público un vehículo aerodeslizador que permite transportarse por muchos escenarios al tiempo, es decir, por agua, asfalto, tierra y a través de algunos obstáculos de mediano tamaño de forma instantánea, es decir, sin necesidad de hacer algún tipo de cambio en el vehículo o en el ecosistema.

De tal forma que microempresas dedicadas al turismo, den un nuevo aire a la manera en que han ejecutado cotidianamente su actividad económica, lo que conlleva a bajar el desempleo inicialmente en el departamento, y posteriormente en el país. Dando así a conocer al público, tecnologías con las cuales no cuenta Santander, ya que no se tiene una idea clara acerca de los vehículos aerodeslizadores y así mismo no ha existido una apropiación de parte de quienes conocen de antemano la existencia de los aerodeslizadores y no han invertido en este tipo de tecnología para que con esto, no solo se amplíe el ámbito del turismo, sino que también permita generar empresas que se dediquen a fabricar los mismos, ya que para la adquisición de estos vehículos se hace necesario contactar con empresas a nivel internacional, razón por la cual al desarrollar este tipo de producto en Santander, traera consigo un buen impacto a nivel económico y cultural, además de mostrar una gran viabilidad debida a su novedosa implementación.

## 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo general.** Contribuir en la divulgación del conocimiento, para dar cumplimiento a la función misional de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander por medio de la elaboración de un vehículo anfibia que permita a Santander adentrarse en el uso de tecnologías poco convencionales promoviendo así el turismo en el departamento.

### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Diseñar y construir un aerodeslizador de tipo ultraliviano para uso recreacional, que cumpla con las siguientes especificaciones de diseño:
  - Transitar sobre escenarios tales como: agua, asfalto, tierra, barro, pasto y a través de algunos obstáculos de mediano tamaño.
  - Soportar y movilizar un pasajero con un peso máximo de 85 kg.
  - Presentar un peso menor a 500kg en vacío (sin pasajeros o carga (equipo relacionado con la actividad)).
  - Usar un motor a gasolina, como fuente de potencia para el subsistema de propulsión y sustentación.
  - Operar en condiciones estáticas en una posición con un rango de ángulos de 7.5 a 15 grados de inclinación.
  - Incorporar una protección en el área de la hélice, que pueda soportar una fuerza de 450N en un espacio de 100x100 mm sin flectarse.
- Utilizar como guía el código británico de aerodeslizadores, para tener en cuenta las especificaciones de diseño que se emplean para desarrollar un aerodeslizador de tipo ultraliviano.
- Evaluar cualitativamente el desempeño del vehículo en los diferentes terrenos de operación presentados en las especificaciones.

## 1.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

En esta parte del diseño se analiza cada uno de los elementos que componen la alternativa que se escoge para el diseño y construcción del aerodeslizador ultraliviano, de lo cual se encuentra información más específica en el ANEXO A.

Los principales subsistemas para los cuales se efectúa una elección más profunda son los que se presentan a continuación:

- Subsistema de casco.
- Subsistema de falda.
- Subsistema de sustentación.
- Subsistema de propulsión.

El subsistema restante que es el de dirección y control, no tiene una elección importante que afecte el funcionamiento del vehículo, por tal razón se omite algún tipo de alternativa.

**1.4.1 Subsistema de casco.** En la Tabla 1 se realiza una comparación entre ventajas y desventajas de dos materiales que se usan mucho en la construcción de cascos para aerodeslizadores.



<p><b>MARINA CON ESPESOR DE 15[mm]</b> <b>(Continuación)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso de superficie 7.5 (kg/m<sup>2</sup>)</li> <li>• Masa volumétrica 500 (kg/m<sup>3</sup>)</li> </ul>	
--	--	--

#### 1.4.2 Subsistema de falda.

**1.4.2.1 Tipo de falda.** La Tabla 2 presenta una comparación entre ventajas y desventajas que presentan los tipos de falda más usado para este tipo de aerodeslizadores.

Tabla 2. Comparación tipo de faldones

<b>COMPARACIÓN DE TIPO DE FALDONES</b>		
<b>TIPO DE FALDA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<p><b>FALDA TIPO BOLSA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su manufactura es más sencilla y en menos tiempo. Es mucho más económica para su construcción en un comienzo que la tipo dedo y bolsa-dedo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es tan segura, dado a que, si se presenta algún daño, el sistema puede dejar colapsar.</li> </ul>
<p><b>FALDA TIPO BOLSA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su resistencia depende del tipo de material con que se construya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para su mantenimiento, este resulta costoso, debido a que se debe cambiar la falda en su totalidad y por ende</li> </ul>



<p><b>FALDA TIPO BOLSA-DEDO.</b></p>	<p>daño, el sistema puede seguir funcionando con cierto número de dedos en buen estado, en la bolsa difícilmente se presentan daños.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para su mantenimiento, este resulta menos costoso que la tipo bolsa, debido a que se debe cambiar únicamente el dedo que este dañado.</li> <li>• Es confiable, según lo expuesto anteriormente.</li> <li>• Su resistencia depende del tipo de material con que se construya.</li> <li>• Es la mejor de las faldas, por tomar lo mejor de la tipo dedo y tipo bolsa, pero su uso se restringe para uso militar dado a su costo.</li> </ul>	<p>que en la de tipo bolsa y la de dedo, debido a que es mucho más complicada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su manufactura es un tanto compleja y toma más tiempo que en la de tipo bolsa y dedo, debido a su complejidad.</li> </ul>
<p><b>FALDA TIPO BOLSA-DEDO. (Continuación)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta buena estabilidad y una recuperación rápida luego de sufrir una deformación considerable.</li> </ul>	

**1.4.2.2 Tipo de tela.** Para la construcción de la falda se requiere un material que sea flexible que presente ligereza, impermeabilidad, resistencia a la tensión y abrasión. Normalmente se usan lonas de tipo sintéticas tales como kevlar y poliéster recubierto con PVC. Los elementos usados para su fijación son el nylon y el acero inoxidable. La Tabla 3 muestra una comparación entre estos dos tipos de telas usadas frecuentemente en la fabricación de aerodeslizadores:

Tabla 3. Propiedades materiales de la falda.

<b>PROPIEDADES MATERIALES DEL FALDÓN</b>		
<b>KEVLAR</b>	Resistencia	3800Mpa
	Elasticidad	131 GPa
	Densidad	1220 Kg/m <sup>3</sup>
	Resistencia a la tracción	3400 Mpa
	Resistencia de Compresión	Baja
	Atacado fácilmente por ácidos y bases fuertes	
	Buena resistencia a disolventes y aceites	
	Absorción de Humedad	12%
<b>POLIÉSTER RECUBIERTO DE PVC</b>	Resistencia a la tracción urdimbre	27 Mpa
	Resistencia a la tracción trama	23 Mpa
	Resistencia al descaste urdimbre	300 N
	Resistencia al descaste trama	230 N
	Densidad	1220 kg/m <sup>3</sup>
	Absorción de Humedad	0.4% al 0.6%
	Máxima resistencia a la putrefacción	
	Máxima resistencia a la contaminación ambiental	
	Repelente al agua	
	Anti rayos ultravioleta	
	Antibacteriano	

### 1.4.3 Subsistemas de sustentación y propulsión.

**1.4.3.1 Tipo de subsistema.** En la Tabla 4 se evalúa que ventajas y desventajas se tienen para separar los subsistemas de sustentación y propulsión o simplemente tomarlos como un solo subsistema, por medio del número de ventiladores.

Tabla 4. Ventajas y Desventajas del Número de Ventiladores

VENTILADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>ÚNICO VENTILADOR PARA SUSTENTACIÓN Y PROPULSIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menor costo en montaje, diseño, mantenimiento y fácil manufacturabilidad.</li><li>• Tienden a ser sistemas livianos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En el momento de poner el motor en marcha se tendrá tanto propulsión como sustentación, no hay independencia de los dos sistemas, presentado dificultad para ser manejado.</li><li>• No tiene velocidades bajas, se puede perder el efecto de vuelo.</li></ul>
<b>DOS VENTILADORES TANTO PARA SUSTENTACIÓN COMO PARA PROPULSIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Permite la independencia para el sistema de propulsión y sustentación.</li><li>• Soporta grandes cargas.</li><li>• El diseño de ductos y distribución de caudal es más fácil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es un sistema mucho más pesado con requerimientos de potencia mayores.</li><li>• Tienen costos más elevados.</li></ul>

**1.4.3.2 Tipo de ventilador.** Para estos dos subsistemas se emplea un ventilador o hélice de tipo axial, ya que para sustentación una hélice de este tipo proporciona altas cantidades de presión y caudal, de igual forma son de uso común en aerodeslizadores y tienen un bajo costo comparado con el de un ventilador de tipo centrífugo. La Tabla 5 muestra una comparación en la implementación de un tipo de ventilador u otro para estos subsistemas:

Tabla 5. Comparación de Ventilador con ducto Vs Ventilador de hélice.

CARACTERÍSTICA	VENTILADOR EN DUCTO	VENTILADOR DE HÉLICE
Uso de timón o direccional	Si	Si
Empuje Estático [Lb/Hp]	De 3 a 6	De 5 a 8
Peso	Bajo	Alto
Seguridad	Buena	No muy buena
Empuje lineal	Bajo	Alto
Trabajo bajo presiones estáticas	Cercanas a cero	De hasta 375 Pa
Movimiento de aire para su respectiva presión estática	20000[Ft <sup>3</sup> /min]	50000[Ft <sup>3</sup> /min]

**1.4.3.3 Tipo de material.** La Tabla 6 muestra dos posibles materiales para la selección de las hélices, que depende de las necesidades, costo y facilidad de adquisición con que se cuente para cada una.

Tabla 6. Materiales de la hélice

CARACTERÍSTICAS	Hélice de madera	Hélice de poliamida
Fácil acceso	Bueno	Medio
Durabilidad	Bueno	Bueno
Peso	Bajo	Medio
Seguridad	Buena	Alto
Fatiga	Bajo	Medio
Fragilidad	Alta	Media
Resistencia a la humedad	Buena	Alta

**1.4.3.4 Tipo de transmisión.** El motor se encarga de llevar la potencia al sistema y, según el tipo de configuración del motor y la transmisión esta potencia puede ser llevada por medio de correas o directamente a la hélice con algún acoplamiento.

Figura 1. Transmisión de potencia directa.

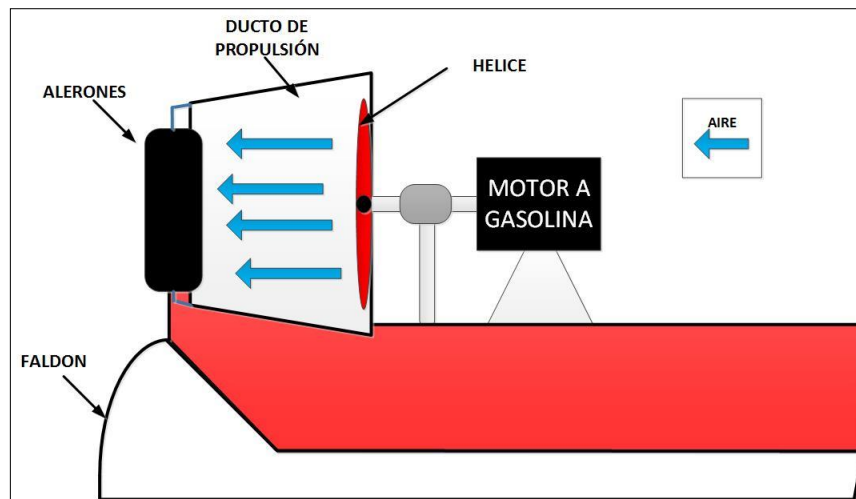
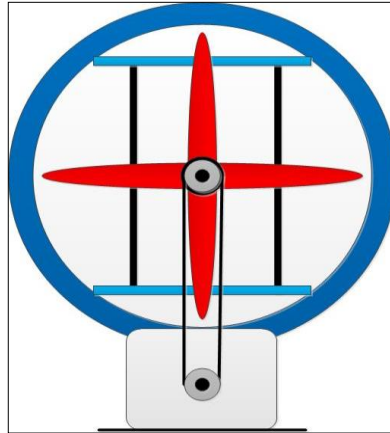


Figura 2. Transmisión por correas.



## 1.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Las alternativas que se seleccionan se basan en las necesidades que presenta cada subsistema de manera que proporciona; un correcto funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad, seguridad y bajos costos para su desarrollo.

**1.5.1 Subsistema de casco.** El material que se selecciona para el casco es fibra de vidrio, inicialmente se piensa en construirlo en madera contrachapada marina, ya que este tipo de vehículos son construidos normalmente en este material, pero debido a la comparación que se hace en la Tabla 1 en cuanto a las propiedades, la fibra de vidrio es mucho más eficiente y más fácil de encontrar en el departamento de Santander que la madera marina. Así mismo uno de los factores determinantes para escoger fibra de vidrio es su completa resistencia al agua, es decir, un 100%.

**1.5.2 Subsistema de falda.** El tipo de falda que se elige es la falda tipo dedo, debido a como se evidencia en la Tabla 2 este tipo de falda es de fácil mantenibilidad, es mucho más segura que la tipo bolsa y aun que la falda que es mejor que todas es la bolsa-dedo, la tipo dedo cuenta con una manufactura más económica, debido a que la cantidad de material para su construcción es menor, lo que ocasiona menos gastos, más sin embargo es más costosa con respecto a la tipo bolsa.

Respecto al material para su construcción, como se apreció en la Tabla 3, ambos materiales son muy buenos para emplearlos en la construcción del faldón, así mismo al momento de pasar el aerodeslizador por agua es mucho más efectivo usar el poliéster recubierto con pvc, ya que la cantidad de absorción de húmeda es prácticamente nula y la poca agua que llega a absorber se seca rápido, es decir, tiene un secado mucho más acelerado que el kevlar.

Cabe resaltar que al emplear kevlar se tiene más resistencia a la fricción, pero al revisar los costos de estos dos materiales se aprecia que el poliéster recubierto con pvc es mucho más económico y en Santander es más fácil de conseguir. De manera que se usa una lona de poliéster recubierto con pvc conocida como Ultralona para la fabricación de la falda tipo dedo del aerodeslizador. Las características principales de la Ultralona se encuentran en el ANEXO C.

**1.5.3 Subsistemas de sustentación y propulsión.** El subsistema de sustentación y propulsión se elige por su efectividad, ya que al separar los subsistemas se tiene mayor certeza de que estos funcionen correctamente por separado. Aunque al contar con dos hélices y dos motores los costos de construcción se elevan más, pero esta implementación brinda seguridad y una óptima actividad del aerodeslizador.

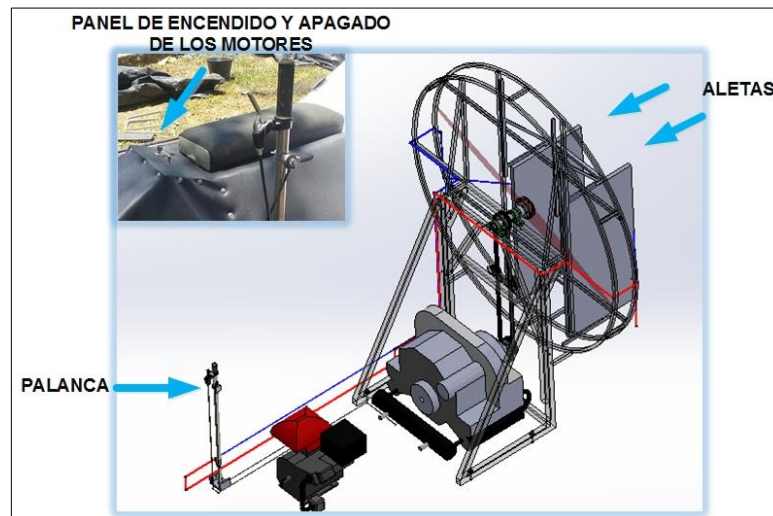
Para el tipo de ventilador se utiliza como se había mencionado antes ventiladores de tipo axial, pero para el subsistema de sustentación se usa un ventilador de ducto, ya que este hace parte de un subsistema de conducción más grande, es decir, cada uno de los pequeños conductos que hacen parte de los dedos de la falda. Por otro lado, para el subsistema de propulsión se usa un ventilador de hélice, ya que aquí no se necesita un ducto cerrado para dirigir el aire, ya que la misma hélice permite la entrada y salida de este, sin embargo, se hacen unos anillos alrededor de la hélice en forma de ducto hueco para colocar una malla que brinde seguridad tal y como se propuso en los objetivos del proyecto.

El material para el ventilador de sustentación con el que se fabrica este, es en PAG (poliamida reforzada en fibra de vidrio), ya que cuenta con muy buenas propiedades mecánicas las cuales se especifican en el ANEXO E, es de menor costo y de uso común en aerodeslizadores referente a las otras combinaciones que se hacen de la poliamida y otros agregados. Por otro lado, para el ventilador de propulsión se emplea madera, esto debido a que son de uso común en paramotores, por que proporcionan empujes lineales altos, lo que la hace viable para emplear en este subsistema, así mismo el uso de las hélices en madera es poco común en los aerodeslizadores profesionales, pero son usadas en aerodeslizadores de tipo casero dado su bajo peso y compacidad.

El tipo de transmisión de potencia que se maneja para el subsistema de sustentación es directo usando un acople por cadena, el cual se especifica en el ANEXO H. Dado a que este subsistema está ubicado en el suelo del vehículo, y no requiere normalmente el uso de transmisión por correas. La transmisión del subsistema de propulsión se realiza por medio de correa tipo Poly-V la cual se detalla en el ANEXO I, estas poleas no requieren de mucho espacio, son ligeras y efectivas transmitiendo potencia.

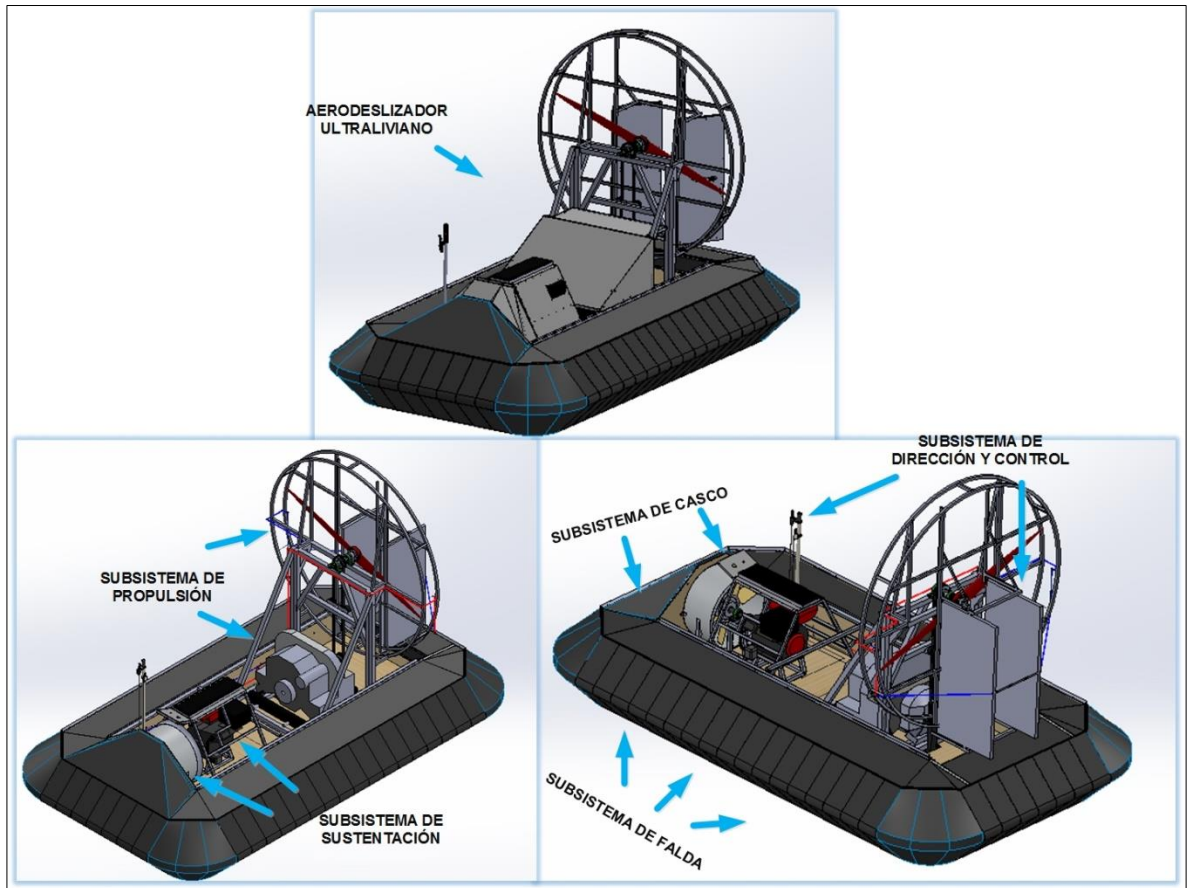
**1.5.4 Subsistema de dirección y control.** La Figura 3 presenta el subsistema de dirección y control, el cual se encarga de mover las aletas que están colocadas en el subsistema de propulsión, quienes dirigen el aire para un lado u otro. Estas dos aletas son direccionadas por medio de dos guayas de acero (líneas roja y azul), las cuales llegan a una palanca que se encarga de dar movimiento a las aletas al tensar las guayas. Así mismo la palanca permite la aceleración o desaceleración del motor de propulsión y del motor de sustentación, que son controlados por otras guayas (líneas grises), en donde la del motor de propulsión es accionada como con un freno de bicicleta a la inversa, es decir, se acelera al hundir la manecilla y se desacelera cuando no se está hundiendo. La guaya del motor de sustentación es accionada con una manecilla de cambio de bicicleta, permitiendo así la variación de velocidad. El encendido de los motores se efectúa desde un panel ubicado cerca del asiento del conductor, de modo que como el motor de sustentación es de encendido manual, en el panel solo se da paso a la corriente.

Figura 3. Subsistema de dirección y control.



## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.

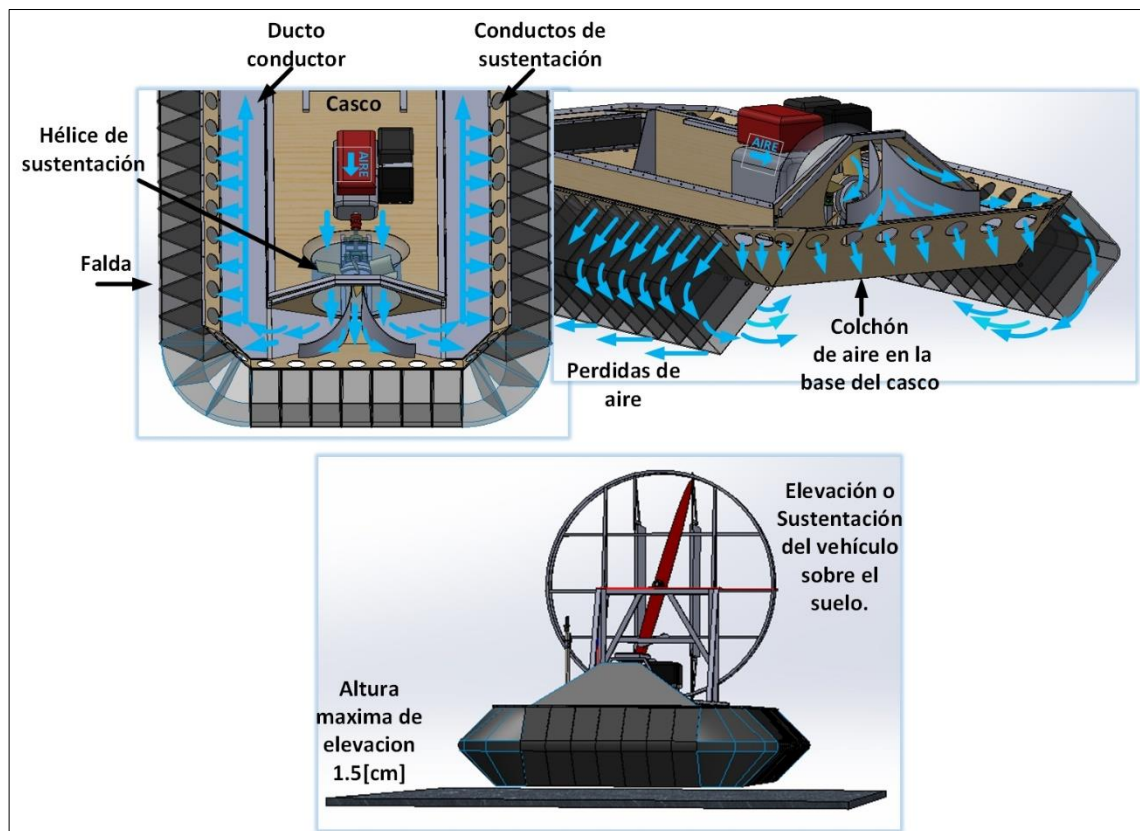
Figura 4. Prototipo de aerodeslizador ultraliviano.



El prototipo del aerodeslizador ultraliviano que se desarrolla en este proyecto, es el presentado en la Figura 4, el cual tiene un tamaño de 3.8 [m] x 2.197 [m] x 2.35 [m] (largo x ancho x alto, respectivamente) y un peso de orden de marcha de menos de 500[kg], en el que se pueden sentar una persona con un peso no mayor a 85[kg]. El vehículo funciona por medio de dos hélices, las cuales se encargan de

elevanto y moverlo. El subsistema que gestiona la elevación del aerodeslizador es conocido como sustentación, ya que se encarga de aumentar y dirigir el aire a presión que transforma su hélice a todo el casco, en donde éste último cuenta con un ducto conductor que lleva el aire a los conductos de sustentación y posterior a esto es encapsulado por una falda que dirige el aire a la base inferior del casco creando un colchón de aire, que ocasiona que el sistema completo se levante del suelo (Ver Figura 5).

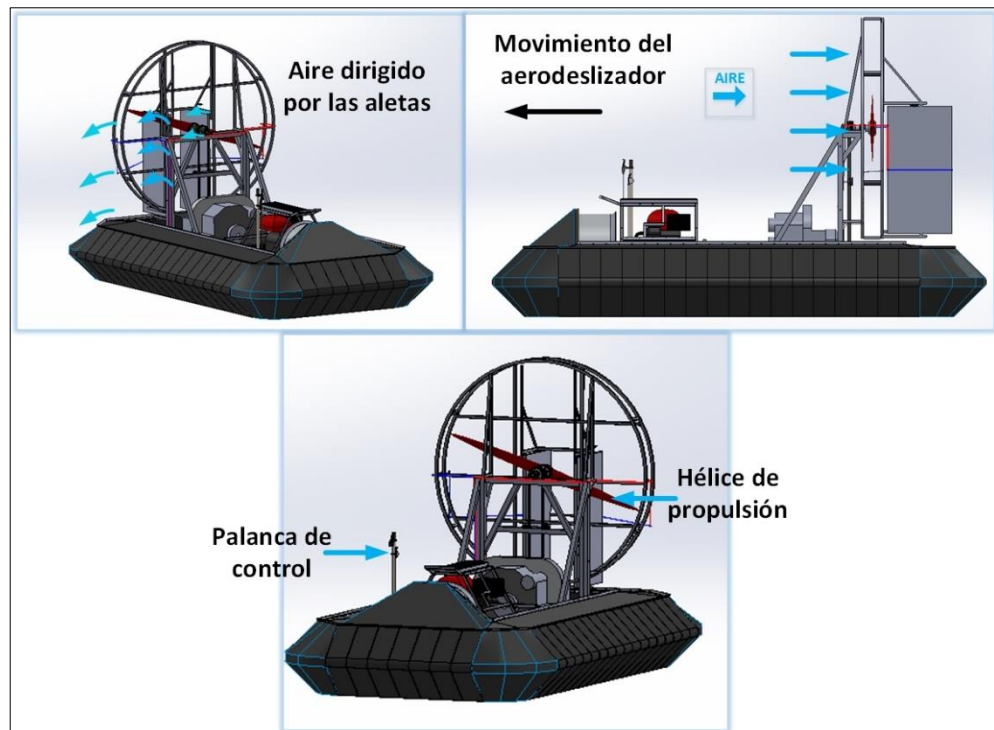
Figura 5. Paso del aire por el aerodeslizador para su elevación.



El subsistema que gestiona el movimiento del vehículo es conocido como propulsión, ya que cuenta con una hélice que aumenta la velocidad del aire, lo que ocasiona que se genere una fuerza de propulsión que es capaz de impulsar al vehículo, produciendo así su movimiento en línea recta. Así mismo el aire proveniente de la hélice de propulsión, es dirigido por unas aletas que hacen parte del subsistema de dirección y control, las cuales permiten que el aerodeslizador se mueva a la derecha o a la izquierda (Ver Figura 6).

El subsistema de dirección y control permite controlar el vehículo por medio de una palanca de control, con la cual se le puede dar dirección al aerodeslizador, y acelerar los motores de las hélices, por otro lado, este subsistema cuenta con un panel en el cual se encuentra el encendido y apagado de los motores, dando así la posibilidad al conductor de manejar completamente el vehículo.

Figura 6. Paso del aire para generar el movimiento del aerodeslizador.

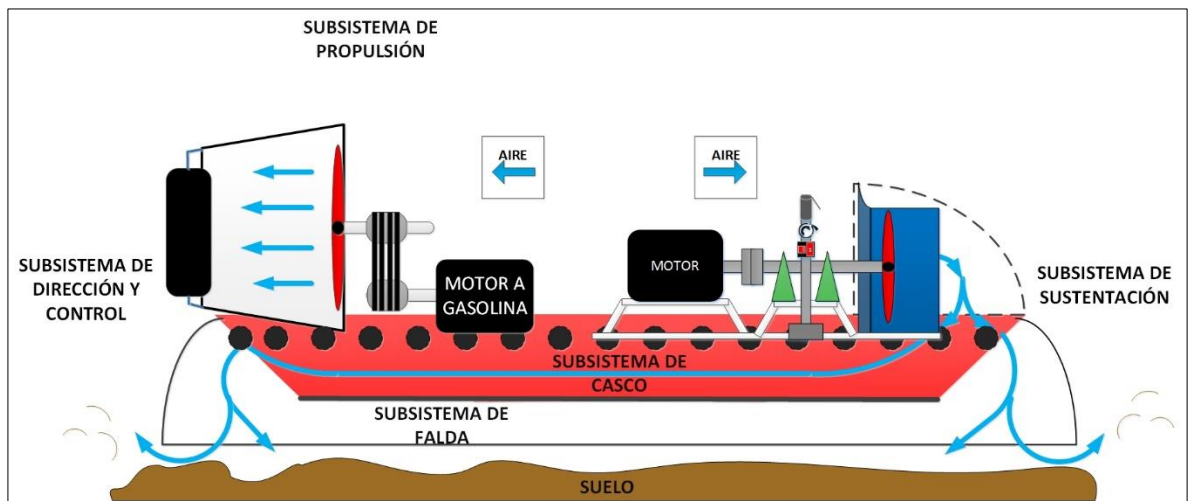


Este aerodeslizador puede alcanzar una velocidad máxima en línea recta de unos 15 [m/s], transitar sobre agua, asfalto, tierra, barro, pasto y por encima de objetos de mediano alcance y así mismo pasar por pendientes que no tengan más de 4° de inclinación. El vehículo es de fácil mantenibilidad, ya que tiene un acceso rápido a los diferentes componentes que requieren mantenimiento, es decir, motores, falda y casco.

## 2.1 SUBSISTEMAS DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.

El aerodeslizador está compuesto por cinco subsistemas, los cuales ejercen una función específica que permite que éste pueda funcionar correctamente. En la Figura 7 se pueden apreciar los subsistemas de: casco, falda, sustentación, propulsión y el de dirección y control.

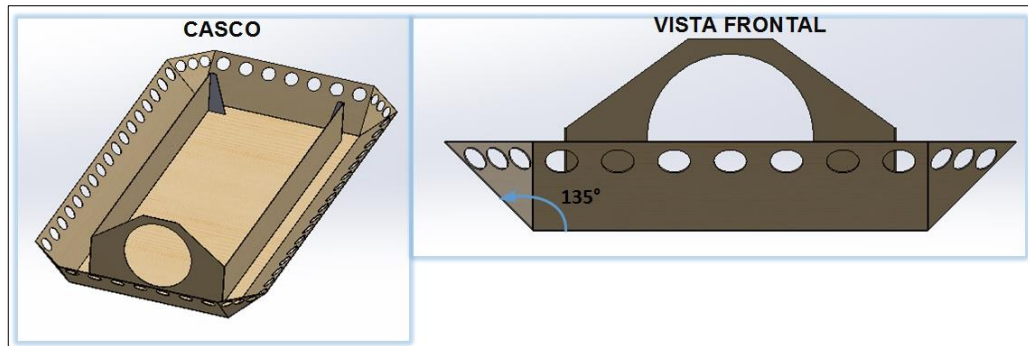
Figura 7. Subsistemas del aerodeslizador ultraliviano.



## **2.2 COMPONENTES DE LOS SUBSISTEMAS DE EL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.**

**2.2.1 Subsistema de casco.** El casco es el encargado de sostener a cada uno de los subsistemas que hacen parte del aerodeslizador y a su vez dirige por medio de un ducto conductor el aire proveniente de la hélice de sustentación a cada uno de los conductos de sustentación que distribuyen el aire a la falda. Éste tiene forma rectangular con las esquinas recortadas o achatadas (Ver Figura 8) para que en la parte frontal del casco la falda pueda acomodarse y evitar que sea empujada hacia atrás al pasar por el suelo o el agua a medida que el vehículo avanza, de manera que esta no pierda su forma geométrica. Éste tiene una longitud de 3.6 [m], con un ancho de 2.0 [m] y un alto de 0.50 [m] y un ángulo de inclinación de 135° aproximadamente entre la parte inferior del casco y la cara lateral externa del mismo. Fabricado en fibra de vidrio, con un grosor aproximado de 5 [mm], las características de la fibra de vidrio se presentan en el ANEXO B. El casco como se aprecia en la Figura 9 posee un ducto conductor que lleva el aire hasta los 58 conductos de sustentación que se encargan de dirigir el aire a la falda, estos conductos tienen un diámetro de 10.16 [cm]

Figura 8.Casco.



De manera que el subsistema de casco está conformado por los siguientes componentes:

- Casco.
- Ducto conductor.
- Conductos de sustentación.
- Asiento conductor.

Figura 9.Ducto conductor y conductos de sustentación.



La parte superior y el interior del casco también conocido como ducto conductor está cubierto con lona californiana (Ver especificaciones técnicas de la lona en el ANEXO D), que es una tela impermeable al agua y al aire, ésta es diferente a la de la falda, ya que aquí no se requiere un valor alto del rasgado longitudinal y transversal, es decir, el valor de rasgado de ésta es de 90[N] y 80[N] respectivamente, mientras que el de la tela de la falda es de 400[N] para ambos, esto debido a que el ducto conductor solo está expuesto al aire y la falda está expuesta a todo tipo de suelo (Ver Figura 10).

En la Figura 11 se aprecia el asiento del conductor, el cual está ubicado encima del motor de sustentación, esto debido a que se necesita equilibrar las cargas en el vehículo, dado a que el motor de propulsión es muy pesado (110[Kg]) y se encuentra en la parte trasera del casco. Por otro lado, la estructura del asiento cuenta con un espacio para la ubicación del panel de encendido y apagado de los motores y con una manija que sirve para que el conductor se sostenga y pueda equilibrar el vehículo cuando este en movimiento. Los laterales de asiento están cubiertos con aislante térmico, ya que al estar encima del motor, este emite calor producto de la combustión, de manera que el aislante se colocó para disminuir la transferencia de calor que se está emitiendo, así mismo al aislante se le colocó una lámina galvanizada calibre 31 para darle forma al aislante y así poder forrar el asiento, tanto en el área lateral como en la parte frontal superior, empleando tapete Toyota, para así darle un mejor aspecto al vehículo (Ver Figura 12)

Figura 10. Cubrimiento del ducto conductor del casco.

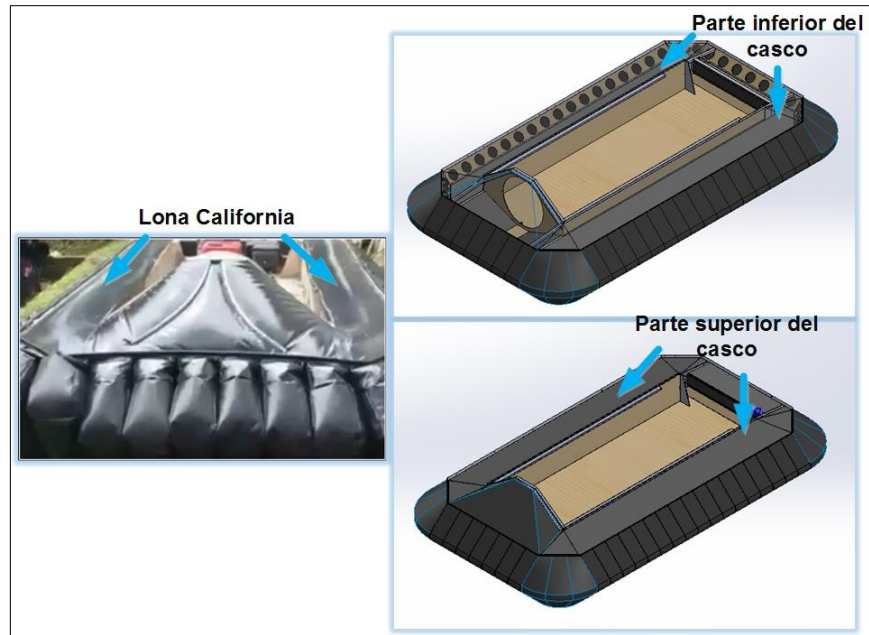


Figura 11. Asiento del conductor.

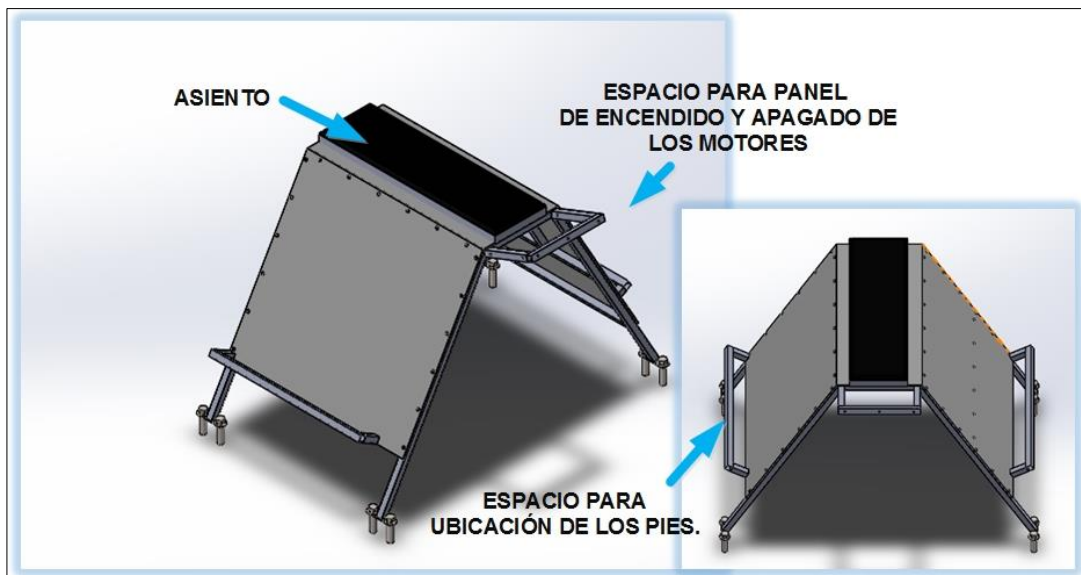


Figura 12. Manija y cubrimiento de la estructura del asiento.



**2.2.2 Subsistema de falda.** La falda se encarga de encapsular el aire proveniente de la hélice de sustentación y a la vez de dirigirlo a la parte inferior del casco, de manera que se cree un colchón de aire entre el casco, falda y suelo. Al ser la falda como un colchón de aire, esta impide que se transmita alguna vibración al vehículo si este llegara a chocar contra alguna superficie u obstáculo, de forma tal que la vibración que se genera es absorbida por ella misma. Este subsistema solo está conformado por la falda misma.

El tipo de falda que hace parte del aerodeslizador es conocido como falda tipo dedo recta, en donde el tamaño de los dedos depende de la altura del casco y del ancho de los conductos de sustentación, de manera que éstos tienen un ancho de 16.26 [cm], un largo de 37 [cm] y un alto de 40 [cm]. El claro que se crea en el vehículo,

es decir, distancia desde la parte inferior del casco al suelo es de unos 23.4 [cm] aproximadamente, el cual depende del largo de la falda (Ver Figura 13).

La falda cuenta con 58 dedos puestos alrededor del casco (Ver Figura 14), pegados a una tela que se ajustó con una lámina de aluminio y remaches y a su vez, estos dedos se aseguraron con un caucho que tiene un metal interior para ajustar a presión (Ver Figura 15). Los dedos están hechos en Ultralona (Ver especificaciones técnicas de la lona en el ANEXO C), un material impermeable al paso del aire y del agua, que está recubierto con PVC.

Figura 13. Tamaño de la falda tipo dedo respecto del casco.

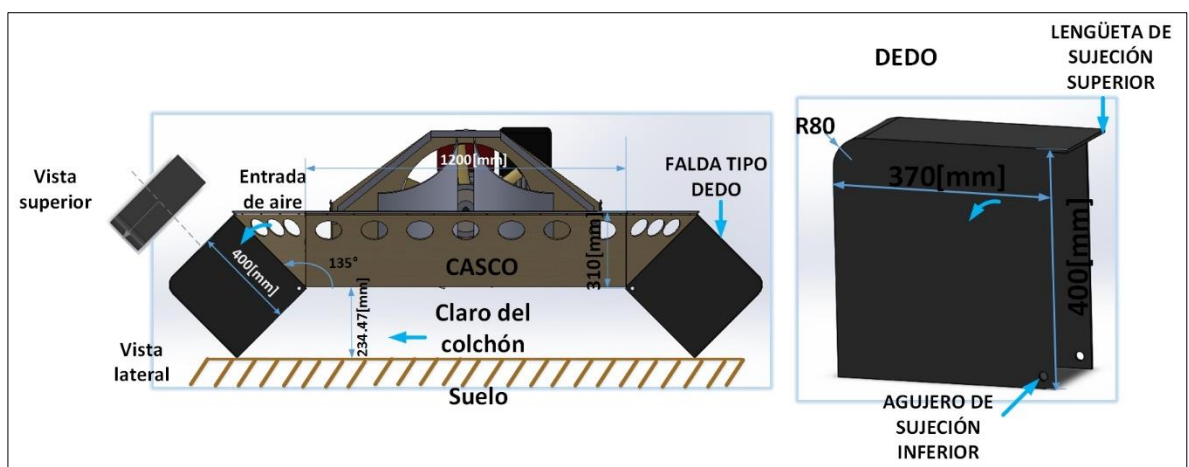


Figura 14. Falda tipo dedo alrededor del casco.



Figura 15. Sujeción de la falda tipo dedo.



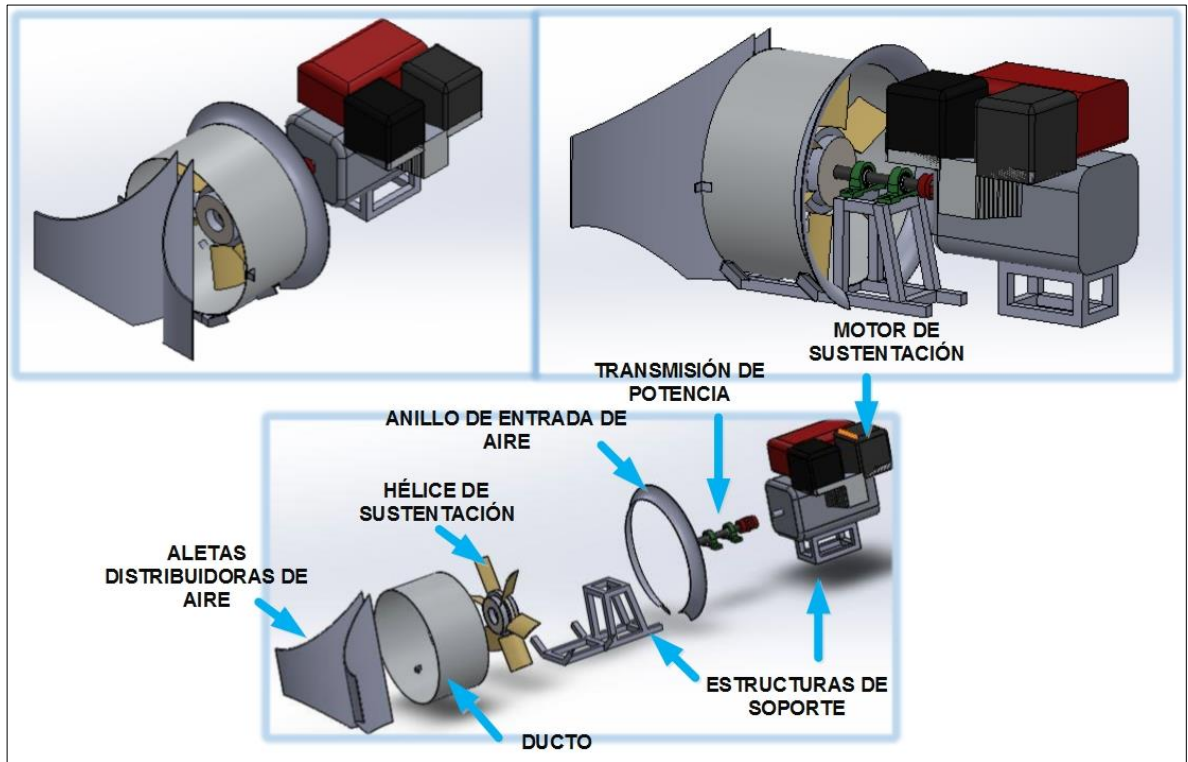
Los dedos también se encuentran sujetos a la parte inferior del casco por medio de unas correas plásticas que están aseguradas a los ojales del dedo y a unas platinas de 2[cm] de largo, puestas con remaches al casco. Las correas plásticas funcionan como un fusible, es decir, se romperán impidiendo que se dañe primero algún dedo o el mismo casco (Ver Figura 15).

**2.2.3 Subsistema de sustentación.** Este subsistema se encarga de crear en el aire una presión de aproximadamente 1240 [Pa] y un caudal de 10000[cfm], que van dirigidos a la parte inferior del casco, para que todo el sistema se levante del suelo una distancia máxima aproximada de 0.015[m]. La presión que necesita el sistema completo es de unos 910.5[Pa], cuando se suben dos pasajeros, por lo que se tiene una presión extra de seguridad para que el sistema se eleve, es decir, 329.5 [Pa] de más.

Este subsistema está conformado por los siguientes componentes (Ver Figura 16).

- Hélice de sustentación.(ANEXO E)
- Motor de sustentación a gasolina. (ANEXO F)
- Ducto de sustentación.
- Transmisión de potencia.(Acoplamiento, Ver Figura 17, ANEXO H)
- Sistema de protección (Malla tipo rombo metálica expandida en cold rolled, Ver Figura 18).

Figura 16. Subsistema de sustentación.



Este subsistema cuenta con transmisión directa por medio de un acoplamiento de cadena, sujeto a un motor Power Master de 15[Hp] de encendido manual, y a una hélice en PAG con sentido de rotación izquierdo y diámetro de 50 [cm], que está envuelta en un ducto de 51 [cm] y se encarga de transformar el aire a presión para distribuirlo por los conductos del casco. El ducto tiene al final unas aletas distribuidoras de aire, que permiten que éste sea dirigido a la derecha e izquierda del casco sin un cambio brusco.

Figura 17. Transmisión de potencia subsistema de sustentación.



Figura 18. Malla de protección metálica.

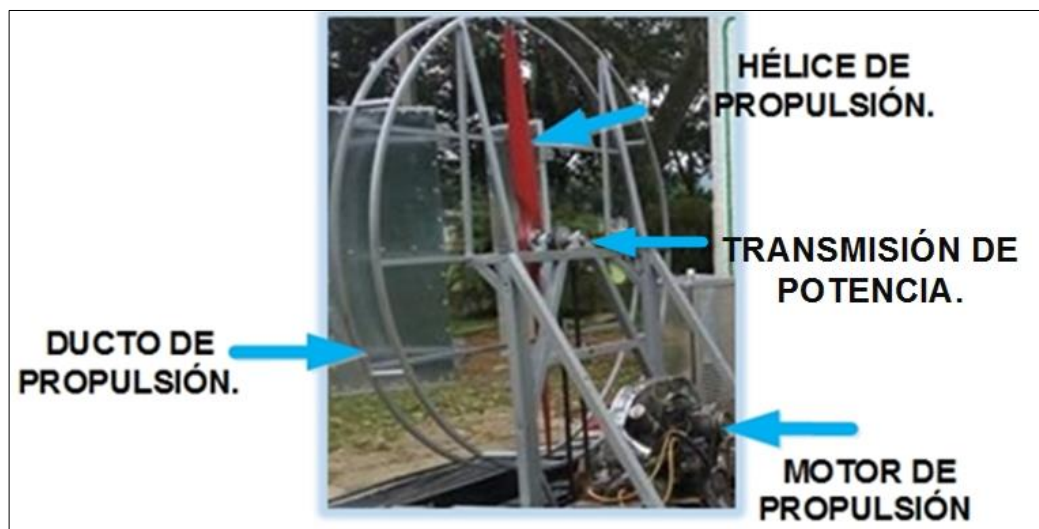


**2.2.4 Subsistema de propulsión.** Este subsistema es el encargado de empujar el vehículo, es decir, que el aerodeslizador pueda desplazarse desde un punto A, a un punto B. El empuje máximo que proporciona este subsistema es de 160[kg], en donde el necesario por el vehículo para transitar sobre cualquier escenario sin ninguna inclinación es de 156 [kg] (mas critico) y para un terreno con inclinación el empuje necesario es de 100[kg], para una velocidad de 5[m/s]. La velocidad máxima con la que se mueve el vehículo producto de este subsistema es de 15[m/s] para un terreno plano.

Los componentes que hacen parte de este subsistema se presentan a continuación (Ver Figura 19):

- Hélice de propulsión. (ANEXO J)
- Motor de propulsión a gasolina.(ANEXO K)
- Ducto de propulsión.
- Transmisión de potencia. (Poleas Poly-V, ANEXO I)
- Sistema de protección (Malla tipo rombo plástica, ANEXO L)

Figura 19. Subsistema de propulsión.



Este subsistema cuenta con una transmisión de potencia por correas sin reducción, en el que se emplearon poleas Poly-V, que transfieren potencia de un motor de Volkswagen de 42[Hp] a una hélice de madera bipala con sentido de rotación izquierda y diámetro de 1.65 [m]. El ducto de propulsión es de tipo hueco, ya que esta hélice no necesita dirigir el aire a algún lugar en específico, éste tiene un diámetro de 1.70 [m] y sobre el cual se tienen una malla que resiste unos 450[N] de fuerza distribuida en un área de 10x10[cm], de modo que protege al conductor si la hélice o fragmentos de esta salieran volando.

Figura 20. Malla de 10x10 [cm].



Así mismo este subsistema está cubierto con dos tapas, una para tapar el motor de propulsión donde así mismo se encuentra instalado el tanque del combustible, esto debido a la poca existencia de espacio y así también para evitar algún peligro y la otra tapa se usa para cubrir la batería de éste mismo motor, ubicada en la parte trasera del vehículo. De manera que estas tapas permiten que el vehículo se vea

estéticamente mejor y se eviten problemas de seguridad si llegara a caerle agua por ejemplo a la batería (Ver Figura 22).

Figura 21. Transmisión de potencia subsistema de propulsión.

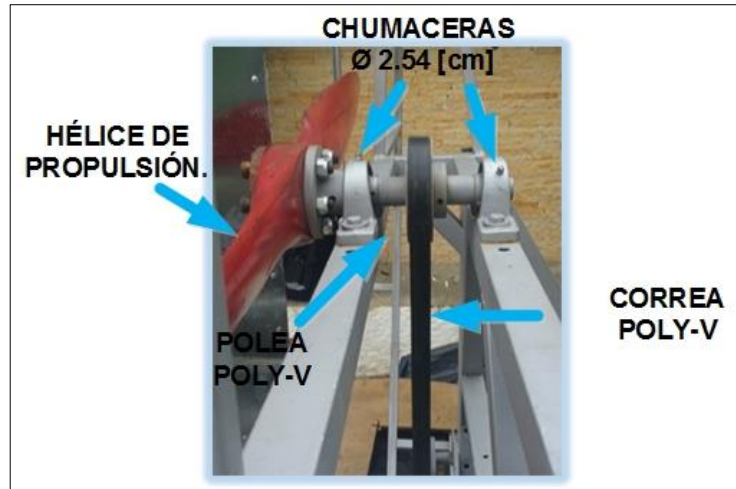


Figura 22. Tapas subsistema de propulsión.

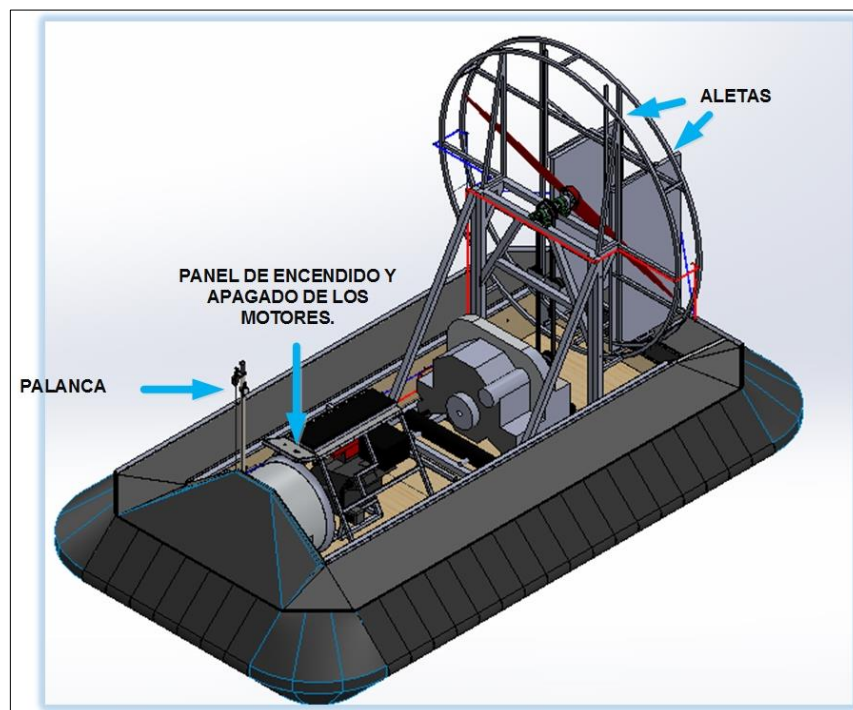


**2.2.5 Subsistema de dirección y control.** Este subsistema se encarga de darle la dirección al vehículo, es decir, que este gire para la derecha o la izquierda, así mismo controla el encendido y apagado de los motores y la aceleración de las hélices, de modo tal que permite al conductor controlar el funcionamiento del aerodeslizador.

Este subsistema está compuesto de las siguientes componentes (Ver Figura 23):

- Controles para motor de propulsión, sustentación y la dirección.
- Alerones: Se encargan de dar dirección al vehículo, los cuales están controlados por el subsistema de control, para este caso la palanca o manubrio (Ver Figura 24).

Figura 23. Subsistema de dirección y control.



La palanca de control es la encargada de mover las dos guayas que están sujetas a las aletas, de manera que un movimiento de la palanca hace que éstas se muevan a la izquierda o derecha del vehículo. A la palanca está sujeta una manecilla que se encarga de acelerar el motor de propulsión, es decir, para acelerar la hélice de propulsión, usando una guaya ubicada en el motor. Por otro lado el motor de sustentación es acelerado por una manilla de cambio empleada en bicicletas, que tiene una guaya que permite la aceleración del motor (Ver Figura 24). El encendido y apagado de los motores se realiza desde un panel cercano al asiento del conductor, tal como se ilustra en la Figura 25, en donde el motor de sustentación es encendido por un switch on- off que da el paso de corriente para que el motor pueda encenderse manualmente accionando el yoyo de este. Por otro lado, el motor de propulsión es encendido directamente por un switch de llave empleado en carros.

Figura 24. Aletas y palanca del subsistema de dirección y control.

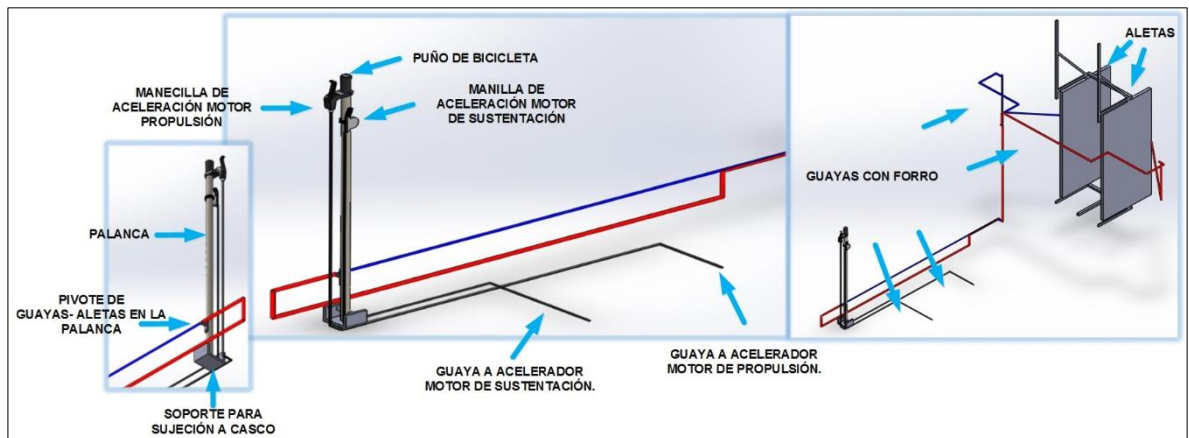


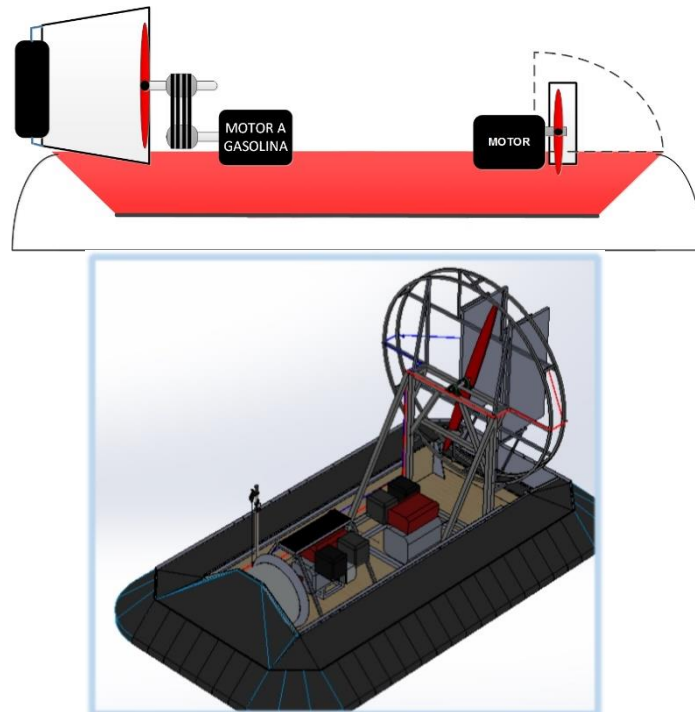
Figura 25. Panel de control para encendido y apagado de motores.



### **2.3 PROCESO GENERAL DE DISEÑO DEL PROTOTIPO PARA AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.**

El proceso de diseño del aerodeslizador implica tres fases: la primera es el diagnóstico, en donde se analiza diferentes productos o para el caso diferentes aerodeslizadores de tipo recreacional, se determina los requerimientos, especificaciones, y funciones del mismo. La segunda fase abarca el diseño conceptual, que se centra en determinar las partes del vehículo para así generar las alternativas y posterior a esto bocetos y un diseño CAD, cercano al prototipo de aerodeslizador, acompañado de unos cálculos iniciales para un mejor análisis. La tercera fase comprende el desarrollo y finalización de la alternativa seleccionada, acompañada de cálculos posteriores a los iniciales, un diseño CAD más óptimo y la ejecución de un proceso de construcción.

Figura 26. Boceto y diseño CAD.



El diseño del aerodeslizador se basa especialmente en las recomendaciones de los libros: *Hovercraft Technology, Economics and Applications*<sup>1</sup> y *Theory and Design of Air Cushion Craft*<sup>2</sup>, en el primer libro se presenta el diseño en detalle de un aerodeslizador con capacidad para una persona y el segundo expone el diseño de un aerodeslizador de tipo comercial, es decir, para aerodeslizadores de gran capacidad o que albergan alrededor de 20 o más pasajeros.

De manera que el proceso de desarrollo de un aerodeslizador gira en torno a los subsistemas de sustentación y el de propulsión, los cuales se conforman de un motor y una hélice respectivamente, dependiendo del tipo de sistema que se

<sup>1</sup> AMYOT, Joseph R. *Hovercraft Technology, Economics and Applications*. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.778p.

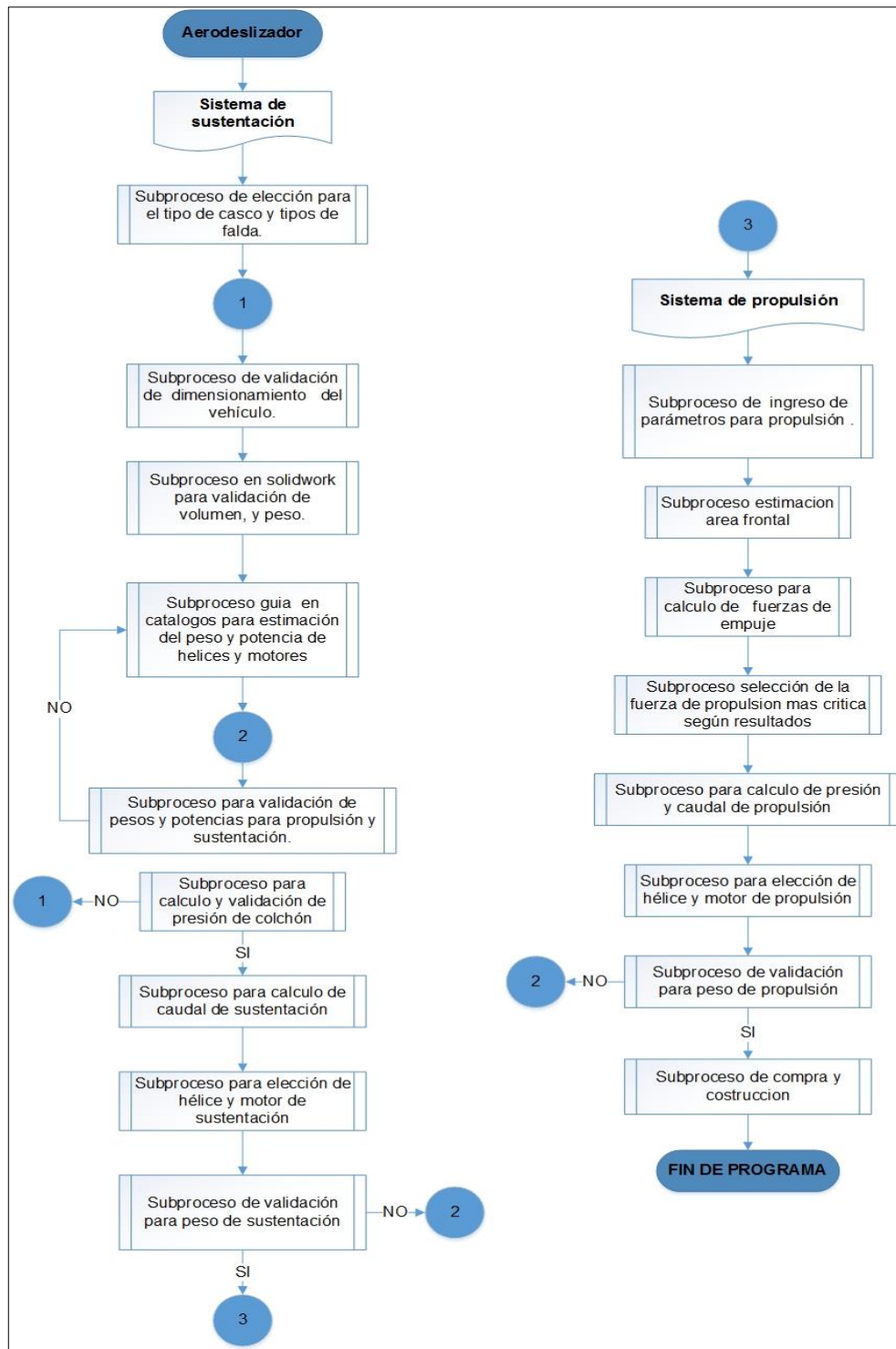
<sup>2</sup> YUN, Liang y BLIAULT, Alan. *Theory and Design of Air Cushion Craft*. London: ARNOLD, 2000.647p.

manejo, de lo cual se encuentra más información en el ANEXO A. Estos subsistemas se encargan de definir la mayoría de las características del vehículo, como se observa en la Figura 27 del diagrama de flujo del diseño de un aerodeslizador.

El diagrama de la Figura 27 muestra en primera instancia que para comenzar el proceso de diseño se debe abordar la geometría del vehículo, lo cual se especifica en el ANEXO A. Posteriormente a esto se determina cada uno de los componentes principales del aerodeslizador y sus respectivos materiales, que se plantea en el capítulo 1.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS. Continuando con el diagrama, se procede a dar una estimación de las dimensiones del casco y peso de cada uno de los componentes que se encuentran en el aerodeslizador por medio de las herramientas de la plataforma Solidworks y mediante el uso de EES, lo que conlleva una serie de cálculos para obtener valores de presión, caudal, velocidad y fuerza de empuje, necesarios para poder seleccionar las hélices de propulsión y sustentación con sus respectivos motores, de manera que se debe analizar si la potencia requerida para cada hélice es la potencia con la que se cuenta en cuanto a costos en el proyecto, ya que una potencia muy alta implica un motor muy costoso.

Por último, cabe resaltar que el proceso de diseño implica un proceso de iteración continuo hasta llegar a obtener variables aceptables, de igual forma el proceso de construcción con lleva al cambio de una que otra variable que ya está establecida, para así llegar a conseguir un prototipo de aerodeslizador ultraliviano funcional, estético, de bajo costo y seguro.

Figura 27. Diagrama de flujo general del diseño de un aerodeslizador.



### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CASCO.

El casco es el primer componente del cual se hace una estimación para comenzar el proceso de diseño y a partir del cual se definen los demás elementos. El tamaño del casco se encuentra definido por la longitud (L) y el ancho (W) del sistema. Entonces:

$L/W \leq 2$  Para aerodeslizadores de tipo estándar.

$L/W \geq 3$  Para aerodeslizadores que manejan altas velocidades.

Actualmente los aerodeslizadores son más largos que anchos, según lo expuesto en páginas web como Universal Hovercraft<sup>3</sup> o en Air de Glisse<sup>4</sup>, en donde se muestran los tamaños que normalmente se emplean, de manera que se hace una analogía para dar un tamaño al tipo de aerodeslizador que se construye en este proyecto de la siguiente forma:

$L=3.34$  [m]

$W=1.72$  [m]

$$\frac{L}{W} = \frac{3.34}{1.72} = 1.94 \leq 2$$

Esta relación da estabilidad al sistema debido a que está por debajo de 2 para aerodeslizadores de tipo estándar. Dado que el tipo de aerodeslizador que se emplea es de tipo rectangular, el **área inferior del casco o área de la superficie de levantamiento** es:

---

<sup>3</sup> Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189)

<sup>4</sup> Air de Glisse. Nos Aéroglisseurs. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://airdeglisse.free.fr/articles.php?lng=fr&pg=15>

$$S_c = (L * W) * 80\%$$

$$S_c = (3.34 * 1.72) * 0.8 = 4.6[m^2]$$

Para la altura de la cabina del aerodeslizador (H), esta no incluye la altura del ducto de la hélice, de manera que se tiene en cuenta la siguiente relación:

H:W < 1:2 Para los vehículos de carrera

H:W < 1:1 Para los vehículos tipo crucero

Entonces, según eso se usa la primera relación para la altura y se da un valor para la altura de la cabina de H= 0.50 [m] para una relación de 1:4. Esta altura no tiene en cuenta la falda. De manera que la altura cumple con la primera relación al ser menor que 1:2. Para el subsistema de propulsión se tiene un alto y ancho del ducto con un valor de 1.7x1.7 [m].

Los conductos de sustentación deben tener forma circular (con forma circular las pérdidas de presión desde la hélice de sustentación son menores) y debe ser de un diámetro proporcional al tamaño del ducto conductor del casco y al ancho de los dedos de la falda. Por tal razón estos tienen un diámetro de 10.16 [cm], de modo que este tamaño permite que el casco no se debilite, que la pérdida de presión no sea significativa y que cada uno de los dedos reciban una buena cantidad de flujo de aire. La inclinación de las paredes laterales externas del casco, tienen un ángulo de 135°, las cuales se hacen con esa inclinación, dada la recomendación que se efectúa en el diseño de la falda, en donde este ángulo puede estar entre [135° a 175°]

La Tabla 7 presenta los primeros datos que se determinan en cuanto a materiales, elección de subsistemas y las dimensiones del casco, que incluyen el tamaño del ducto de propulsión y de los conductos de sustentación.

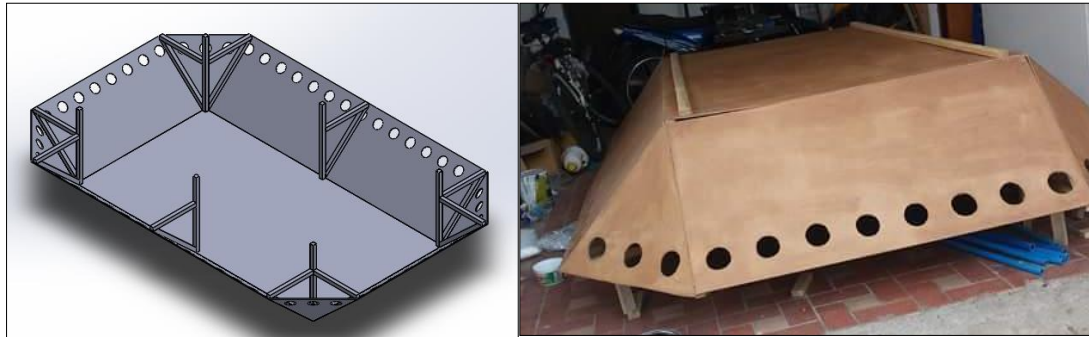
Tabla 7. Características iniciales del aerodeslizador.

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Material casco	Fibra de vidrio
Material falda	Poliéster recubierto con PVC
Material hélice propulsión.	Madera
Material hélice sustentación.	Poliamida recubierta en fibra de vidrio.
Distribución de potencia	Motores a gasolina
Longitud L [m]	3.34
Ancho W [m]	2.0
Área de levantamiento [m <sup>2</sup> ]	5.34
Altura del vehículo H [m]	0.50
Conductos de sustentación [m]	0.1016
Angulo paredes laterales externas.	135°
Alto y ancho del ducto de propulsión [m]	1.7x1.7
Subsistema de propulsión y sustentación	Ventilador de hélice y ventilador de ducto.

### 3.1 CONSTRUCCIÓN DEL CASCO.

La construcción del casco comienza con un molde hecho en madera MDF (tablero de fibra de mediana densidad), el cual requiere del uso de listones que sirvan de base para sostener la estructura (Ver Figura 28). Una vez armado el molde base se le aplica una crema desmoldante para que luego pueda ponerse la fibra de vidrio tipo Mat y se facilite el desmolde de la misma. Aunque el casco se recubre totalmente con la fibra tipo Mat, se usan algunos metros de fibra woman roving en el área en que se ubicara el motor de propulsión, ya que este motor presenta un peso de 110[kg], por lo que requiere de una base resistente y esta última fibra presenta propiedades mucho más altas que la fibra tipo Mat.

Figura 28. Molde base del casco en MDF.



La preparación de la fibra de vidrio viene acompañada del uso de una resina que para el caso es la tipo 102 la cual es una resina en estado puro y sin acelerante, mezclada con un catalizador para que se efectuó una reacción química que permita el secado de la fibra de vidrio y la resina. La mezcla de resina y catalizador puede ser aplicado con una brocha o rodillo.

Figura 29. Aplicación de fibra de vidrio sobre el molde en MDF.



Durante el proceso de aplicación de la fibra de vidrio, se usaron 5 capas de fibra para los laterales del casco y 7 capas en la base del mismo. Posterior a la aplicación de la fibra se espera a que esta esté completamente seca, para desmoldar y obtener la base que se observa en la Figura 30.

Figura 30. Base exterior del casco en fibra de vidrio.



Los conductos de sustentación pueden hacerse en el molde base en MDF o se pueden realizar posteriormente sobre la base del casco hecho en fibra de vidrio por medio de una sierra copa. Luego de que se hace la base externa del casco, se procede de igual forma para obtener la base interior del casco Figura 31.

Figura 31. Base interna del casco en fibra de vidrio.



El sector o el ducto conductor por donde pasa el aire proveniente del subsistema de sustentación, para salir por los conductos de sustentación, está hecho por medio de un esqueleto en láminas ( $\frac{1}{4}$ " x  $\frac{1}{8}$ " y  $\frac{1}{2}$ " x  $\frac{1}{8}$ " ) y barrote rectangular ( $1\frac{1}{2}$ " x  $\frac{3}{4}$ " ) en aluminio como se muestra en la Figura 32 y Figura 33, las cuales están sujetas por medio de remaches ( $\frac{3}{16}$ " x  $\frac{1}{2}$ " ) o también conocidos como remaches 6-6 y pies de amigo (aproximadamente 4[cm] x 4[cm]). El ducto conductor tiene un tamaño aproximado de 0.15 [m] x 0.37 [m] X 9.52 [m] (alto, ancho y largo, respectivamente).

A la parte interna del casco, donde se encuentran dos paredes laterales de 2.54 [m] se sujetaron 3 pies de amigo (8"x10") (Ver Figura 34), esto debido a que estas paredes laterales son delgadas y dadas su longitud necesitaban tener un punto de apoyo para no doblarse.

Figura 32. Esqueleto ducto conductor del casco.

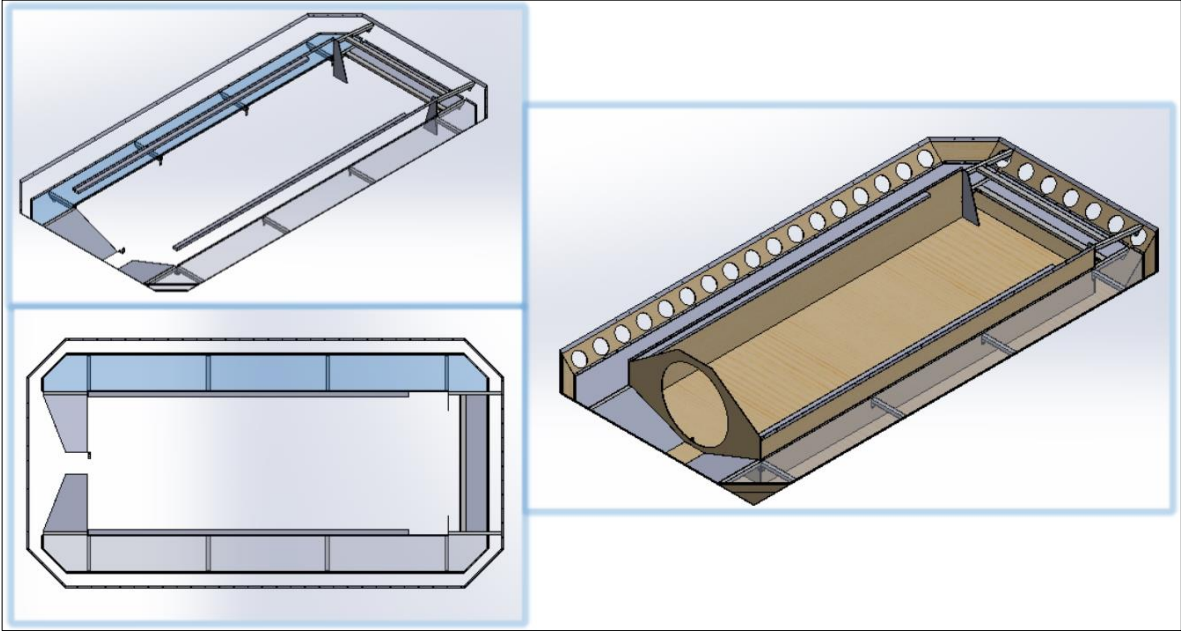


Figura 33. Esqueleto parte trasera casco

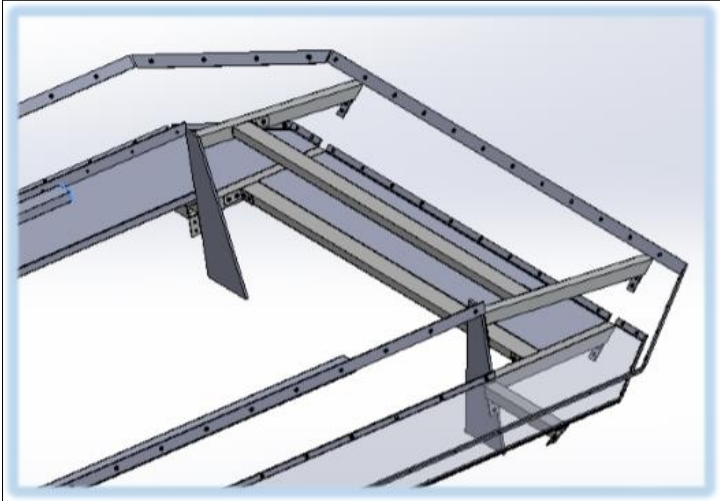
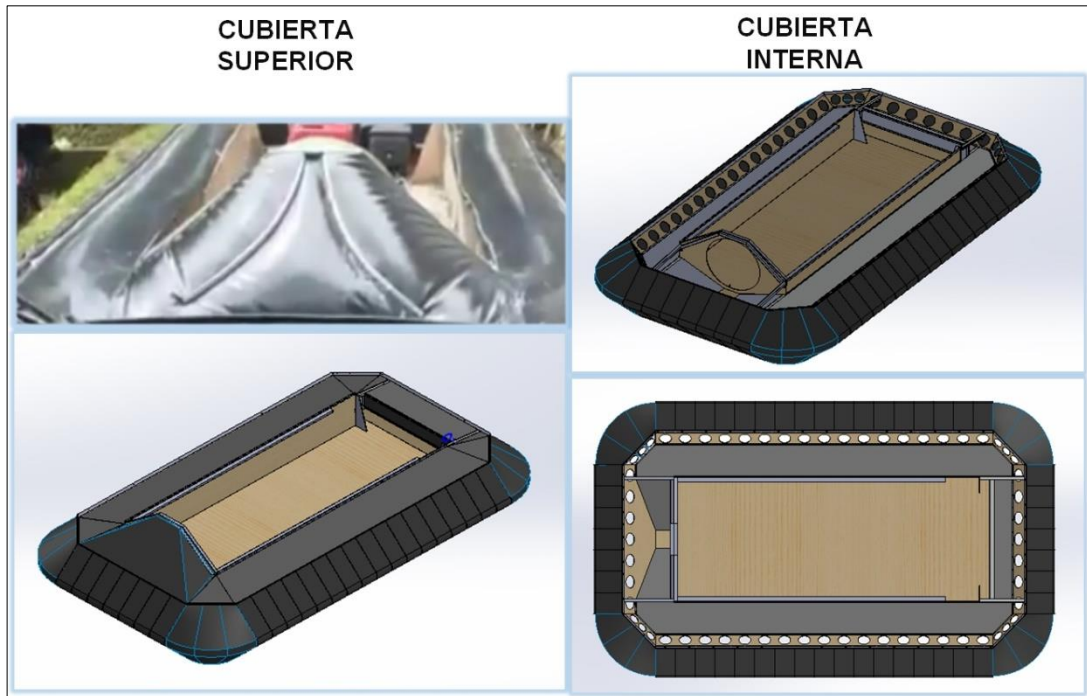


Figura 34. Pies de amigo paredes laterales casco.



Después de la construcción del esqueleto, éste es cubierto por medio de la lona california la cual cubre el casco, conduce el aire a los conductos de sustentación e impide que el aire y el agua traspasen de un lugar a otro como se muestra en la Figura 35. La lona se colocó con las láminas en aluminio que se habían nombrado antes y con el uso de los remaches para sujetar estos elementos al casco. Las especificaciones de la lona california se encuentran en el ANEXO D.

Figura 35. Cubierta superior e inferior del ducto conductor del casco.



Ya que el asiento del conductor hace parte del subsistema de casco, este se compone de una estructura hecha en acero cold rolled de  $\frac{3}{4}$ " soldada con soldadura E6013, de donde se sujeta un asiento que tiene una bisagra, esto debido a que como el asiento esta encima del motor de sustentación y se necesita acceder al motor y a la transmisión de potencia , para así revisar el subsistema de sustentación, de manera que el asiento se puede levantar para esto, pero debido a que este está ubicado encima del motor, el cual transfiere calor debido al proceso de combustión que realiza, se colocó en las paredes laterales de la estructura del asiento aislante térmico, cubierto a su vez con una lámina galvanizada para darle forma y así poder poner sobre está un cubrimiento con tapete de Toyota, para que tuviese un mejor aspecto, esto se sujetó por medio de remaches ( $\frac{3}{16}$ " x  $\frac{1}{2}$ " ). Así mismo la estructura cuenta con un espacio donde el conductor puede poner los pies para estar cómodo y con una manija (plástica), para que el conductor pueda sostenerse de está y darle

equilibrio al vehículo, de una forma más segura. De igual forma en la estructura del asiento hay un espacio para ubicar el panel de encendido y apagado de los motores, donde este panel hace parte del subsistema de dirección y control (Ver Figura 36 y Figura 37).

Figura 36. Estructura interna y externa del asiento.

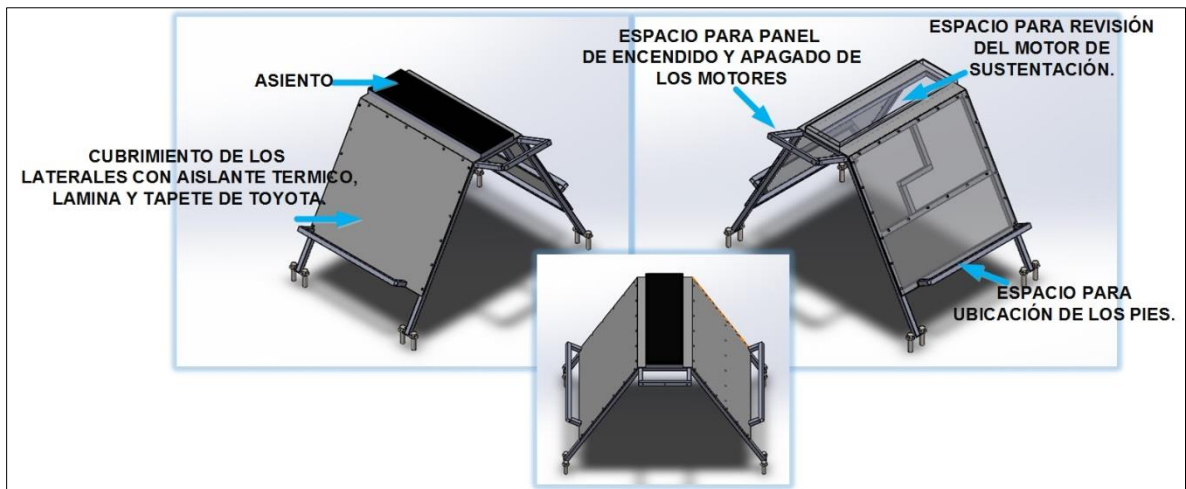


Figura 37. Manija y bisagra del asiento.

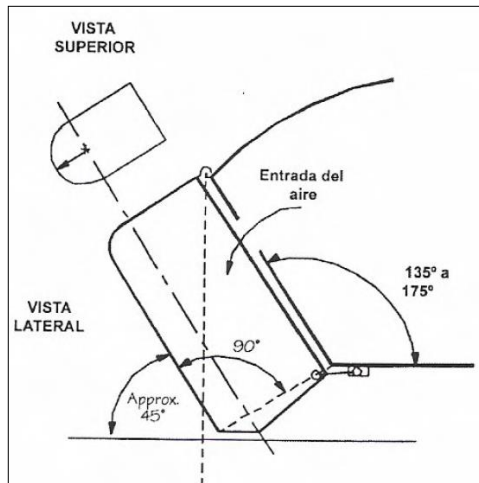


#### 4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE FALDA

El diseño que se realiza para el faldón del casco depende del tipo de configuración, es decir, para el caso se escoge una falda tipo dedo, por tal razón el análisis es diferente al que se hace a una falda tipo bolsa, ya que las presiones que alberga está son diferentes a las que albergue una de tipo dedo, lo que significa que la presión que tiene la falda tipo dedo es la misma que se ejerce en el colchón de aire. De manera que aquí no se requiere un cálculo en específico para realizar el diseño de los dedos, pero si se tuvieron en cuenta los requerimientos que se ven a continuación:

- Se debe escoger el tipo de dedo que se realizara: el dedo biconical o el dedo recto, en donde este último es el más fácil de diseñar y construir. En el ANEXO A se encuentra más información respecto a estos dos tipos de dedo.
- Para el diseño de la geometría de la falda existe un detalle importante y es que el punto exterior de contacto al suelo y falda debe estar dentro de la línea con el punto de pivote exterior para lograr un equilibrio que garantice la estabilidad en cualquier funcionamiento. El detalle del que se habla se puede apreciar en la Figura 38 de la falda tipo dedo recta.
- Para el tamaño y cantidad de segmentos no existe ninguna restricción constructiva, de manera que se hacen según el tamaño del casco y el rango de ángulos que se recomiendan en la Figura 38 para faldón tipo dedo recto.

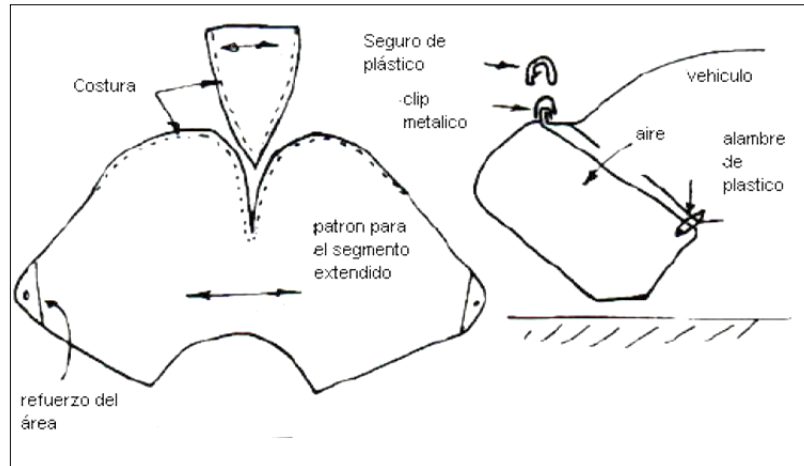
Figura 38. Pivote y ángulos de la falda tipo dedo recto.



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

- El ancho de los dedos debe estar alrededor de los 15.24 [cm], ya que es una medida con la cual se hacen comúnmente los dedos.
- Los dedos de la falda se fijan a la parte superior del casco por grapas, clips de acero o tornillos y en la parte inferior se atan. Esta atadura está hecha de manera que funcione como un fusible, es decir, en caso de choque deben romperse antes que cualquier otro elemento y así evitar que la falda y estructura sufra algún daño significativo. De manera que se diseña para ser el elemento débil de la falda, como se aprecia en la Figura 39.

Figura 39. Apariencia falda tipo dedo recta.



(Fuente: PÉREZ, Misael y BAUTISTA, Salvador. Modelado de un hovercraft ligero. Trabajo de grado Ingeniero en Aeronáutica. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2006. 90p)

#### 4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA FALDA TIPO DEDO.

Según las recomendaciones anteriores, se construye una falda del tipo dedo recta, ya que es de fácil manufactura. Las dimensiones de los dedos se toman según el tamaño del casco, tal como se aprecia en la Figura 40, en donde también se puede observar que tanto el punto exterior de contacto al suelo del dedo, como la falda están dentro de la línea del punto de pivote exterior para lograr así un equilibrio y estabilidad en el funcionamiento.

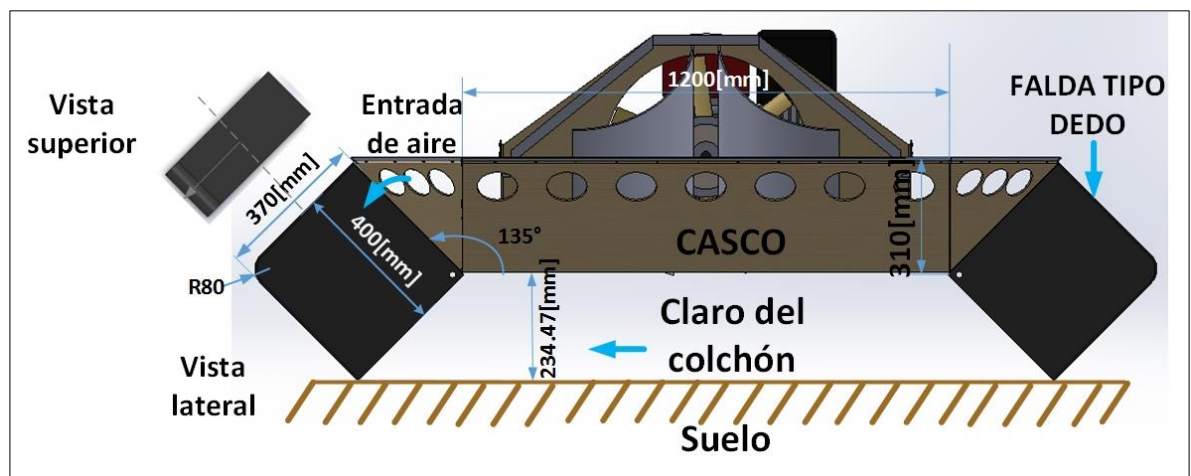
El ancho de los dedos se hace de 16.24 [cm], para un total de 58 dedos alrededor del casco, los cuales se elaboran con dos moldes hechos en lona, de modo que se

cosen y posterior a esto se pegan los puntos de unión o pliegues por donde se pasó la máquina de coser, ya que la aguja crea unos poros en la tela, de manera que ay que taparlos para impedir que el aire salga por estos poros. A los dedos se les pone unos ojales, para que puedan agarrarse de la parte inferior y no se rasgue (Ver Figura 41).

Los dedos están sujetos a la parte superior del casco por una lengüeta que sobresale del dedo, la cual está pegada a una lámina que está alrededor del casco, por encima de la lámina y la lengüeta se colocó un caucho a presión, para que el dedo quedase sujetado al casco (Ver Figura 42).

La parte inferior de los dedos se asegura al casco por medio de correas, las cuales sirven como fusible cuando exista algún problema. Estas correas están sujetas a una lámina de aluminio con dos huecos, uno para la correa y otro para sujetar el dedo al casco con un remache, así mismo los dedos poseen dos ojales (diámetro de 5[mm]) en sus esquinas para facilitar la sujeción, tal como se ilustra en la Figura 43.

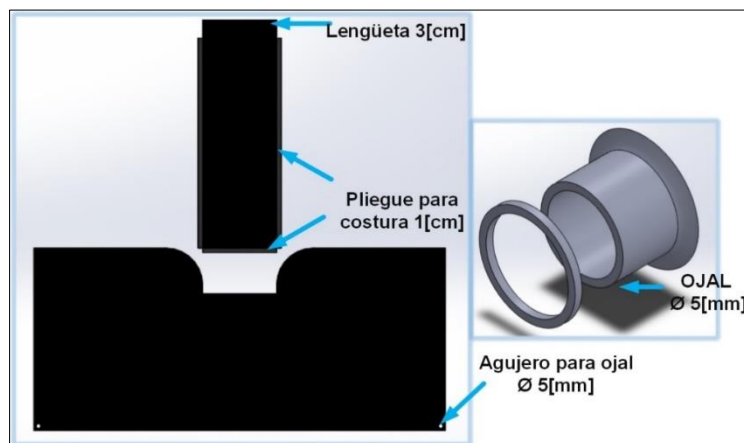
Figura 40. Medidas de los dedos de la falda con respecto al casco.



Para las medidas que se aprecian en la Figura 40 (en [mm]), se toma en cuenta la altura del casco que es de 0.5 [m] pero en la imagen se desprecian 0.31 [m] del total del casco, debido a que la parte inferior del casco mide 0.31 [m], los restantes 0.2 [m] pertenecerán a la parte superior del mismo o también conocida como cabina. Se conoce que el ancho del vehículo es de 2 [m] y los 1200[mm] en la imagen corresponden a la base del casco.

Según Hovercraft Technology, Economics and Applications<sup>5</sup> el claro del vehículo (distancia desde la parte inferior del casco al suelo) debe ser un 7% de la longitud del casco ( $3.34 \times 7\% = 0.2338$  [m]), que es lo que se empleó para la falda tipo dedo, en donde el valor del claro se estimó en aproximadamente 0.234 [m], el cual se aprecian en la Figura 40, en donde este es un valor muy próximo al recomendado. Así mismo como se habla en el capítulo 3, se toma un ángulo de  $135^\circ$  para la inclinación del casco, el cual debe ser de esa manera, ya que es el ángulo mínimo recomendado para que la falda pueda sujetarse al mismo.

Figura 41. Molde de los dedos.

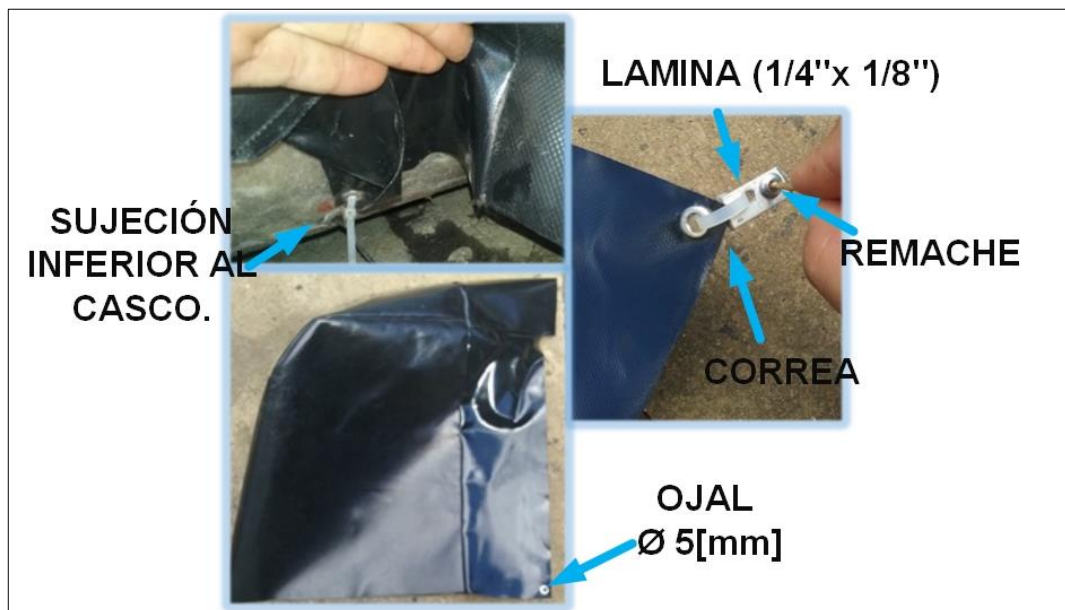


<sup>5</sup> AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p170-171.

Figura 42. Sujeción superior del dedo sobre los bordes del casco



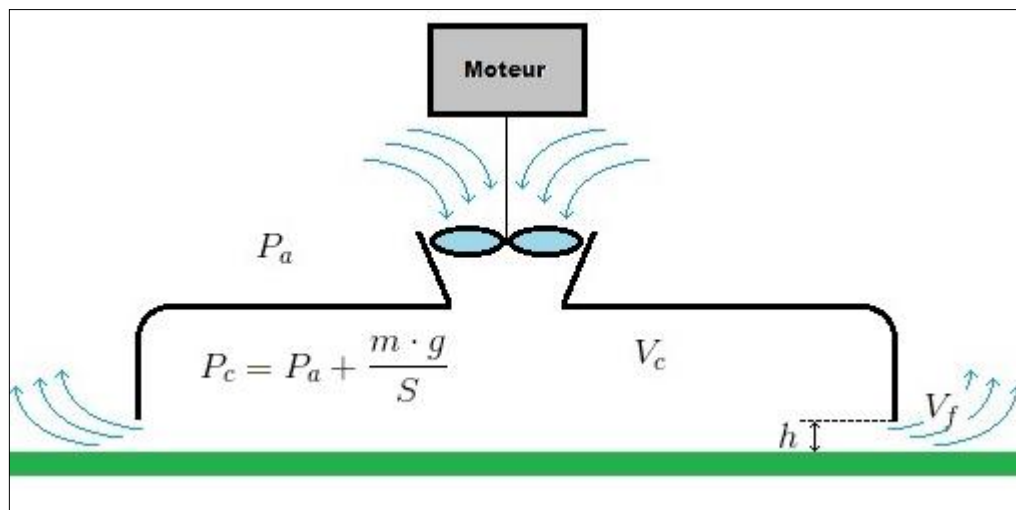
Figura 43. Sujeción inferior del dedo en la base del casco.



## 5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE SUSTENTACIÓN.

El diseño del subsistema de sustentación comienza con el cálculo de la presión de sustentación, ya que es uno de los datos más importantes y si se halla de forma errónea el sistema aerodeslizador no tendrá la capacidad de sustentar.

Figura 44. Diagrama básico de ingreso y salida de aire en el subsistema de sustentación en un aerodeslizador.



(Fuente: Air de Glisse. Nos Aéroglisseurs. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://airdeglisse.free.fr/articles.php?lng=fr&pg=15>)

De modo que la presión está relacionada directamente con el área del colchón y con el peso del vehículo por medio de la siguiente ecuación:

$$P_c = P_a + \frac{W_e}{S_c}$$

Siendo **P<sub>a</sub>** la presión atmosférica con valor de 101.325 [kpa], W en [N] el peso útil del vehículo que está conformado por el peso de cada uno de los componentes que hacen parte del sistema total, más un pasajero, ver tabla 10 y **S<sub>c</sub>** es el área de soporte del colchón la cual está determinada por las longitudes de las dimensiones totales del aerodeslizador, así como se mostró en el capítulo 3.

$$S_c = 4.6[m^2]$$

Tabla 8. Peso de los componentes principales del aerodeslizador.

COMPONENTE	PESO [Kg]
Estructura o Casco	110
Motor de Sustentación	35
Motor de Propulsión	110
Falda	25
Hélice de Sustentación y soporte	20
Hélice de Propulsión y soporte	35
Pasajero	85
Asiento y soporte	3
Gasolina	5
Batería	3
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>

Reemplazando los valores del peso y áreas del colchón:

$$P_c = 101325 + \frac{431 * 9,81}{4.6}$$

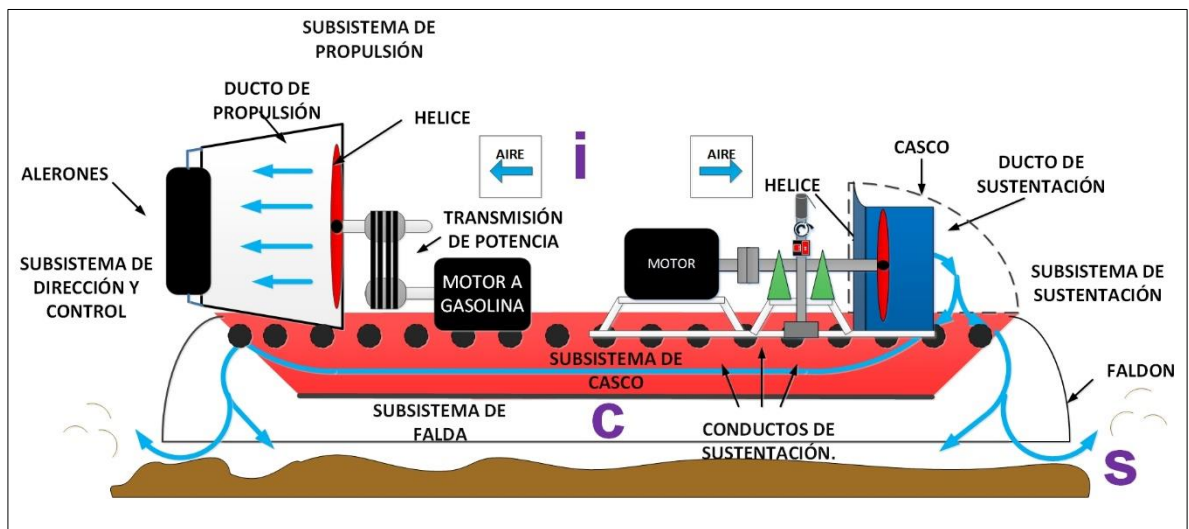
$$P_c = 102.244 \text{ [Kpa]} \quad \text{Presión absoluta}$$

La presión suministrada al sistema sufre pérdidas hasta llegar a posicionarse en la parte inferior del casco, de manera que inicialmente la presión del aire se encuentra a la presión atmosférica y al pasar por la hélice modifica la velocidad y presión del aire.

### 5.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE ESCAPE DEL COLCHÓN

Ahora se determina la velocidad de salida del aire para lo cual se aplica la ecuación de Bernoulli en la parte interior del colchón de aire y en la salida (falda-superficie de sustentación).

Figura 45. Paso del aire por el Aerodeslizador.



$$\frac{1}{2} * \rho * Vc^2 + Pc = \frac{1}{2} * \rho * Vs^2 + Ps + \Delta cs$$

Donde  $Vc$ ,  $Vs$ ,  $Pc$ ,  $Ps$  son las velocidades y presiones de aire en el colchón y salida del sistema,  $\rho$  es la densidad a las condiciones de Bucaramanga y  $\Delta cs$  son las pérdidas por expansión y contracción de la falda y se define por:

$$\Delta cs = \frac{3}{2} * \frac{Vs^2}{2 * g}$$

$$\Delta cs = 104 \text{ [Pa]}$$

De acuerdo a las condiciones de operación se tiene en cuenta los siguientes datos.  $Vc = 0$ ,  $Ps = 1 atm$  que son reemplazados en la ecuación de Bernoulli obtenidos en la parte superior.

$$Vs = \sqrt{\frac{2 * (Pc - Ps - \Delta cs)}{\rho}}$$

$$Vs = \sqrt{\frac{2 * (102244 - 101325 - 104)}{1.2}}$$

$$Vs = 36.88 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

## 5.2 CALCULO DEL CAUDAL DE SUSTENTACIÓN

El caudal mínimo para la sustentación del aerodeslizador está limitado por el área de escape que a su vez es limitada por la altura de despegue  $h$ , esta última no debe tener un valor muy alto, ya que se necesitaría más potencia y un valor no muy bajo para que no exista tanta fricción ante posibles irregularidades del entorno.

$$h = 0.015 \text{ [m]}$$

$$Q_{\text{sust}} = L_p * h * V_s \text{ (Caudal)}$$

$$L_p = 2 * (0.8(L + W)) \text{ (Longitud Perimetral)}$$

$$Q_{\text{sust}} = 8.096 * 0.015 * 36.88$$

$$Q_{\text{sust}} = 4.461 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

## 5.3 CALCULO DE LA ALTURA DE PRESIÓN DEL VENTILADOR

Para obtener la altura del ventilador se aplica la ecuación de Bernoulli en los puntos i y c.

$$H_{V_{\text{sust}}} = \frac{P_c - P_i}{\gamma_{\text{aire}}} + \frac{V_c^2 - V_{eh}^2}{2 * g} + \Delta_{ec}$$

Donde  $\Delta_{ec}$  son las pérdidas por accesorios y longitud de los ductos, que según las recomendaciones dadas por *Hovercraft Technology, Economics and Applications*<sup>6</sup>, pueden tener un valor por lejos de  $\Delta_{ec} \approx 100[\text{Pa}]$ , que corresponde a las pérdidas

---

<sup>6</sup> ídem.

de presión desde que el aire entra al ventilador hasta llegar a la falda.  $V_{eh}$  es la velocidad a la cual entra el aire a la hélice que para el caso es  $V_{eh}=0[m/s]$  y  $V_c$  es la velocidad de aire en el colchón, para lo cual ésta variable tiene un valor de  $V_c=0[m/s]$ . Para determinar las pérdidas en los ductos es necesario determinar el área para el transporte del flujo de sustentación y la velocidad que el fluido presenta en este ducto se toma como el promedio entre la velocidad de entrada y la velocidad de salida ( $V_{sh}$ ) del aire en el sistema.

$$V_{promedio} = \frac{V_{eh} + V_{sh}}{2} = \frac{36.88}{2} = 18.44 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$A_{sust} = \frac{Q_{sust}}{V_{promedio}} = 0.25 [m^2]$$

$$D_{sust} = \sqrt{A_{sust} * \frac{4}{\pi}} = 0.57 [m]$$

$$\mathbf{D_{sust} = 0.57 [m]}$$

$$Hv_{sust} = \frac{920}{11.77} + 10.28 = 88.45 [m]$$

Según lo anterior, se requiere de una hélice de un diámetro aproximado de 0.57 [m], en donde la velocidad que tiene ésta es de 18.44 [m], y una altura de 88.45 [m].

## 5.4 POTENCIA DEL VENTILADOR DE SUSTENTACIÓN

Según el libro *Theory and Design of Air Cushion Craft*<sup>7</sup>, los ventiladores tienen un rango de eficiencias de 0,5 al 0,7 y para el caso se asumirá una eficiencia de 0.6 para así obtener la potencia de sustentación.

$$P_{sust} = \frac{H_v * \gamma_{aire} * Q_{sus}}{1000 * 0.5}$$

$$P_{sust} = \frac{88.45 * 11.77 * 4.461}{1000 * 0.5}$$

$$P_{sust} = 8.149 \text{ kW} = \frac{8.149}{0.745} = 10.93 \text{ Hp}$$

Según lo anterior, se requiere que el motor de sustentación tenga una potencia de 11 [Hp] para mover la hélice de sustentación.

$$P_{sust} \approx 11 [\text{Hp}]$$

## 5.5 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.

Según los resultados anteriores, se ingresó a la plataforma Optimiser 10 de la empresa Multi-Wing<sup>8</sup>, de donde se seleccionó una hélice para sustentación, la cual está en los rangos de variables anteriormente halladas.

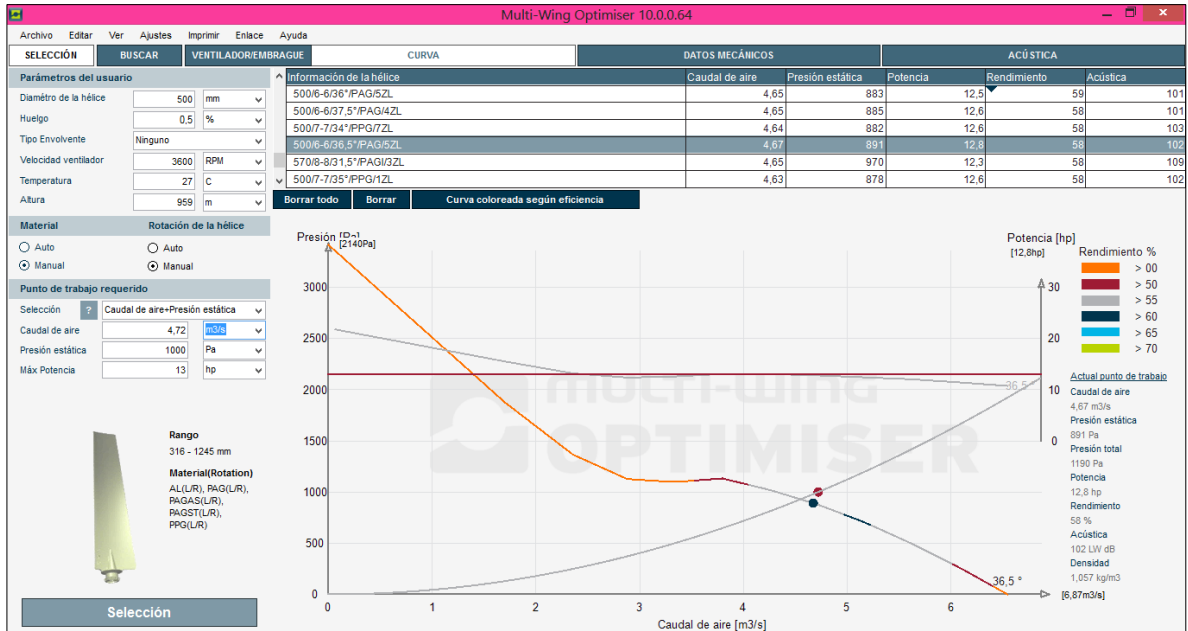
La plataforma pide unos datos de entrada y según éstos, se calculó el tipo de ventilador y la potencia que éste requiere (Ver Figura 46).

---

<sup>7</sup> YUN, Liang y BLIAULT, Alan. *Theory and Design of Air Cushion Craft*. London: ARNOLD, 2000.p405-420.

<sup>8</sup>Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser>

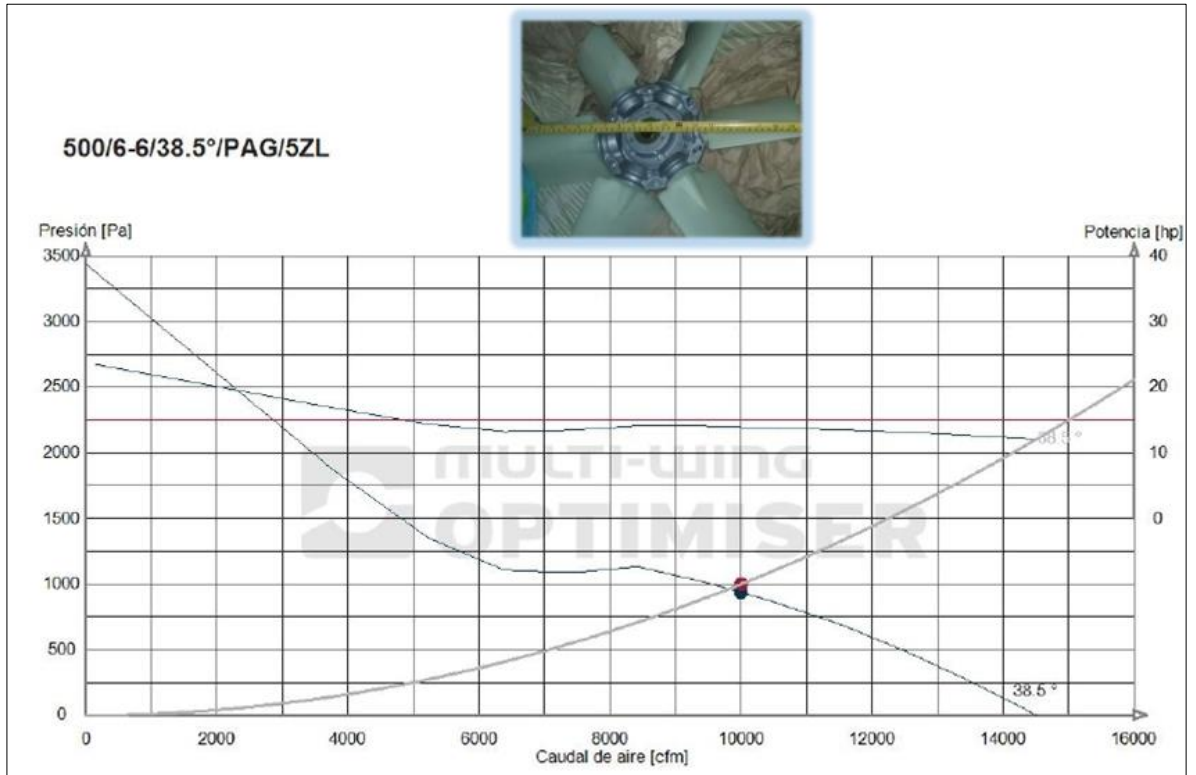
Figura 46. Selección de la hélice a través de la plataforma Optimiser 10.



(Fuente: Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser.>)

A partir de las características de la hélice de la Figura 46, que se escoge según el caudal, presión, potencia y diámetro aproximado hallados anteriormente, se selecciona inicialmente una hélice con un diámetro de 500[mm], caudal 4.67 [m/s], presión estática de 891[Pa], potencia de 12.8 [Hp], pero como esta posee una presión estática por debajo de la que se requiere, se habla con la empresa, con lo cual se recomienda y escoge la siguiente hélice (Ver Figura 47), la cual cuenta con una presión estática de 937[Pa], de manera que es más alta que la necesaria, lo que proporciona un factor de seguridad de 1.018 en cuanto al valor de ésta presión

Figura 47. Hélice de sustentación.



(Fuente: Multi-Wing)

Las características principales de la hélice de sustentación, donde se destacan diámetro, caudal, presión, número de alabes, se presentan en la Figura 48. Por otro lado en el ANEXO E se encuentran las características principales, datos de funcionamiento y los límites de operación de la hélice.

Figura 48. Características principales hélice de sustentación

<p><b>INFORMACIÓN DE LA HÉLICE:</b></p> <p>Diaméto de la hélice: 500 mm            Número de álabes: 6            Ángulo: 38.5 °            Material del álabes: PAG            Tipo de álabes: 5Z            Rotación de la hélice: L</p> <p>Pruebas realizadas de acuerdo al cumplimiento de las siguientes normas ANSI / AMCA 210-99 (ISO 5801, DIN 24163)            Los datos sonoros son cálculos y sólo sirven como referencia</p>		<p><b>APLICACIÓN:</b></p> <p>Velocidad: 3600 RPM            Huelgo: 0.5 %            Temperatura: 26 °C            Altura: 1000 m            Densidad: 0.0659 lb/ft<sup>3</sup></p> <p>Cláusula de no responsabilidad            El factor de carga en Optimiser está basado en operaciones estáticas.</p>																			
<p><b>Actual punto de trabajo</b></p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Caudal de aire</td> <td>10000 cfm</td> <td>Presión total</td> <td>1240 Pa</td> <td>Propagación</td> <td>1/2 Esférica</td> </tr> <tr> <td>Presión estática</td> <td>937 Pa</td> <td>Potencia</td> <td>13.9 hp</td> <td>Distancia / Unidad</td> <td>1 m</td> </tr> <tr> <td>Presión dinámica</td> <td>306 Pa</td> <td>Rendimiento</td> <td>56 %</td> <td>Presión acústica</td> <td>91 SPL dB(A)</td> </tr> </tbody> </table>				Caudal de aire	10000 cfm	Presión total	1240 Pa	Propagación	1/2 Esférica	Presión estática	937 Pa	Potencia	13.9 hp	Distancia / Unidad	1 m	Presión dinámica	306 Pa	Rendimiento	56 %	Presión acústica	91 SPL dB(A)
Caudal de aire	10000 cfm	Presión total	1240 Pa	Propagación	1/2 Esférica																
Presión estática	937 Pa	Potencia	13.9 hp	Distancia / Unidad	1 m																
Presión dinámica	306 Pa	Rendimiento	56 %	Presión acústica	91 SPL dB(A)																

(Fuente: Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser.>)

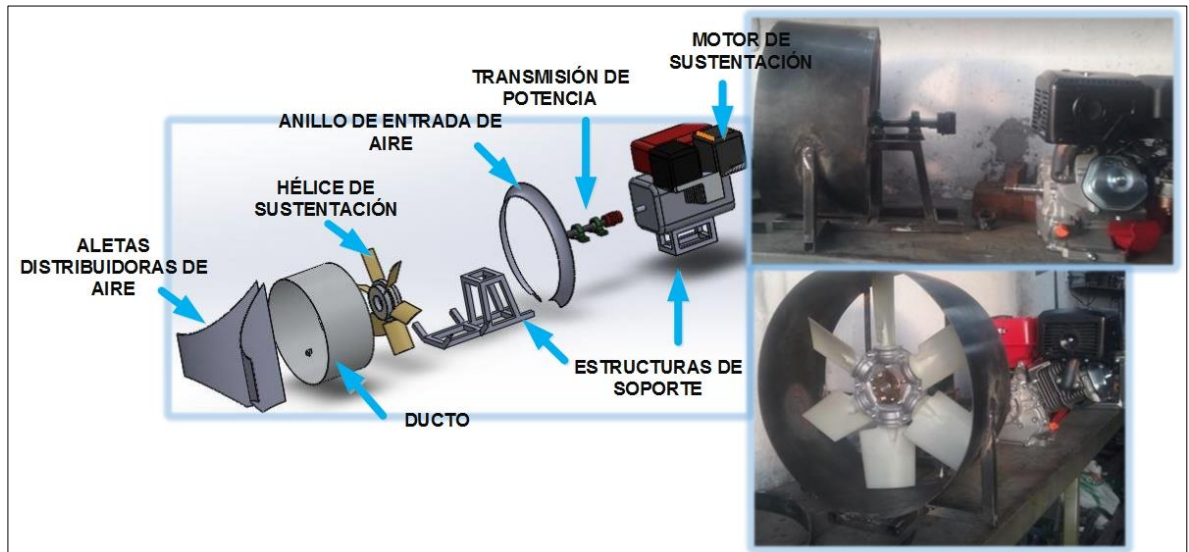
Según la Figura 48, la hélice requiere un motor de 13.9 [Hp], por lo cual se escoge un motor de 15 [Hp] a gasolina de la marca Power Master, el cual cuenta con un peso de 35[Kg] y posee una potencia con un valor de 1.1 [Hp] por encima de la necesaria. En el ANEXO F se presentan las características principales del motor.

Posterior a la selección de la hélice y el motor, se realiza la construcción del soporte para los elementos mencionados (Ver Figura 49) los cuales están hechos en tubo de acero hot rolled cuadrado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada calibre 18 y soldadas con soldadura E6013.

La transmisión de potencia del subsistema cuenta con una transmisión directa y sin reducción de velocidad, esto debido a que las revoluciones que requiere la hélice son las mismas que brinda el motor. Por tal motivo se usa un acoplamiento de cadena de 18 dientes MYE 40B18 (Ver ANEXO H) para transmitir los 15 [Hp], mediante el uso de un eje en acero 1045, que cuenta con dos chumaceras VBF

205-16 con diámetro de pulgada para servir de puntos de apoyo para el eje. (Ver Figura 50) .El ANEXO H presenta información respecto a los acoples de cadena.

Figura 49. Diseño y construcción del subsistema de sustentación.



Así mismo este subsistema cuenta con una malla tipo rombo metálica expandida en cold rolled, para evitar algún entre el conductor y la hélice o para impedir el ingreso de objetos extraños, tal como se ilustra en la Figura 51.

Figura 50. Transmisión de potencia subsistema de sustentación.

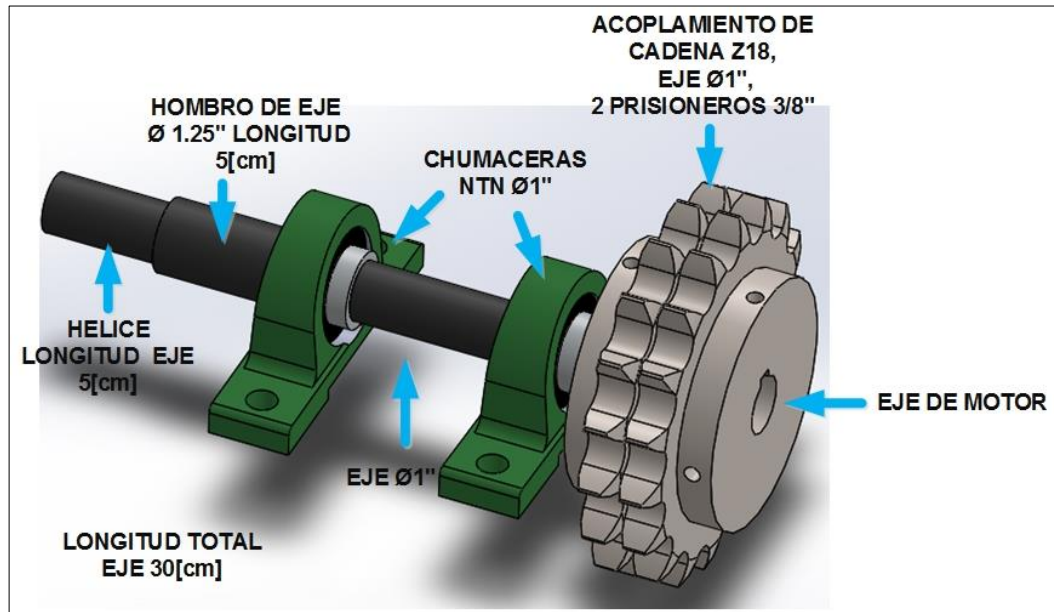


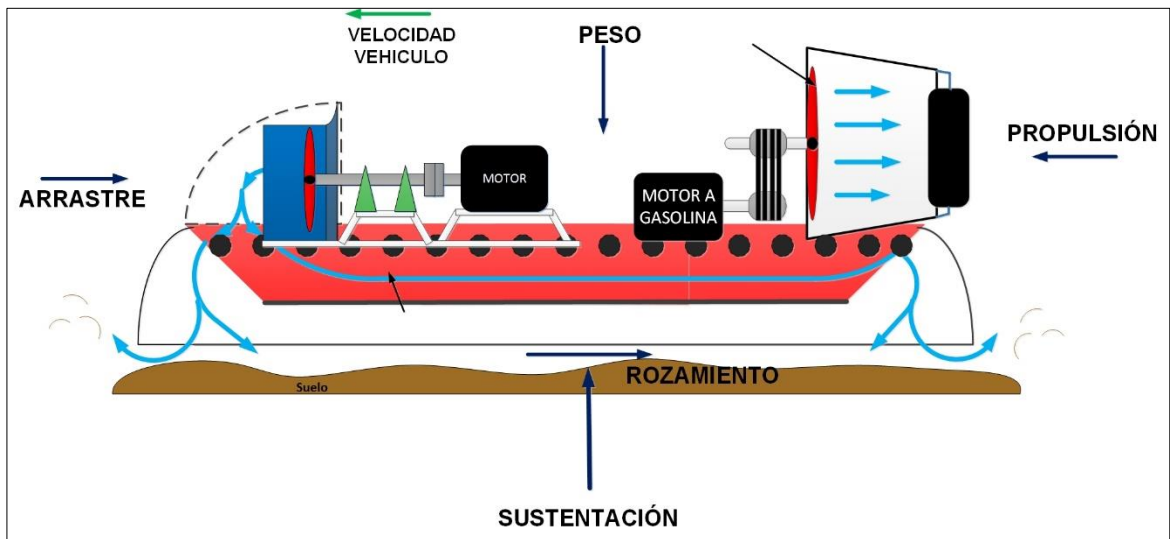
Figura 51. Malla de protección subsistema de sustentación.



## 6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN

En este capítulo se calcula la potencia de empuje necesaria para que el vehículo avance, para lo cual se determina la fuerza de propulsión necesaria para ello. Las fuerzas que intervienen sobre el aerodeslizador son las que se muestran en la Figura 52.

Figura 52. Diagrama de fuerzas sobre el aerodeslizador.

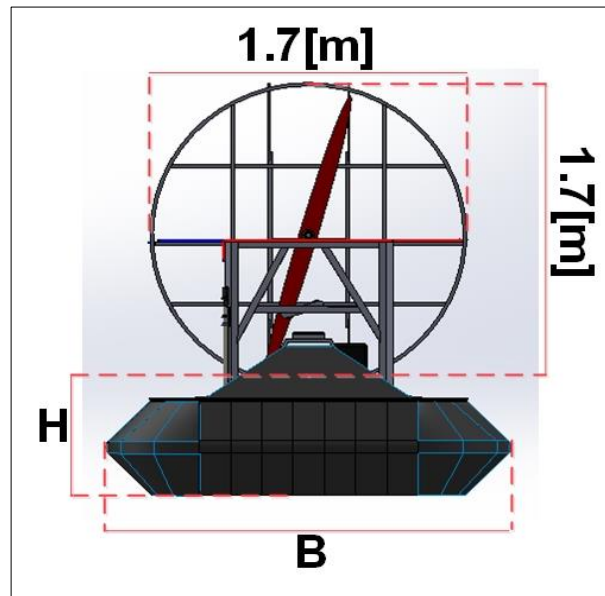


El diagrama está hecho para cuando el vehículo se mueve a velocidad constante, es decir, se está haciendo un diagrama para la primera ley de Newton o ley de la inercia. Cuando está presente la aceleración se aplica la segunda ley de Newton.

## 6.1 FUERZA DE ARRASTRE.

Se tiene en cuenta el área frontal del vehículo en la cual se asimila como si el conjunto tuviese forma rectangular.

Figura 53. Medidas área frontal aerodeslizador.



H es la altura del vehículo que equivale al claro del aerodeslizador, más la distancia de la base del casco hasta el ducto de propulsión. El claro se había estimado anteriormente en 0.234[m], de manera que H corresponde a:

$$H = 0.584[\text{m}]$$

El ancho del vehículo se nombra como B:

$$B = 2.22[\text{m}]$$

El alto y el ancho del ducto como se dijo anteriormente tiene un valor de:

$$\text{Alto}_{\text{Duc}} = 1.7[\text{m}]$$

$$\text{Ancho}_{\text{Duc}} = 1.7[\text{m}]$$

Entonces el área del ducto será

$$A_D = \text{Alto}_{Duc} * \text{Ancho}_{Duc}$$

$$A_D = 1.7 * 1.7 = 2.89[\text{m}^2]$$

$$A_t = (H * B) + A_D$$

$$A_t = 4.18[\text{m}^2]$$

La densidad del aire y la velocidad a la cual se desea que el vehículo transite son:

$$\rho = 1.2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$v_d = 15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Se utiliza un coeficiente de arrastre que es el mismo que se usa en los carros, de forma tal que según Robert Mott<sup>9</sup> un valor nominal es 0.45 con rango de 0.3 a 0.6, de manera que se toma el siguiente:

$$C_a = 0.45$$

Ahora bien, la fuerza de arrastre vendría expresada por la siguiente ecuación:

$$F_{\text{arrastre}} = \frac{A_t * \rho * v_d^2 * C_a}{2}$$

Remplazando las variables se obtiene que la fuerza de empuje necesaria es:

$$F_{\text{arrastre}} = 253.9[\text{N}]$$

## 6.2 FUERZA DE ROZAMIENTO O EMPUJE DESARROLLADA SEGÚN EL TIPO DE ESCENARIO.

Ahora para hallar la fuerza de empuje más crítica cuando el vehículo atraviese cada uno de los posibles escenarios (agua, tierra, superficie inclinada, etc.), se sigue el

---

<sup>9</sup> MOTT, Robert. Mecánica de fluidos. México.: Pearson Educación. 2006, 647p.

procedimiento presentado por el libro de *Hovercraft Technology, Economics and Applications*<sup>10</sup> en el capítulo 4.6.1 de la siguiente manera:

Se conoce que el peso del vehículo es de 496[kg] y en newton tiene un valor de:

$$W = 431 * 9.81 = 4228.11[\text{N}]$$

Para el cálculo del empuje se tiene en cuenta 3 valores críticos:

**1. El empuje para conseguir la velocidad joroba (crucero) y el plano sobre agua:**

La velocidad de joroba ( $v_h$ ) puede ser hallada de la siguiente manera:

$$v_h = k * (L)^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $k$  es un constante que para el caso se empleara 1.70 para el sistema métrico y  $L$  es la longitud del casco que es de 3.34 [m].

$$v_h = 1.70 * (3.34)^{\frac{1}{2}} = 3.10 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Ahora bien, se calcula la fuerza de la ola a la velocidad joroba.

**Dh:** Es la fuerza de empuje cuando se está en agua y se requiere atravesar una ola.

**F:** Factor del tipo de estado del agua en que se estará, para el caso se escogió de 2 que es para olas a la altura de la falda

**A:** Constante de valor 0.03 para el sistema métrico

**M:** Representa la masa del vehículo en kg

**Sc:** Área del colchón en  $\text{m}^2$  ( $Sc=3.34*1.72*80\%=4.59 \text{ m}^2$ )

**L:** Es la longitud del casco (3.34 m)

$$D_h = \frac{F * A * M^2}{S_c * L}$$
$$D_h = \frac{2 * 0.03 * 431^2}{4.59 * 3.34} = 727[\text{N}]$$

---

<sup>10</sup> AMYOT, Joseph R. *Hovercraft Technology, Economics and Applications*. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p185-189.

Se recomienda que el empuje en agua debe ser  $1\frac{1}{2}$  de veces el empuje para atravesar la ola, entonces:

$$\text{Empuje en agua} = Dh * 1\frac{1}{2} = 727 * 1\frac{1}{2} = \mathbf{1090.5 [N]}$$

$$\mathbf{\text{Empuje en agua} = 1090.5[N]}$$

**2. El empuje necesario para pasar la nave sobre el peor suelo que se desee atravesar.**

Aquí se estima que cierto porcentaje del peso será la fuerza de empuje en un terreno plano. El porcentaje está dado de la siguiente manera:

Hielo liso fricción  $\leq 1\%$

Hierba cortada = 10%

Hierba y matorrales =30%

Terreno áspero =20%

Con estos valores se decidió escoger un porcentaje del 15%

$$\text{Empuje en terreno plano} = 15\% * 4228.11[N] = \mathbf{634[N]}$$

$$\mathbf{\text{Empuje en terreno plano} = 634[N]}$$

**3. El empuje para llegar hasta la pendiente más pronunciada que se desee subir.**

Se necesita el empuje para superar la componente del peso actuando por la pendiente, que es igual al peso total multiplicado por el seno del ángulo de la pendiente.

Para el caso se había planteado en los objetivos que está pendiente máxima sería de  $15^\circ$

$$\text{Empuje en terreno inclinado} = \text{sen}(15^\circ) * 4228.11[N] = \mathbf{1094[N]}$$

$$\mathbf{\text{Empuje en terreno inclinado} = 1094[N]}$$

Con estos resultados se aprecia que el vehículo debe generar un empuje entre: **[727 – 1090.5] [N]**

### 6.3 FUERZA DE INERCIA.

Se requiere que el vehículo acelere de 0 a  $54 \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$  en 30 segundos, con esto se tiene una aceleración de  $0,5 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$ , esta aceleración se estimó con un valor no muy grande debido a que si es alto su valor, la potencia necesaria será muy alta.

$$F_{\text{Inercia}} = m * a = 431 * 0.5 = 215.5[\text{N}]$$

### 6.4 FUERZA DE PROPULSIÓN REQUERIDA.

La fuerza de propulsión que se requiere corresponde a la sumatoria de las fuerzas presentadas anteriormente, pero se toma la más crítica para la fuerza de empuje sobre el escenario, cabe aclarar que el cálculo de la fuerza de empuje según el escenario cuenta con un factor de seguridad, ya que se está tomando un 80% del área del colchón y no el valor real que es de  $5.74[\text{m}^2]$ .

$$F_{\text{Propulsion}} = F_{\text{arrastre}} + F_{\text{empuje segun escenario}} + F_{\text{Inercia}}$$

Aquí se tiene en cuenta esa fuerza de propulsión dependiendo del escenario (Ver Tabla 9), pero la más crítica será en el agua ya que cuando es inclinada ésta fuerza no podrá efectuarse a los  $15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ , debido a que es una velocidad muy grande para una inclinación en donde se requerirá más fuerza que velocidad.

$$F_{\text{Propulsión}} = 253.9 + 1090.5 + 215 = 1559.4[\text{N}]$$

$$F_{\text{Propulsión}} = 1560[\text{N}] \text{ (Con factor de seguridad)}$$

$$F_{\text{Propulsión}} = 1341[\text{N}] \text{ (Sin factor de seguridad)}$$

Tabla 9. Fuerza de propulsión según escenario a atravesar

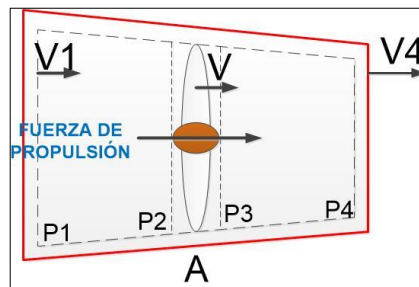
ESCENARIO	FUERZA DE EMPUJE [N]	FUERZA DE PROPULSIÓN [N]
AGUA	1090.5	1560
TERRENO PLANO	634	1102.9
PLANO INCLINADO	1094	1562.9

Según lo anterior la fuerza de propulsión más crítica tendría un valor 1560 [N], y el valor de la propulsión para un plano inclinado se tendrá en cuenta pero con una velocidad entre  $5 \left[ \frac{m}{s} \right]$ , dando un valor en la propulsión de 1419 [N], de manera que el valor de empuje que se toma es el dado por el agua, ya que se efectúa el cálculo como si el vehículo tuviese una inclinación muy pequeña, es decir, como si se hablara que está transitando por una recta.

### 6.5 VELOCIDADES, ALTURA, CAUDAL Y POTENCIA DEL VENTILADOR.

En la Figura 54 se aprecia el diagrama de velocidades y presiones que actúan sobre la hélice de propulsión.

Figura 54. Diagrama de velocidades y presiones sobre la hélice de propulsión.



La hélice provoca una diferencia de velocidades entre la entrada y salida del fluido, que conlleva así mismo a un cambio de las presiones y según la Figura 54 se aprecia cuatro puntos importantes.

- V1 representa aproximadamente la velocidad del vehículo ( $15 \left[ \frac{m}{s} \right]$ ) más o menos la velocidad del viento. Ahí la P1 es la presión a la entrada de la hélice y esta será la presión atmosférica.
- Donde se encuentra la P2 están las condiciones de aire a la entrada de los alabes del propulsor. Esta es la misma presión atmosférica.
- En P3 representa las condiciones del aire a la salida de los alabes.
- En P4 representa las condiciones del aire a la salida de la hélice y V4 será la velocidad máxima que se alcanzará.

La velocidad V representa la velocidad media de las velocidades entre los puntos 2 y 3.

La fuerza de propulsión puede ser representada de la siguiente manera:

$$F_{\text{propulsión}} = \rho * Q_{\text{prop}} * (V4 - V1) = (P3 - P2) * A_{\text{prop}}$$

Y se sabe que:

$$Q_{\text{prop}} = V_{\text{prop}} * A_{\text{prop}}$$

Aquí ese caudal Q será el caudal de propulsión, donde la velocidad V está representada así:

$$V_{\text{prop}} = \frac{(V4 + V1)}{2}$$

Remplazando en la ecuación de la fuerza de propulsión se tiene:

$$\rho * V_{\text{prop}} * (V4 - V1) = (P3 - P2)$$

Para la diferencia de presiones entre los puntos 2 y 3, que es la altura del ventilador se calcula de nuevo esta, debido a que no es un solo ventilador para sustentación y propulsión. Entonces a partir de las ecuaciones de caudal, velocidad, Fpropulsión se halla el valor de la altura del ventilador de propulsión, en donde se utiliza la ecuación de Bernoulli.

$$H_{V_{prop}} = \frac{(P3 - P2)}{\gamma_{aire}}$$

$$\gamma_{aire} = g * \rho = 9.81 * 1.2 = 11.77 \left[ \frac{N}{m^3} \right]$$

Así mismo se emplea una eficiencia de propulsión que involucra la potencia del vehículo y la potencia de propulsión en la hélice misma, esta eficiencia como recomienda el libro de *Mecánica de fluidos de James Fay*<sup>11</sup>, puede ser del 90%, pero para el caso se tomó con un valor de 0.5 y se representa como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Eficiencia}_{propulsion} = \frac{Pot_{vehiculo}}{Pot_{propulsion}} = \frac{F_{prop} * Velocidad_{vehiculo}}{F_{prop} * Velocidad_{prop}} = \frac{2 * V1}{(V4 + V1)}$$

Para la potencia de propulsión se toma 0,7 para la eficiencia de la transmisión, debido a que la transmisión no es directa.

$$Pot_{prop} = \frac{\gamma_{aire} * H_{V_{prop}} * V_{prop}}{\text{Eficiencia}_{transmision}}$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene los siguientes valores para cada variable:

$$Q_{prop} = 43.33 \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$$V4 = 45 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$V_{prop} = 30 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$A_{prop} = 1.44 [m^2]$$

$$H_{V_{prop}} = 91.74 [m]$$

A partir de los resultados anteriores se calculó el diámetro del ventilador encargado de la propulsión.

---

<sup>11</sup> FAY, James A. Mecánica de Fluidos. México.: Cecs, 1996. 630p.

$$A_{\text{prop}} = \frac{\pi * D_{\text{Prop}}^2}{4}$$

$$D_{\text{Prop}} = 1.356[\text{m}]$$

De los cálculos anteriores también se obtiene un valor aproximado de la potencia de propulsión, pero para el caso se calculará más adelante por medio de otro método.

$$Pot_{\text{prop}} = 43.45 [\text{Hp}]$$

## 6.6 POTENCIA DE PROPULSIÓN SEGÚN HOVERCRAFT TECHNOLOGY, ECONOMICS AND APLICATIONS.

Para encontrar la potencia necesaria para el subsistema de propulsión se requiere el diámetro de la hélice y según *Hovercraft Construction and Operation* by Universal *Hovercraft*<sup>12</sup>, en un aerodeslizador pequeño el diámetro de la hélice estará entre 48[in] a 54[in] con motor de 2 ciclos y relación de transmisión entre 2 y 3, y para aerodeslizadores largos diámetros entre 72[in] y 96[in] con motores automáticos con relaciones de transmisión entre 2 y 3.

Según lo anterior el diámetro de la hélice que se calculó es de 1.356 [m] o 53.30 [in] que está en el rango de hélices para propulsión en aerodeslizadores pequeños.

Ahora para ingresar a la gráfica de la Figura 55 se hace una división entre el empuje crítico y el área de la hélice de propulsión de la siguiente forma:

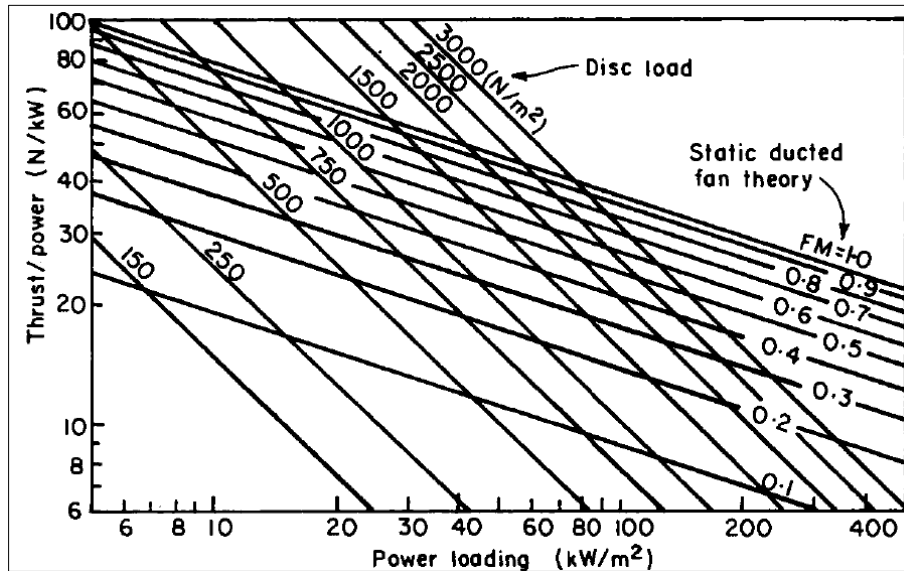
$$\frac{1560}{1.44} = 1083 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

---

<sup>12</sup> UNIVERSAL HOVERCRAFT. *Hovercraft Construction and Operation*. Estados Unidos: Universal Hovercraft Inc. p7.

Y al asumir una eficiencia FM=0.6 se ingresa a la siguiente grafica en donde se puede sacar la potencia necesaria para el empuje.

Figura 55. Grafica de Empuje/potencia Vs Potencia de carga.



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.778p.)

Para esa potencia se ingresa en la gráfica con la eficiencia FM de 0,6 y los 1083  $\left[\frac{N}{m^2}\right]$  lo que da un valor aproximado de  $60\left[\frac{N}{KW}\right]$ . Los  $60\left[\frac{N}{KW}\right]$  se dividen entre el empuje crítico de 1560[N] y se obtiene la potencia.

$$HP = \frac{60\left[\frac{N}{KW}\right]}{1560[N]} = 0.038\left[\frac{1}{KW}\right] = 26[KW] = 34.89[Hp]$$

La potencia necesaria para la propulsión esta alrededor de los 34.89 [Hp], es decir, unos 35 [Hp]. Al comparar el valor de la potencia calculado antes que éste, se nota que no existe una diferencia considerable, ya que el otro valor de potencia es de 44 [Hp], de manera que la potencia del motor necesario para la propulsión esta alrededor de [35-44] [Hp] y la diferencia radica en la eficiencia que se tomó.

**6.6.1 Potencia de crucero.** Esta será la potencia que el aerodeslizador emplee cuando está transitando a una velocidad constante. Para efectuar ese cálculo, no se tiene en cuenta la fuerza de inercia en la determinación de la fuerza de propulsión.

$$F_{\text{Propulsion}} = F_{\text{arrastre}} + F_{\text{empuje segun escenario}}$$

$$F_{\text{Propulsión}} = 1344.4[\text{N}]$$

$$V = 15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{Pot}_{\text{crucero}} = F_{\text{Propulsión}} * V = 1344.4 * 15 = 20.16[\text{Kw}]$$

$$\text{Pot}_{\text{crucero}} = 27[\text{Hp}]$$

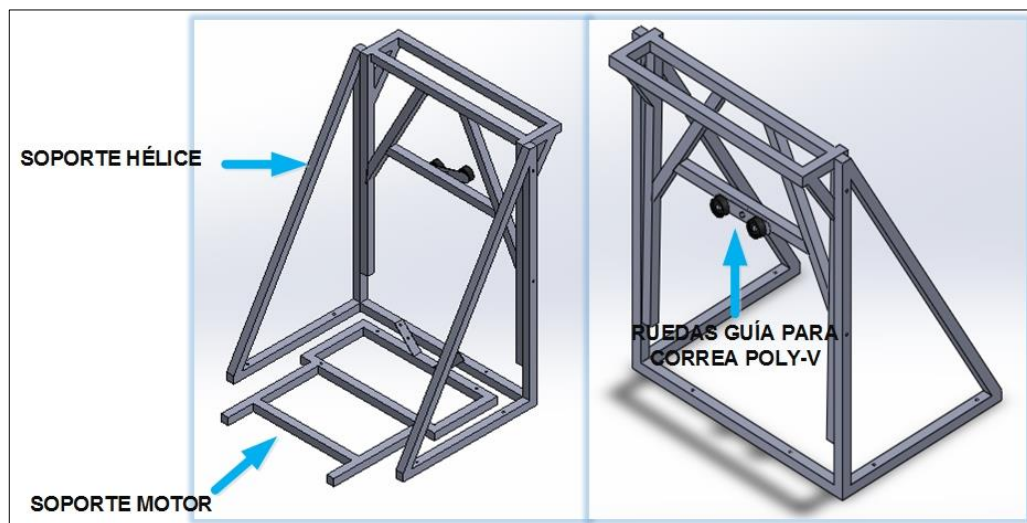
## 6.7 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.

Según los resultados anteriores, se procede a seleccionar la hélice, en donde esta vez no se contó con la empresa Multi-Wing, debido a que una hélice de estas proporciones excede los costos del proyecto, de manera que se selecciona una hélice de madera de un diámetro de 1.65 [m], la cual cuenta con un empuje de 160[kg] (Ver ANEXO J). Este tipo de hélices son usadas para propulsar los paramotores, de manera que por ésta razón se empleó ésta hélice. Debido a que

esta hélice es fabricada de manera artesanal en Colombia, no cuenta con una curva característica y por tanto según las recomendaciones del fabricante de la misma, se escoge un motor de Volkswagen 1600cc de 42[Hp] y 3600 [Rpm] (Ver ANEXO K).

Posterior a la selección de la hélice y el motor, se realiza el diseño y construcción del soporte para los elementos mencionados, en donde la estructura que soporta la hélice y el motor están hechas en tubo de acero estructural cuadrado  $1\frac{1}{4}$  de pulgada, calibre 20 (Ver Figura 56). Por otro lado el ducto que envuelve la hélice está hecho en tubo de acero hot rolled cuadrado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada calibre 18 (Ver Figura 57). Las estructuras están soldadas con soldadura E6013.

Figura 56. Soporte de la hélice y el motor.



El subsistema cuenta con una transmisión de potencia por correa, sin reducción de velocidad, esto debido a que las revoluciones que requiere la hélice son las mismas que brinda el motor. Por tal motivo se usó poleas Poly-V de 6pk (Ver ANEXO I)

para transmitir los 42 [Hp], mediante el uso de un eje en acero 1045, que cuenta con dos chumaceras VBF 205-16 con diámetro de pulgada para servir de puntos de apoyo para el eje que transmite la potencia a la hélice. (Ver Figura 58). Por otro lado el motor de Volkswagen cuenta con un eje propio al cual se le ajusto su respectiva polea y una chumacera que está montada sobre una estructura para que el eje no salga expedido axialmente y así mismo para servirle de punto de apoyo (Ver Figura 59).

Figura 57. Ducto de propulsión

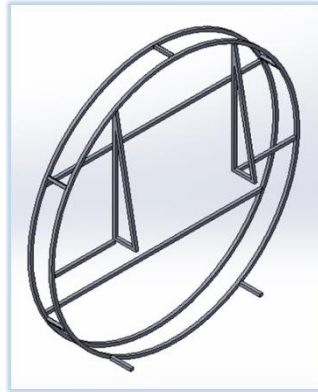
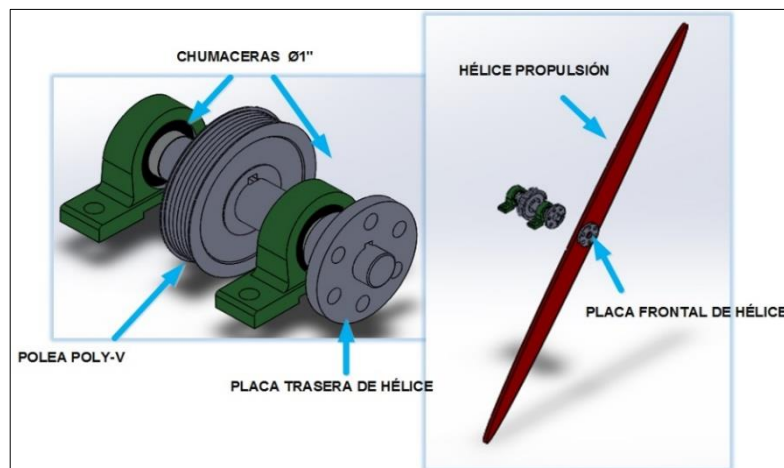
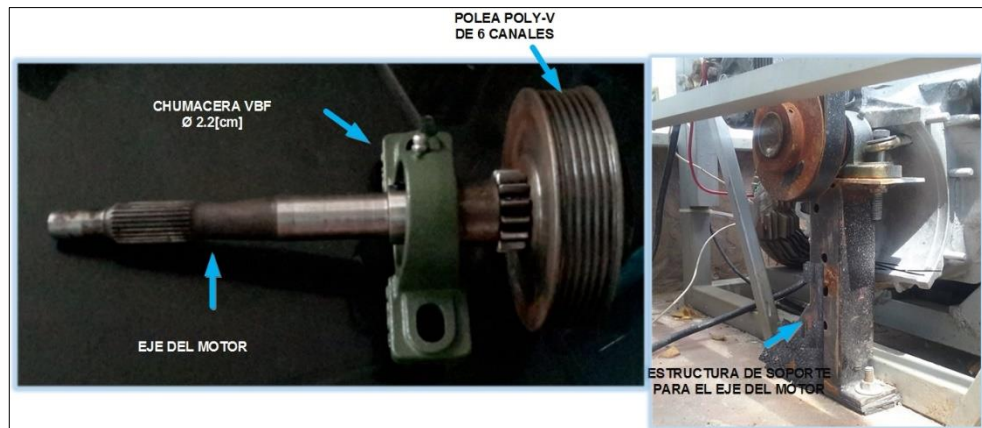


Figura 58. Transmisión de potencia hélice propulsión.



Según la Figura 58, la hélice de propulsión está sujeta mediante dos placas al eje que transmite la potencia a ésta.

Figura 59. Montaje del eje del motor de Volkswagen.



La correa poly-v que se usó es de la marca DAYCO, referencia 6PK que tiene una longitud 2255 [mm], de manera que la distancia entre centros desde el eje de la hélice al eje del motor es de 945[mm] (Ver Figura 60).

Figura 60. Correa Poly-V DAYCO 6PK.



Al motor de propulsión se le coloca una tapa, sobre la cual se pone el tanque de combustible del mismo, esto debido a cuestiones de espacio. La batería de este motor se ubica en la parte trasera del aerodeslizador, la cual está cubierta por una tapa , de modo que se vea de una forma más estética el vehículo y para que no le ingrese agua a la batería (Ver Figura 61). Ambas tapas están hechas con lámina galvanizada calibre 31 y con barroto de aluminio cuadrado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, unidos por medio de remaches 6-6 y la tapa de la batería cuenta con unos perfiles en T para que casen en la parte trasera del vehículo.

Figura 61. Tapas motor de propulsión.



## **7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL.**

Como se habla en el capítulo 2.2.5 Subsistema de dirección y control, este subsistema está conformado por tres elementos; Por las aletas encargadas de direccionar el aire de la hélice de propulsión, de la palanca encargada de direccionar el vehículo y del panel de control, donde se enciende el motor de propulsión.

Este subsistema no cuenta con algún cálculo en específico, debido a que no lo requiere, de manera que los elementos que se construyeron se hicieron en proporción a las dimensiones y necesidades del vehículo.

### **7.1 ALETAS.**

Las aletas de dirección del aire que se ubican en el ducto de propulsión, se hacen en relación a el tamaño del ducto, es decir, son de forma rectangular y tienen las siguientes dimensiones 40 [cm] x 3 [cm] x 100 [cm] (largo, ancho y alto respectivo). Éstas tienen una estructura interna que está hecha de perfil cuadrado de aluminio, el cual está unido por medio de eles de 4[cm] x 4[cm]. La cubierta externa está hecha de lámina galvanizada calibre 31 y sujeta al perfil cuadrado por medio de remaches 6-6 (Ver Figura 62).

A las aletas se sujetaron dos guayas, por una de las caras de éstas, en donde las guayas están aseguradas por medio de dos eles que están agarradas a las aletas con remaches 6-6 y así mismo la guaya está sujeta a un tornillo con un agujero, para así asegurarlas por medio de dos arandelas y una tuerca (Ver Figura 63).

Figura 62. Construcción de las aletas del subsistema de dirección y control.

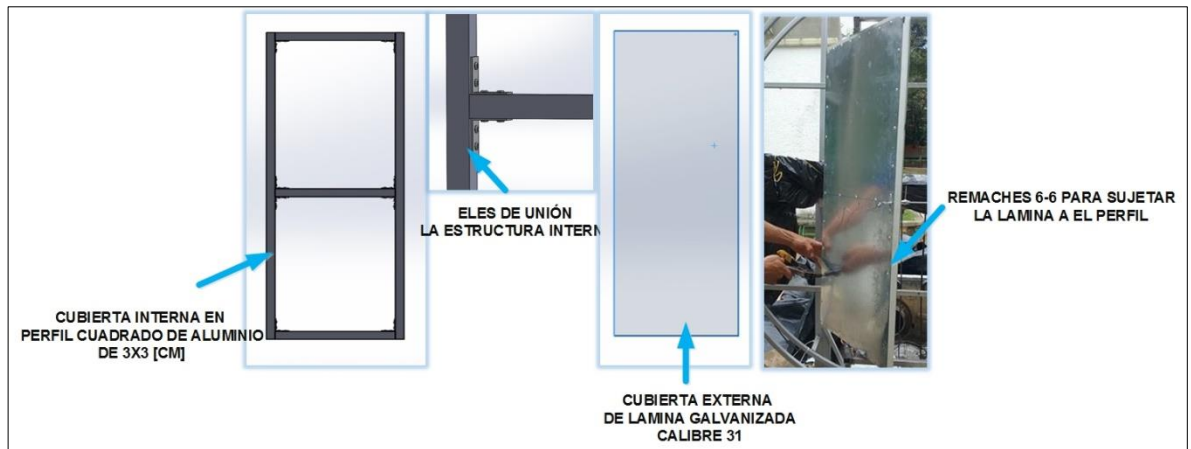


Figura 63. Sujecion de guayas a las aletas



Las aletas tienen una lámina de  $\frac{1}{4}$ " x  $\frac{1}{8}$ " que se encarga de que el movimiento de estas sea al tiempo cuando se ejerce tensión en una de las dos guayas. La lámina

se encuentra sujeta por medio de eles aseguradas a las aletas con remaches 6-6 (Ver Figura 64).

Figura 64.Lamina sujeta a las aletas.



Posteriormente las aletas se sujetan al ducto por medio de 2 pies de amigo y dos barras de unión en a la parte inferior del ducto, hechos en tubo de acero hot rolled cuadrado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada calibre 18, que se soldan al ducto de la hélice de propulsión (soldadura E6013) y de igual forma el par de pies de amigo tienen una barra de unión entre ellos, para brindarle más estabilidad (Ver Figura 65). Las aletas se aseguran a los pies de amigos con una lámina que tiene un eje sujeto a esta, y otra que tiene un agujero de manera que se perforo el perfil cuadrado de aluminio, para hacer un agujero e introducir el eje para que funcionara como pivote de las aletas. Las láminas se cogen por medio de remaches 6-6 (Ver Figura 66).

Las aletas se encuentran ubicadas en la mitad inferior del ducto, esto debido a que el momento que surge a causa de que estas dirijan el aire, pueda contribuir al movimiento del vehículo.

Figura 65. Pies de amigos sujetos al ducto de propulsión.



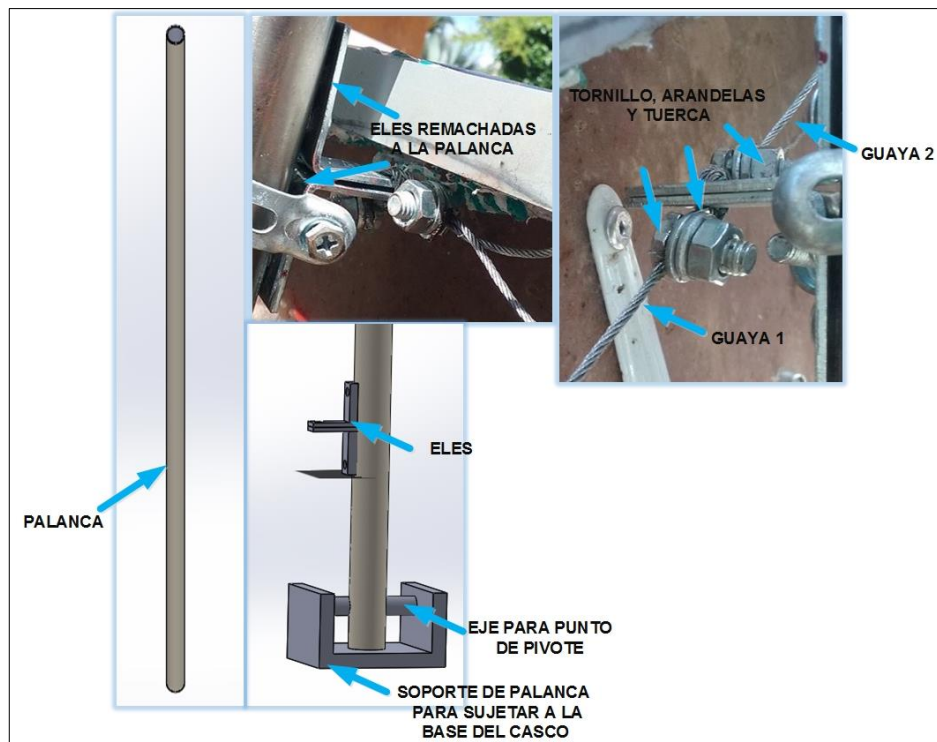
Figura 66. Láminas de sujeción a pies de amigo y aletas



## 7.2 PALANCA Y PANEL DE ENCENDIDO Y APAGADO DE MOTORES.

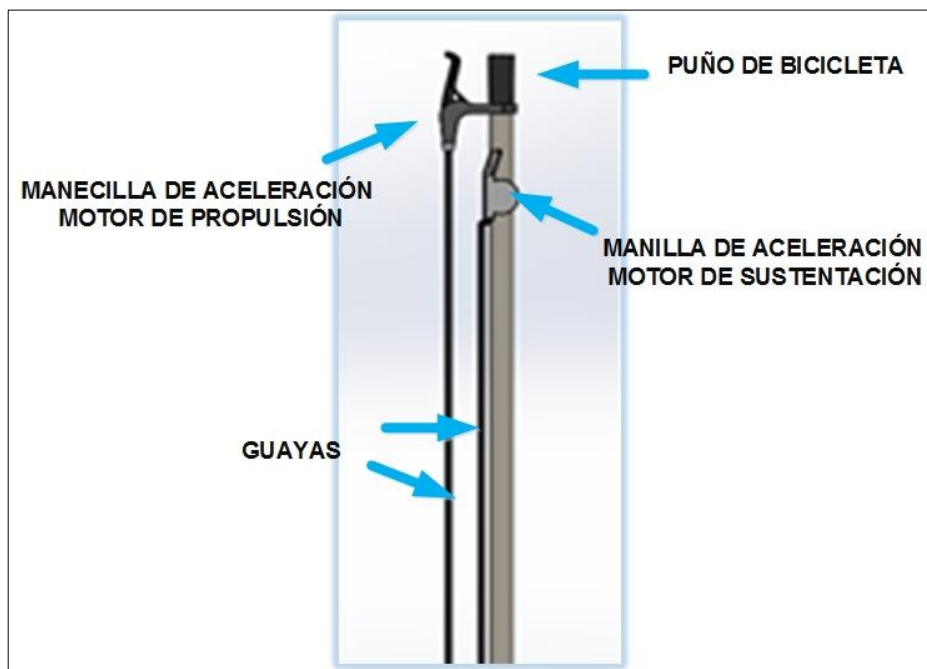
La palanca está hecha en tubo de acero inoxidable circular con diámetro de 1 pulgada y longitud de 1[m]. Este tubo tiene un eje de diámetro de 1[cm] atravesado en su parte inferior, de manera que sirve como punto de pivote para poder mover la palanca hacia en frente o hacia atrás, éste eje está asegurado a un soporte de 3 caras hecho en platina, el cual se atornilla a la base del casco. A la palanca están aseguradas las dos guayas provenientes de las aletas, las cuales se aseguraron a la palanca por medio de eles y del uso de un tornillo con agujero para sujetar cada guaya con dos arandelas y una tuerca (Ver Figura 67).

Figura 67. Palanca de dirección y control.



Los motores de sustentación y propulsión son acelerados desde la palanca de dirección y control, por medio de unas guayas, en donde la del motor de sustentación es accionada mediante el uso de una manilla de cambio de bicicleta y la guaya del motor de propulsión es movida por una manecilla de freno de bicicleta, de modo que, al tensionar las guayas, éstas permiten la aceleración de los motores. En la parte superior de la palanca se coloca un puño de bicicleta para facilitar el agarre de la misma (Ver Figura 68).

Figura 68. Manecillas de aceleración de los motores del sistema.



El encendido y apagado del motor de propulsión se hace mediante un switch con llave, que está ubicado en un panel en la parte frontal del vehículo, para así facilitar el control de este motor. Por otro lado, el motor de sustentación es de encendido

manual, por lo que el switch on-off del panel solo da paso de corriente, para posteriormente jalar el yoyo y encender el motor. (Ver Figura 69).

Figura 69. Panel de encendido y apagado de los motores.



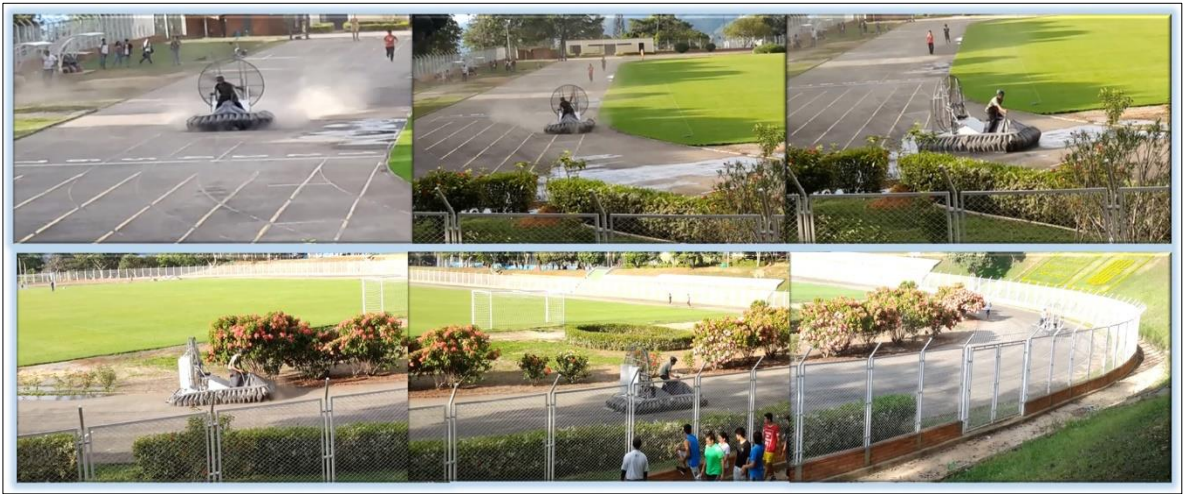
## **8. PRUEBAS DEL AERODESLIZADOR ULTRALIVIANO.**

El comportamiento del aerodeslizador por los diferentes escenarios, lo realiza de diferente forma, es decir, en escenarios como asfalto y tierra el vehículo es más rápido y eficaz, comparado con pasto y agua, y esto se debe a la oposición que el escenario ejerza sobre el aerodeslizador, es decir, en tierra el vehículo no cuenta con una oposición que impida que se movilice rápidamente, de manera que es el terreno sobre el cual se desempeña de la mejor forma y sobre el que la falda se desgasta menos, comparándolo con asfalto. Por otro lado, el terreno que pone mayor oposición al paso del vehículo es sobre el agua ya que se requiere mayor fuerza de propulsión para transportarse por el mismo. Los siguientes ítems de este capítulo evidencian lo anterior.

### **8.1 PRUEBA EN ASFALTO.**

La prueba en asfalto se ejecuta en la cancha primero de Mayo de la Universidad Industrial de Santander. El vehículo se comporta de una forma espléndida, ya que este tipo de escenario no presenta gran resistencia al paso del vehículo, de manera que la cantidad de fuerza de empuje que debe producir el sistema de propulsión se calcula tomando un 4% del peso del vehículo, debido a que es un terreno que esta entre un piso con fricción – hierba corta, y posterior a esto se suma la fuerza de arrastre y la de inercia, para obtener el valor de propulsión que esta alrededor de los 64[kg]. Por otro lado, la cantidad de Rpm que se requieren para que el vehículo avance es aproximadamente 1298[Rpm].

Figura 70. Prueba en asfalto.



## 8.2 PRUEBA EN PASTO.

La prueba en pasto se efectúa en el Diamante de la Universidad Industrial de Santander, en este escenario el aerodeslizador debe enfrentarse a una fuerza de propulsión mayor que la de la prueba en asfalto, esto debido a que el pasto hace que el vehículo se amarre y si este pasto es alto, difícilmente se moverá o bien se requerirá una fuerza de propulsión bastante alta para lograrlo (175[Kg]). Entonces según la prueba efectuada, para un pasto recién cortado, la fuerza de propulsión necesaria para su movimiento esta alrededor de los 90[kg], este valor se calcula tomando un 10% (terreno de hierva corta, pero con desigualdades) del peso del vehículo y a este se le suma la fuerza de arrastre y la de inercia, para obtener la magnitud de la fuerza de propulsión. De manera que la cantidad de revoluciones requeridas para que el vehículo avance son de 1825[Rpm].

Figura 71. Prueba en pasto.



### 8.3 PRUEBA EN TIERRA.

La prueba que se realiza en la tierra, se efectúa en el Diamante de la Universidad Industrial de Santander, en donde esta es una de las pruebas en que el vehículo se comporta de una forma estupenda, debido a que la fuerza de propulsión requerida para transitar sobre este escenario, es similar a la del asfalto, por tanto, aquí se decide tomar un 5% del peso del peso del vehículo, de manera que la fuerza de propulsión tiene un valor de 68[Kg]. De modo que las revoluciones necesarias para proporcionar la fuerza de propulsión antes mencionada son de 1379[Rpm].

Figura 72. Prueba en tierra.



#### 8.4 PRUEBA EN AGUA.

La prueba en agua se realiza en un pequeño lago de una finca ubicada en la parte trasera de Tierra Santa. Con esta prueba se comprueba que el vehículo efectivamente no se hunde en este escenario, pero el agua causa que el vehículo tienda a amarrarse más que en los otros escenarios, tal como se estima en el capítulo 6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN, de manera que esta tiene un valor de 156[Kg], de modo que esto demuestra que es la fuerza más crítica de todas, más sin embargo el aerodeslizador se comporta de una forma óptima. De modo que las revoluciones necesarias para producir la fuerza de propulsión mencionada antes son de 3164 [Rpm].

Figura 73. Prueba en agua.



### **8.5 PRUEBA SOBRE OBSTÁCULO DE MEDIANO ALCANCE.**

Para este ítem se efectúan dos pruebas, en las que el aerodeslizador cruza sobre un bordillo que se encuentra en medio de dos escenarios; asfalto y pasto, y luego a través de dos ladrillos que se ubican sobre tierra. De manera que el paso del vehículo a través de estos dos obstáculos, se realiza de manera excelente, ya que se evidencia que el aerodeslizador es capaz de pasar a través obstáculos de mediano alcance sin tener problema alguno. La Figura 74 y Figura 75 presentan el paso del vehículo a través de los obstáculos antes mencionados.

- Paso a través de un bordillo de 10[cm] de alto.

Figura 74. Prueba sobre obstaculo de mediano alcance N°1.



- Paso a través de dos ladrillos de 15 [cm] de alto.

Figura 75. Prueba sobre obstaculo de mediano alcance N°2.



## 9. COSTOS DEL PROYECTO.

Los gastos que hicieron parte de este proyecto fueron costeados en su totalidad y en partes iguales por los autores del mismo. En la Tabla 10 se ilustran el costo total del proyecto de forma global.

Tabla 10. Costos del diseño y construcción del prototipo de aerodeslizador ultraliviano.

<b>COSTOS DEL PROYECTO</b>	
<b>ÍTEM</b>	<b>VALOR</b>
Subsistema de casco	\$ 1.694.800,00
Subsistema de falda	\$ 544.000,00
Subsistema de sustentación	\$ 2.470.400,00
Subsistema de Propulsión	\$ 2.587.800,00
Subsistema de dirección y control	\$ 185.000,00
Mano de Obra	\$ 2.000.000,00
<b>GASTOS ADICIONALES</b>	
Gastos de Transporte	\$ 1.500.000,00
Gastos de Alimentos	\$ 2.000.000,00
<b>GASTOS GENERALES</b>	
Papelería (Memorias, cartas, fotocopias, carpetas, borradores, empastes, etc.)	\$ 300.000,00
Bibliografía	\$ 200.000,00
Propiedad Intelectual	\$ 400.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 13.882.000,00</b>

Las tablas que se presentan a continuación corresponden a los costos que existieron en la construcción de cada subsistema del aerodeslizador.

Tabla 11. Costos de la construcción del subsistema de casco.

<b>SUBSISTEMA DE CASCO</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>
Mdf	\$ 150.000,00
Fibra de vidrio	\$ 700.000,00
Cera desmoldeante	\$ 16.000,00
Resina102	\$ 300.000,00
Catalizador	\$ 20.000,00
Pies de amigos (grandes y pequeños)	\$ 30.000,00
Barrote (rectangular y cuadrado)	\$ 114.000,00
Lámina de aluminio (1/4"x1/8" Y 1/2"x1/8")	\$ 170.000,00
Lona california	\$ 58.800,00
Remaches 6-6	\$ 30.000,00
Asiento	\$ 25.000,00
Soporte del asiento	\$ 55.000,00
Tapete	\$ 26.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.694.800,00</b>

Tabla 12. Costos construcción del subsistema de falda.

<b>SUBSISTEMA DE FALDA</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>
Ultralona	\$ 320.000,00
Lámina de aluminio (1/4"x1/8")	\$ 18.000,00
remaches 6-6	\$ 11.000,00
caucho de agarre para dedos	\$ 50.000,00
Ojales	\$ 15.000,00
Costura	\$ 100.000,00

Pegante para lonas	\$ 20.000,00
Correas plásticas	\$ 10.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 544.000,00</b>

Tabla 13. Costos construcción del subsistema de sustentación.

<b>SUBSISTEMA DE SUSTENTACIÓN</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>
Hélice	\$ 1.000.000,00
Motor de 15[Hp]	\$ 900.000,00
Perfil cuadrado calibre 18 (3/4")	\$ 11.400,00
Lámina galvanizada calibre 14 para ducto	\$ 40.000,00
Lámina galvanizada calibre 31 para aletas conductoras	\$ 24.000,00
Soldadura	\$ 300.000,00
Eje de transmisión de potencia y cuñas	\$ 50.000,00
chumaceras	\$ 32.000,00
Acoplamiento de cadena (con maquinada) y cadena	\$ 91.000,00
Malla en acero	\$ 16.000,00
Tornillos, arandelas y tuercas	\$ 6.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.470.400,00</b>

Tabla 14. Costos Construcción del Subsistema de propulsión.

<b>SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>
Hélice	\$ 400.000,00
Motor de Vw 126[Hp]	\$ 1.500.000,00
Perfil cuadrado calibre 20 (1/2")	\$ 50.000,00
Perfil cuadrado calibre 18 (3/4")	\$ 22.800,00
Malla	\$ 60.000,00
Soldadura	\$ 250.000,00

Eje de transmisión de potencia y cuñas	\$ 50.000,00
chumaceras (3)	\$ 44.000,00
Poleas Poly-V 6 canales	\$ 140.000,00
Correa Poly-V 6pk	\$ 50.000,00
Soporte eje motor	\$ 15.000,00
Tornillos, arandelas y tuercas	\$ 6.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.587.800,00</b>

Tabla 15. Costo de construcción subsistema de dirección y control.

<b>SUBSISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>
Tubo de acero inoxidable	\$ 10.000,00
Manilla de cambio	\$ 11.000,00
Manecilla de freno de bicicleta	\$ 6.000,00
Puño de bicicleta	\$ 7.000,00
Guayas y forros	\$ 35.000,00
Tornillos con agujero, arandelas y tuercas	\$ 5.000,00
Switch motor de propulsión.	\$ 30.000,00
Barrote cuadrado en aluminio	\$ 40.000,00
Pies de amigos pequeños	\$ 10.000,00
Lámina galvanizada calibre 31	\$ 20.000,00
Remaches 6-6	\$ 11.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 185.000,00</b>

## 10. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un vehículo aerodeslizador del tipo estándar, dado la relación de largo y ancho del mismo, en el que se puede movilizar un pasajero con un peso hasta de 85[Kg]. El aerodeslizador transita sobre escenarios tales como: agua, asfalto, tierra, pasto y a través de algunos obstáculos de mediano tamaño, este cuenta con un peso menor a los 500[Kg], de manera que, según el código británico, éste se clasifica como un aerodeslizador del tipo ultraliviano, dado a que cuenta con 431[kg] de peso en orden de marcha.
- La introducción de un vehículo anfibia como es un aerodeslizador que no es normalmente conocido por la sociedad Santandereana, permite que exista curiosidad, lo que ocasiona a su vez interés en las personas, de manera que esto hace que se pueda adicionar una forma de turismo más para el departamento, un turismo que está sin explorar, lo que conlleva a adentrarse en un océano azul sin explorar, pero donde se tiene certeza de que la curiosidad traerá consigo el éxito.
- El diseño de aerodeslizadores en masa puede hacer que el departamento tenga nuevas iniciativas en los procesos de diseño y construcción por ejemplo de cascos para estos vehículos, pudiendo estos no ser solo fabricados en fibra de vidrio, sino que también en plástico, donde la inversión inicial sería la más costosa, pero que puede abrir puertas a nivel internacional, ya que en países cercanos a Colombia como Brasil, Argentina, Ecuador, entre otros, están incrementando el uso de aerodeslizadores.
- El tipo de hélice que se emplea para los aerodeslizadores, difícilmente se consiguen en el país, de manera que, si se introduce el turismo de estos

vehículos, pueden surgir o renovar empresas que se dediquen a fabricar hélices o ventiladores en Colombia, donde el mercado de las mismas es escaso para la cantidad de caudal y presión que se solicita, de modo que si esta industria crece, se puede crear competencia a empresas tales como Multi-Wing, la cual es la encargada de distribuir estas hélices en América, pero lo hace directamente desde EEUU, de modo que si se hacen en Colombia, se tendría más ventaja para venderlas en países cercanos a este y con un costo de importación más bajo.

- Un aerodeslizador facilita el uso de distintos escenarios, de manera que, si se adquiere un vehículo de esta clase, será fácil ponerlo a funcionar en cualquier sitio con el que se cuente, es decir, no es completamente necesario acondicionar un lugar para poder crear un negocio de recreación con aerodeslizadores que brinde la oportunidad de explorar nuevas formas de turismo en el departamento.
- La implementación de tecnologías antes no conocidas por departamentos como Santander, en donde no todas las personas cuentan con conocimientos de las formas en que se puede movilizar un vehículo, ocasiona que, al introducir un aerodeslizador, se abra la posibilidad de crear desarrollo de nuevos conocimientos, de nuevas economías y culturas en sus habitantes.

## 11. RECOMENDACIONES.

- La implementación de un motor Rotax en lugar de un Volkswagen, mejora el funcionamiento del vehículo, ya que un motor Rotax puede llegar a pesar 35[Kg], mejorando así el peso útil del vehículo, permitiendo que se requiera transformar menos aire a presión por el subsistema de sustentación, ya que la fuerza de levantamiento sería menor a causa del mejoramiento en el peso del motor. De modo que, al cambiar el motor, se da cavidad a que se pueda cambiar el tipo de hélice que se está empleando con este mismo, ya que una hélice que proporcione un empuje más alto que la hélice bipala de madera con que cuenta el subsistema de propulsión, permite que el aerodeslizador se mueva más rápidamente, ya que se tendrá más caudal y presión para la propulsión, ocasionado que puedan subir a él aerodeslizador alrededor de 3 personas en total, con un peso no mayores a 75[Kg] por pasajero.
- Debido a que el vehículo cuenta con un peso de 431[kg] en orden de marcha, este peso puede bajar aún más si en vez de emplear fibra de vidrio para el casco, se emplea plástico, ya que este es más liviano y de mucho más bajo costo que la fibra de vidrio, cuando se habla de producciones en masa.
- Si se decide unir los subsistemas de sustentación y propulsión con una sola hélice y motor, se recomienda que el motor tenga una potencia mayor a los 40[Hp], ya que la hélice a emplear será de más de 50[cm] de diámetro, de modo que solicita una potencia más alta, debido a la presión y caudal que necesita producir para elevar y mover el vehículo.
- Se recomienda diferentes sensores o dispositivos que permitan crear lecturas, por ejemplo, de temperatura, velocidad del vehículo, cantidad de

combustible, entre otros, da la posibilidad al conductor tener conocimiento acerca del estado del aerodeslizador, y así mismo tener una mejor experiencia con el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA.

Aeromodelismo a Full. Todo el aeromodelismo RC en un sólo lugar. [en línea], [citado 29 Junio 2017]. Disponible en internet: <http://aeromodelismoafull.blogspot.com.co/2012/06/nuevo-os-engines-120ax-special.html>

Air de Glisse. Nos Aéroglisseurs. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://airdeglisse.free.fr/articles.php?lng=fr&pg=15>

AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.

Dayco. Correas Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet: <http://www.daycoaftermarket.com/AR/ES/automotriz-correas-poly-v.php>

Emisa.Volkswagen. [en línea], [citado 29 julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.emisa.mx/catalogo/iveco/index.html>

ESPINOSA, Rafael. Diseño y construcción de un vehículo anfibia para 20 pasajeros soportado en colchón de aire para el Golfo de Nicoya- Costa Rica. Trabajo de grado Ingeniero Naval. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, 2008. 206p.

FAY, James A. Mecánica de Fluidos. México.: Cecsca, 1996. 630p.

Hi Tech International. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: [http://www.hovercraft.it/spa/page\\_id\\_26/index.htm](http://www.hovercraft.it/spa/page_id_26/index.htm)

HOUGHTON, E. L et. al. Aerodynamic for Engineering Students. USA.: Elsevier. 2013. 717p.

Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet: <http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>

Intermec. Acoplamientos flexibles para ejes tipo de cadena. [en línea], [citado 12 junio 2017]. Disponible en internet: [https://www.intermec.com.co/pdf/acoples\\_cadena.pdf](https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_cadena.pdf)

Inversiones Motor. Dixus Trifasico. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://invermotor.com/producto/dixus-trifasicos-1200-rpm-b14/>

MARITIME & COASTGUARD AGENCY. The Hovercraft Code: Care structure and conformation. Southampton.: Crown 2015. 100 p

Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser>.

MOTT, Robert. Mecánica de fluidos. México.: Pearson Educación. 2006, 647p.

NORTON, Robert. Diseño de máquinas. México.: Pearson, 2011. 888p.

PÉREZ, Misael y BAUTISTA, Salvador. Modelado de un hovercraft ligero. Trabajo de grado Ingeniero en Aeronáutica. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2006. 90p.

Plastextil. Lona California. [en línea], [citado 29 junio 2017]. Disponible en internet: <http://plastextiltelasplasticas.com/product/lona-california/>.

Plastiquimicas. Ultralona. [en línea], [citado 1 enero 2017]. Disponible en internet: <http://www.plastiquimica.com.co/portal/index.php/es/ultralona>.

RC Groups. Hovercraft. [en línea], [citado 30 Julio 2017]. Disponible en internet: <https://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=3623796>

RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.

Solar Navigator. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.solarnavigator.net/hovercraft.htm>

Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189).

Universal Hovercraft. Hovercraft Construction and Operation. Estados Unidos: Universal Hovercraft Inc. 84p.

Technofaq. Enginners. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <https://technofaq.org/posts/2017/06/5-of-the-greatest-engineers-from-the-united-kingdom/>

The British Hovercraft Company. How to Hovercraft Videos. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: <http://britishhovercraft.com/How-To-Hovercraft-Videos.aspx>.

The British Library. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <https://www.bl.uk/voices-of-science/interviewees/ray-wheeler>

YUN, Liang y BLIAULT, Alan. Theory and Design of Air Cushion Craft. London: ARNOLD, 2000.p647.

Wikipedia. Volkswagen tipo 3. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen\\_Tipo\\_3](https://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Tipo_3).

## **ANEXOS**

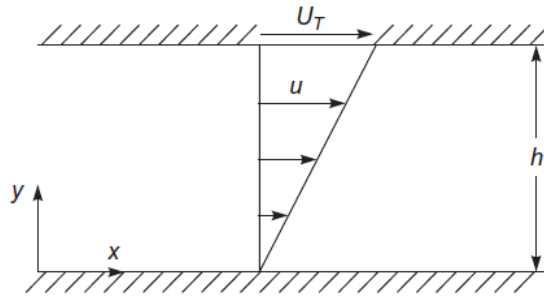
## **ANEXO A. INTRODUCCIÓN A LOS AERODESLIZADORES**

### **RESEÑA HISTÓRICA**

Con el pasar de los años la velocidad de muchos medios de transporte han desarrollado avances excepcionales entre los más destacados encontramos la súper velocidad que desarrollan los aviones de combate o los súper autos, pero poco desarrollo se ha presentado en el ámbito de los barcos por efecto de las fuerzas de arrastre.

De manera que los aerodeslizadores surgen con el fin de minimizar la energía disipada por los efectos viscosos y de fricción que se presentan entre el agua y el casco del barco ver Figura 76. Su historia se remonta al año 1700 donde surgen los primeros conceptos de aerodeslizador. En 1716 se dio el primer diseño práctico realizado por Emanuel Swedenborg de Suecia, el sistema consistía en forzar el aire bajo un recipiente, el diseño se asemejaba a un bote compuesto por remos y una cabina en el centro que permitiría sacarlo fuera del agua, aunque nunca se realizó ningún prototipo debido a que no se contaba con la tecnología suficiente.

Figura 76. Resistencia al avance de una placa horizontal sobre una superficie de un fluido Newtoniano.



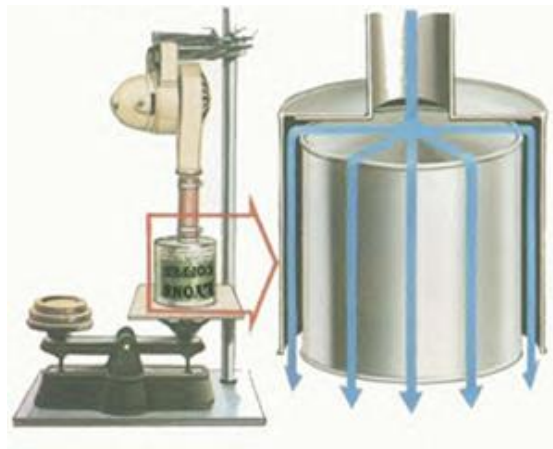
(Fuente: HOUGHTON, E. L et. al. Aerodynamic for Engineering Students. USA.: Elsevier. 2013. 717p.)

A mediados de 1870, John Thornycroft construyó un modelo de embarcación para comprobar los efectos del suelo, pero los problemas de diseño siguieron siendo un problema, aunque escribió varias patentes de cascos lubricados con aire no se le encontraron aplicaciones prácticas. Durante ese siglo y los siguientes se siguieron realizando varios diseños, pero jamás se construyó un diseño operacional, el problema estaba enfocado en que no se tenía la relación adecuada entre el peso del aparato y la flotabilidad. Este problema fue solucionado cuando se introdujo el motor de combustión, debido a que se obtuvo la relación potencia-peso indicada y de esta forma el aparato se pudo mantener suspendido.

En 1952 Sir Christopher Cockerell demostró el principio operativo de un vehículo suspendido sobre un colchón de aire expulsado a presión, sus primeros experimentos consistieron en poner un secador de pelo sobre una balanza, después construyó un difusor forzando el aire a través de dos latas cilíndricas unidas al motor de una aspiradora determinando que con las latas concéntricas se tenía un mayor

empuje ver Figura 77 y Figura 78. Lo cual le dio el conocimiento para desarrollar un sistema de chorro periférico que empuja el aire por debajo del vehículo permitiéndole mantener el colchón de aire bajo el vehículo y transitar sobre pantanos, marismas, agua y hielo.

Figura 77.Latas concéntricas



(Fuente: Solar Navigator. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.solarnavigator.net/hovercraft.htm>)

Figura 78. Balanzas con latas concéntricas



(Fuente: Solar Navigator. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.solarnavigator.net/hovercraft.htm>)

En 1955 finalmente convence al Ministerio Británico de Abastecimiento para respaldar su proyecto con un modelo funcional como se muestra ver Figura 79. Un año después Cockerell forma una compañía conocida como Hovercraft Limited y comienza a desarrollar la teoría encontrando varias complicaciones, la idea principal del funcionamiento del prototipo se basaba en el hecho de que un ventilador tomaría el aire del medio ambiente y este sería conducido en el interior de la estructura y se introduciría en la parte inferior por una periferia que crearía una cortina de aire, de manera que un porcentaje se dirigiría a el centro y otra parte recircularía a el medio ambiente. El porcentaje de aire que se dirige al centro sería el responsable de la sustentación del sistema y patenta esta idea.

Figura 79. Primer prototipo de aerodeslizador por Christopher Cockerell



(Fuente: Technofaq. Enginners. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <https://technofaq.org/posts/2017/06/5-of-the-greatest-engineers-from-the-united-kingdom/>)

Una vez culminada la fase de la teoría básica para desarrollar este tipo de vehículos, Sir Cockerell empezó el desarrollo de estos vehículos con la empresa británica Saunders-Roe, creando el Saunders-Roe SR.N1, el cual fue el primer aerodeslizador a escala completa construido en Europa tal como se aprecia en la Figura 80 el SR-N1. Durante tres años fue sometido a rigurosas pruebas una de ellas fue cruzar el Canal de la Mancha tomándose un tiempo de dos horas.

Figura 80.Saunders-Roe SR.N1



(Fuente: RC Groups. Hovercraft. [en línea], [citado 30 Julio 2017]. Disponible en internet:<https://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=3623793>)

Tras las pruebas realizadas Cockerell se dio cuenta que su diseño de aerodeslizador era muy difícil de conducir, solo podía ser conducido por pilotos con gran maniobrabilidad debido a que perdía fácilmente la estabilidad, y no podía traspasar obstáculos mayores a 25 cm de altura. El SR. N1 tenía un peso total de cuatro toneladas y podría llevar a tres hombres a una velocidad máxima de 25 nudos sobre agua muy tranquila.

La fuente de potencia era un motor de pistones que accionaba una serie de hélices permitiéndole la sustentación, además contaba con un sistema de suministro para la propulsión horizontal. Luego de la primera prueba se le adiciono una falda de contención hecha de goma esta tenía suficiente resistencia para soportar el desgaste por fricción producido a alta velocidad a través del agua, pero era muy rígida lo que le brindo algo de inestabilidad. Fue necesario integrar una falda que tuviera alta resistencia y flexibilidad para que le proporcionara al sistema una mejor

estabilidad, mejor efecto de sustentación y separar así mucho más el casco de la superficie permitiéndole pasar obstáculos de mayor tamaño.

Durante la década de los 60, Saunders Roe junto con Cockerell desarrollaron varios diseños más grandes para pasajeros, incluyendo el SR-N2, que contaba con ajustes adicionales como tubos inflables, hélices aeronáuticas sobre alas móviles y un sistema de ventilas cilíndricas al casco para mejorar la sustentación ver Figura 81. Incorporando el SR-N5 se lanzó el SR-N6 con unas muy buenas características que lo convirtieron en uno de los aerodeslizadores de producción más exitoso, y fue uno de los aerodeslizadores que tránsito a través del mismo canal, entre Southsea y Ryde en la Isla de Wight desde el 24 de julio de 1965, llevando tan sólo 38 pasajeros ver Figura 82. Esta ruta fue cubierta por los modelos AP1-88, más modernos con 98 asientos cada uno pero solo prestaron servicio hasta el año 2000 después de años de competir con las tradicionales pangas, catamaranes y el Euro túnel; entre las causas se cuentan el alto costo del mantenimiento y del combustible y la falta de apoyo externo que ya se encontraban centrando su atención en otro tipo de embarcaciones.

Figura 81.SR.N2 (izquierda) y Aerodeslizador SR.N1 (derecha) de vuelo internacional (9 de marzo de 1962)



(Fuente: The British Library. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet:<https://www.bl.uk/voices-of-science/interviewees/ray-wheeler>)

Figura 82.Aerodeslizador SR.N6



(Fuente: RC Groups. Hovercraft. [en línea], [citado 30 Julio 2017]. Disponible en internet:<https://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=3623794>)

Algunos de los primeros aerodeslizadores se encuentran en museos o como centro de observación en alguna de las costas. Uno de los antiguos aerodeslizadores es:

**SR. N3:** Era un aerodeslizador 37,5 toneladas, la propulsión y la sustentación fue proporcionada por cuatro motores de turbina de gas que permitieron al SR. N3 ir a velocidad de un crucero de 70 nudos.

Figura 83. Aerodeslizador SR.N3



(Fuente: RC Groups. Hovercraft. [en línea], [citado 30 Julio 2017]. Disponible en internet:<https://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=3623795>)

**SR.N4:** Su fuente de energía fue proporcionada por cuatro Rolls-Royce Proteus motores de turbo-eje cada una con su propio ventilador de elevación y la hélice de propulsión orientable. Fue el mayor aerodeslizador construido para esa fecha, diseñado para transportar 254 pasajeros en dos cabinas.

El primer diseño fue de 40 metros de largo, pesaba 190 toneladas largas y fue capaz alcanzar una velocidad (154 km / h).

Figura 84. Aerodeslizador SR.N4



(Fuente: RC Groups. Hovercraft. [en línea], [citado 30 Julio 2017]. Disponible en internet:<https://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=3623796>)

**SR. N5:** Fueron construidos siete de ellos bajo la licencia de los Unidos. Parte de la producción SK-5 se convirtió en militar. Otros se utilizaron para el trabajo civil.

Figura 85. Aerodeslizador SR.N5



(Fuente: Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017].  
Disponibile en internet:  
[http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189.](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189))

Posterior a los aerodeslizadores SR. N se introdujo por la compañía British Hovercraft los tipos de aerodeslizadores BH-7 y Vosper y sucesivamente la empresa Hovermarine Limited desarrollo los vehículos HM-2, HM-221.

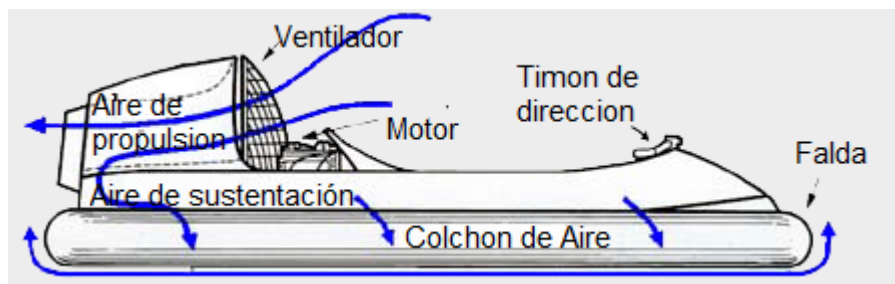
En china también se dio un gran avance en la tecnología de los aerodeslizadores pero estaban muy limitados por los recursos

## AERODESLIZADORES

Un vehículo amortiguado con aire es un aerodeslizador, de tal manera que la totalidad o parte significativa de su peso puede soportado, ya sea en reposo o en movimiento por un cojín donde se genera continuamente aire, su eficacia depende de la proximidad con la superficie sobre la que opere el mismo<sup>13</sup>. El aerodeslizador es de tipo anfibio, ya que puede transportarse por agua, tierra, nieve, asfalto y sobre obstáculos de mediano tamaño al instante, y esto se debe a la poca fricción que se ejerce entre la falda del aerodeslizador y el medio.

Los principales subsistemas de los cuales se compone un aerodeslizador, son los siguientes:

Figura 86. Partes principales de un Aerodeslizador



(Fuente: Hi Tech International. Hovercraft. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: [http://www.hovercraft.it/spa/page\\_id\\_26/index.htm](http://www.hovercraft.it/spa/page_id_26/index.htm))

<sup>13</sup> MARITIME & COASTGUARD AGENCY. The Hovercraft Code: Care structure and conformation. Southampton.: Crown 2015. p14.

El aerodeslizador fluctúa sobre un cojín de aire expulsado hacia abajo mediante un ventilador (a veces suele ser más de uno dependiendo de la configuración del sistema) motorizado y colocado a bordo del sistema. Esto permite levantarlo del suelo, mantenerlo en suspensión y permite aterrizar sucesivamente donde se quiera. La altura de fluctuación del sistema varía de 152 mm a 2743 mm y depende evidentemente del tamaño del aerodeslizador.

Cuando el aerodeslizador esta elevado sobre el cojín de aire, la potencia del motor se usa solo para el desplazamiento del mismo, mediante principios fluido dinámicos, ya que el mantenimiento de la fluctuación no requiere tanta potencia como el despegue. En algunos aerodeslizadores esta operación se efectúa utilizando un motor separado y distinto respecto al del movimiento, en otros en cambio el mismo motor sirve para el despegue y el movimiento.

El movimiento del aerodeslizador se obtiene dirigiendo el chorro de aire proveniente del ventilador, por medio de aletas verticales controladas desde el timón sobre la plancha de mando. El movimiento también se puede guiar desplazando el peso a bordo del aerodeslizador, pero para esto se necesita pericia por parte de quien este conduciendo el sistema.

Figura 87. Aletas verticales en un Aerodeslizador



(Fuente: Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189.](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189))

Lo siguiente es comprender cada una de las partes o subsistemas que componen un aerodeslizador:

#### ❖ **Subsistema de Casco o Bastidor**

La geometría para la construcción del casco puede ser de tipo:

- ✓ **Circular:** Normalmente diseñados para una sola persona. En este caso para el proyecto no se emplea esta dada la complejidad del diseño, ya que la más fácil de construir es la de tipo rectangular

Figura 88. Aerodeslizador de forma circular



(Fuente: Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189.](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189))

- ✓ **Rectangular:** Es la forma más simple y de fácil diseño y construcción.

Figura 89. Aerodeslizador de forma rectangular



(Fuente: Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189).)

- ✓ **Triangular:** Tiene una forma compleja, por lo que sus cálculos de diseño se hacen un poco más complejos. Pero la construcción de esta forma, se hace en especial para vehículos que se requieran trabajar grandes velocidades.

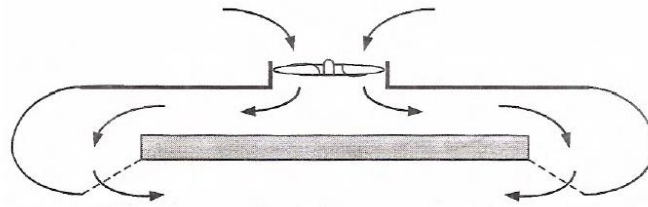
Figura 90. Aerodeslizador de forma triangular



(Fuente: Universal Hovercraft. Hovercraft Parts. [en línea], [citado 29 mayo 2017]. Disponible en internet: [http://hovercraft.com/content/index.php?main\\_page=index&cPath=189](http://hovercraft.com/content/index.php?main_page=index&cPath=189).)

El diseño de la estructura del casco más común es el que se presenta en la Figura 89. Esta estructura utiliza una balsa interna horizontal, lo que contiene dos ventajas; la primera es que la balsa provee una gran flotabilidad de forma que no es necesario preocuparse por que el vehículo se hunda si está en un medio como el agua. La segunda ventaja es que este tipo de estructura es muy rígida y de fácil construcción.

Figura 91. Estructura del Casco



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

Se deben considerar las dimensiones principales, además de que la estructura rígida es dividida en varias subestructuras dependiendo de los tipos de cargas soportadas y métodos de diseño.

El material de la estructura se toma por lo general dependiendo del uso que tenga el aerodeslizador. Los materiales pueden ser:

- Madera
- Fibra de vidrio
- Aluminio
- Poliuretano

#### ❖ **Subsistema de Falda**

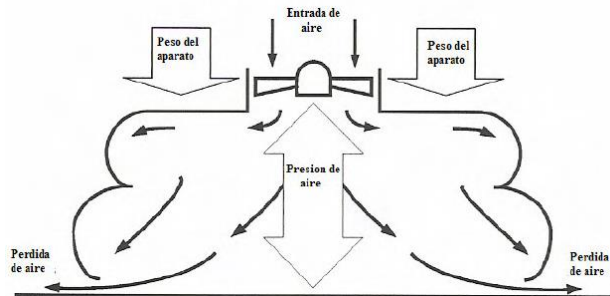
Consiste en una serie de fragmentos de materiales flexibles (polímeros blandos, plásticos, o elementos tejidos) que rodean el bastidor y dentro del cual el aire es alimentado desde la hélice o ventilador permitiendo entre otras cosas crear un cerramiento adecuado que dirija la salida del fluido de aire por debajo del casco de manera homogénea.

Cuando se enciende el ventilador, la falda se comienza a llenar de aire y así mismo el espacio comprendido entre el fondo del casco y la superficie, el cual inicialmente es sellado por la falda y el suelo. Al haber aire dentro de la falda, la presión debajo del casco aumenta alcanzando el punto en que la fuerza de la presión de aire actuando debajo del casco, es igual al peso del aerodeslizador que actúa sobre la falda. Al elevarse el sistema, debido al aire en la falda, este comenzará a escapar por debajo del borde de la falda.

La tasa de aire de entrada > La tasa de aire de escape

$$\text{Peso de aire en la cámara} > \frac{\text{Peso del aparato}}{\text{Superficie total del casco}}$$

Figura 92. Balance de fuerzas para mantener el aerodeslizador en suspensión



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

#### **Funciones de la falda:**

- ✓ Contener el aire debajo del aparato para lograr el GAP deseado (se denomina GAP a la distancia que separa la falda de la superficie), de forma homogénea a lo largo del perímetro del casco.
- ✓ Dar una adecuada estabilidad al aparato, independientemente de que el mismo este parado o en movimiento.
- ✓ Aumentar la separación física entre el bastidor y la superficie (altura de elevación) de forma de enfrentar los obstáculos eficazmente minimizando la pérdida de aire dentro del colchón y retornando rápidamente a su forma original para evitar el colapso del aparato.<sup>2</sup>

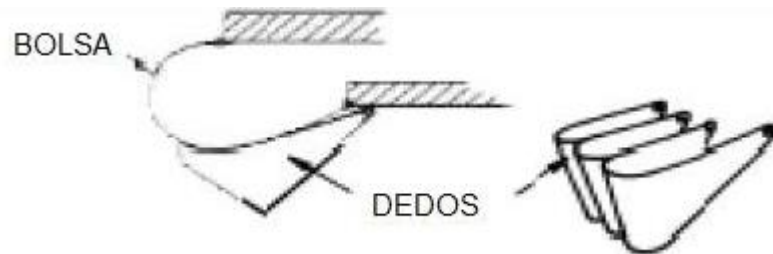
## Tipos de faldas:

Existen diferentes tipos de faldas, pero las más destacadas son:

- ✓ **Falda tipo dedo:** Serie de segmentos de material flexible que puede moverse individualmente y moldearse a la superficie sobre la cual se está moviendo. Los dedos traseros tienen una cobertura adicional en la parte inferior del casco, que cubre desde la superficie del casco hasta el borde de los dedos y sobresaliendo por la parte trasera para prevenir que se arrastre agua u algún otro material dentro del segmento, ya que esto provocaría el hundimiento del sistema.

Estas faldas requieren de una mayor potencia hidráulica dado a que existe una recirculación de aire al interior, lo que la hace hidráulicamente menos eficiente.

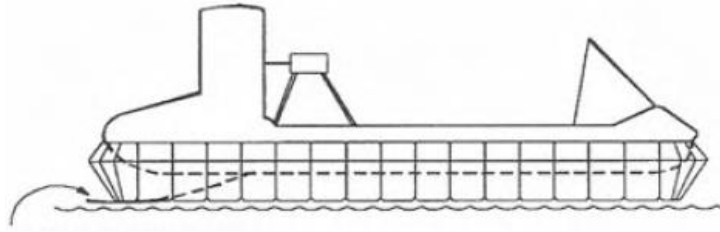
Figura 93.Falda tipo dedo



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.)

- 
- <sup>2</sup> RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica,2007.128p

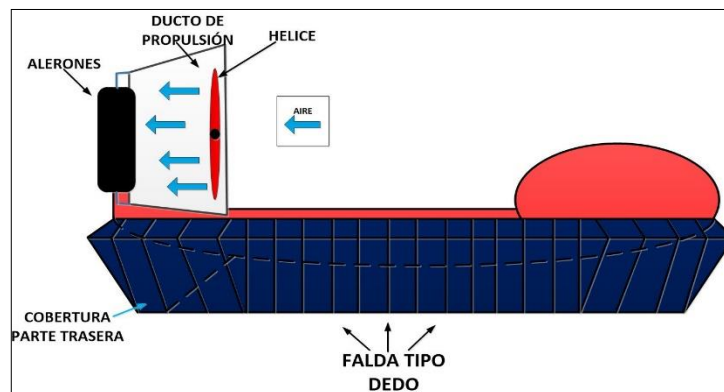
Figura 94. Falda tipo dedo en un Aerodeslizador



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

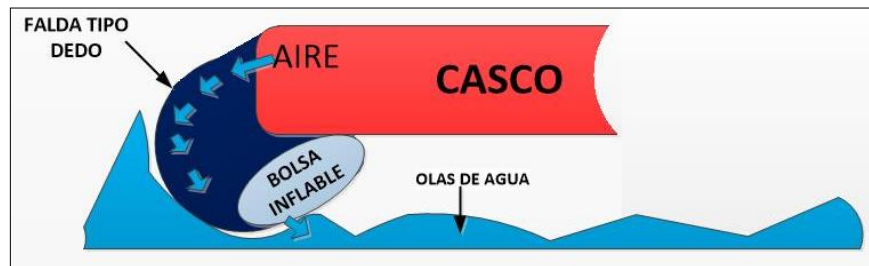
Los dedos traseros pueden presentar una cobertura adicional en la parte inferior del casco, de manera que cubrirá desde la superficie del casco hasta los dedos y también sobre saldrá de los mismos, impidiendo que se arrastre algún objeto extraño o agua, lo que ocasionaría el colapso del sistema.

Figura 95. Falda tipo dedo.



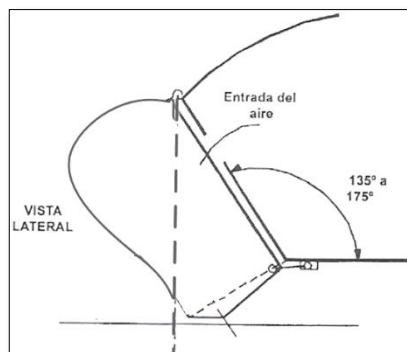
En ocasiones cuando se está sobre agua y se realiza un cambio brusco de velocidad, el conductor y algunos elementos del sistema pueden salir por la borda, debido a que se presenta un choque contra las olas con que se encuentre, y a esto se le conoce como volcamiento frontal y puede evitarse colocando bolsas de aire inflables en los dedos que se encuentre en el área frontal del sistema.

Figura 96. Bolsa Inflable en dedos de faldón frontal.



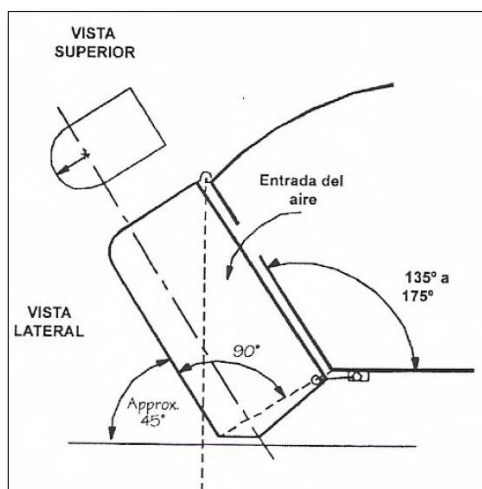
Existen dos tipos de dedos; el recto y el biconical. El segmento recto es el más fácil de diseñar y construir.

Figura 97. Falda biconical.



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

Figura 98. Falda Recta.

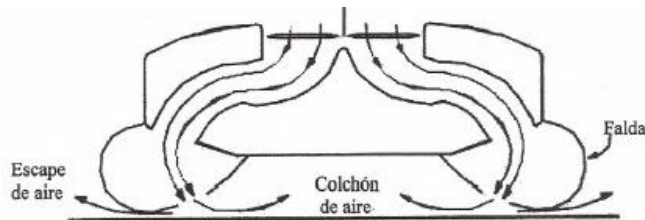


(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

- ✓ **Falda tipo bolsa:** Se tiene un ducto que es flexible, con una sección transversal de tipo circular. Cuando este tipo de falda sufre algún daño, el sistema puede colapsar completamente, dado a que es una falda de sección continua alrededor de la carcasa y al hacer mantenimiento sobre esta, se debe desmontar completamente en su totalidad.

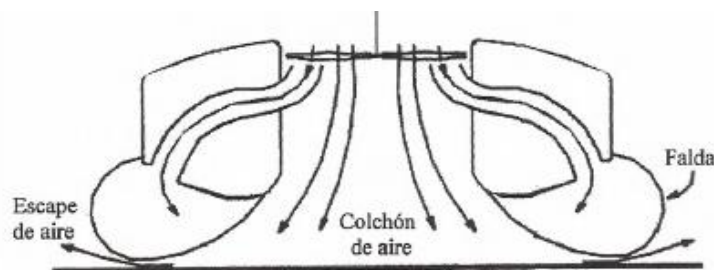
Esta falda puede alimentarse de dos formas, en serio o en paralelo. En serie el aire entra primero a la falda y luego al colchón de aire, mientras que en la de paralelo, el aire entra simultáneamente a la falda y al colchón.

Figura 99. Entrada de aire en serie en una falda tipo bolsa



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

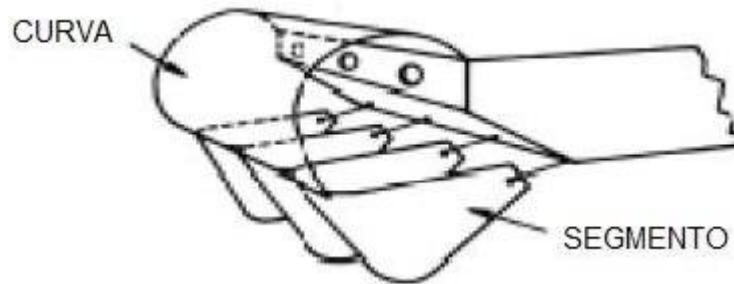
Figura 100. Entrada de aire en paralelo en una falda tipo bolsa



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

- ✓ **Falda de combinación bolsa-dedo:** Es una falda que presenta la mejor característica de la falda de bolsa y dedo, es decir, la estabilidad y el mantenimiento, seguridad y poco roce con el suelo.

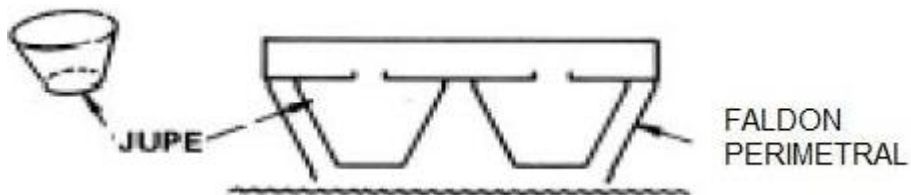
Figura 101.Falda tipo bolsa-dedo



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.)

- ✓ **Falda periférica**

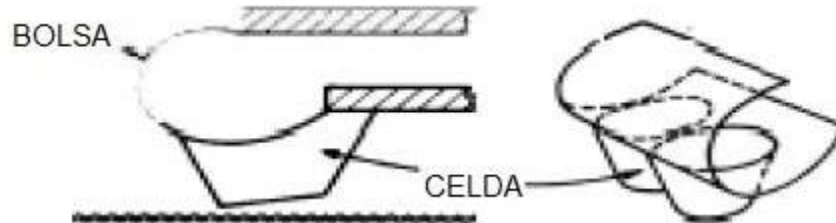
Figura 102.Faldón Perimetral



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.)

✓ **Falda tipo celda**

Figura 103.Faldón tipo Celda



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.)

❖ **Subsistemas de sustentación y propulsión.**

Los aerodeslizadores presentan dos diseños básicos, uno en el que se tiene una única fuente de poder para la sustentación y propulsión y otro en el que se usan motores independientes para cada una de esas funciones. Los dos tipos de motores que se usan para dar potencia en los aerodeslizadores, son los motores eléctricos y los motores de combustión o gasolina.

Figura 104.Motor Eléctrico



(Fuente: Inversiones Motor. Dixus Trifasico. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://invermotor.com/producto/dixus-trifasicos-1200-rpm-b14/>)

Figura 105. Motor de Gasolina de Aeromodelismo



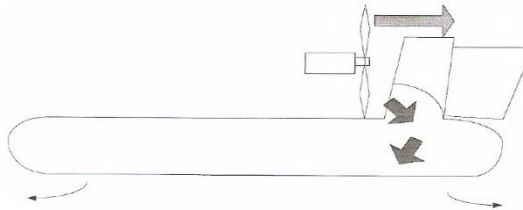
(Fuente: Aeromodelismo a Full. todo el aeromodelismo RC en un sólo lugar. [en línea], [citado 29 Julio 2017]. Disponible en internet: <http://aeromodelismoafull.blogspot.com.co/2012/06/nuevo-os-engines-120ax-special.html>)

Genera un flujo de aire que crea presión bajo el vehículo, es decir, en la sustentación del mismo, y de igual forma presión de aire para proporcionar la propulsión. Los ventiladores vienen en dos configuraciones básicas; centrífugos y axiales. También se puede emplear hélices aerodinámicas.

Se pueden posicionar de la siguiente manera:

- Usando un solo ventilador:

Figura 106. Ventilador para Suspensión y Propulsión



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

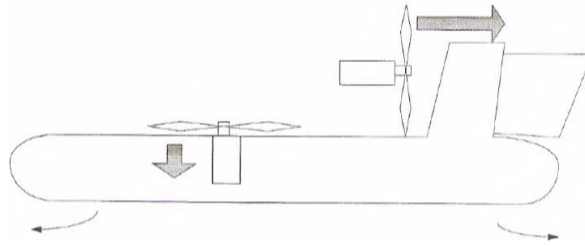
Es el tipo de configuración más usada cuando se habla de aerodeslizadores ultralivianos, de manera que una porción del aire proveniente de la propulsión se va a dividir por medio de un plato divisor para brindar aire al colchón.

El diseño de esta configuración se debe hacer con mucha precaución, ya que si el desarrollo del ducto de propulsión y el tipo de ventilador que se escoja no son los adecuados, el sistema tendrá problemas para efectuar un buen funcionamiento del mismo.

Lo bueno de esta configuración es que reduce el tamaño y peso del vehículo, pero deberá efectuarse un buen cálculo de la cantidad de aire que ira a la propulsión y a la sustentación.

- Usando dos ventiladores:

Figura 107. Aerodeslizador con dos ventiladores para Propulsión y Suspensión



(Fuente: RODRÍGUEZ, María Eugenia. Diseño de un aerodeslizador con sistema integrado de propulsión y sustentación. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales. Coordinación de Ingeniería Mecánica, 2007.128p.)

Este tipo de configuración permite total independencia de los subsistemas de propulsión y sustentación, de manera que se puede lograr tener el vehículo suspendido en completo reposo.

El uso de dos ventiladores hará que el vehículo deba tener un tamaño mucho más grande, ya que se requiere espacio para poder ubicar los dos sistemas.

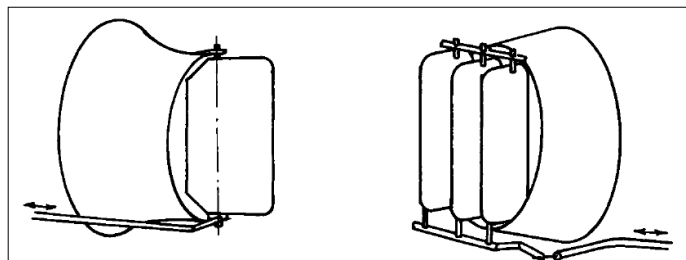
#### ❖ **Subsistemas de dirección y control.**

En un aerodeslizador se pueden emplear los siguientes elementos para dirección y control:

- ✓ Cambio de dirección
- ✓ Aceleración
- ✓ Controles de sustentación
- ✓ Elementos eléctricos y electrónicos
- ✓ Controles de operaciones mecánicas

El control del vehículo debe ser de gran facilidad y simplicidad para que pueda ser operado por el conductor y aun así que no exista peligro alguno cuando se esté tripulando o si llegado el caso el conductor se lanza por la borda. De manera que si se habla de la aceleración del vehículo esta debe requerir de un constante ajuste, de modo que dependiendo del caso puede ser sostenido por la mano o por el pie y dejara de funcionar cuando no se encuentre el piloto tripulando. Así mismo el timón debe ser tripulado por el piloto, que para el caso se hace con las manos. Al hablar del timón este puede referirse a dos cosas, es decir, puede ser conocido como el encargado de ser las veces de volante, así como se emplea en un automóvil, o puede ser empleado para dar dirección, que para el caso lo llamaremos alerones. El montaje del alerón debe estar en la estela que deja el ventilador que para el caso es el ventilador de propulsión. Para aerodeslizadores pequeños se puede llegar a emplear un solo alerón o de dos a cuatro alerones que lo que causaran es que el momento de giro sea mayor con menos perdida de empuje y esfuerzo muscular sobre el control del mismo, de manera que los alerones dirigirán el aire en una dirección u otra para dar dirección al vehículo. Se hace una recomendación para el punto de pivote en el alerón, en donde este punto debe estar a 1/3 del total del largo del alerón.

Figura 108. Timones de dirección o Alerones.



(Fuente: AMYOT, Joseph R. Hovercraft Technology, Economics and Applications. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo: Elsevier, 1989.p778.)

## ANEXO B. CARACTERÍSTICAS FIBRA DE VIDRIO CASCO.

Tabla 16. Características de la manta de fibra de vidrio.

<b>Material</b>	<b>Peso específico</b> $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right]$	<b>Resistencia a la tracción</b> $\left[\frac{\text{MN}}{\text{m}^2}\right]$	<b>Módulo de Young</b> $\left[\frac{\text{GN}}{\text{m}^2}\right]$	<b>Resistencia específica</b> $\left[\frac{\text{MN}}{\text{m}^2}\right]$
<b>Poliéster/Manta de fibra de vidrio.</b>	1.4	100	7	70

## ANEXO C. ESPECIFICACIONES DE LA ULTRALONA.

Figura 109. Descripción, aplicaciones y características de la Ultralona.

<b>Propiedad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Ancho	1.50 min.	m	NT 8.2.4-007*
Calibre	0.64± 0.03	mm	NT 8.2.4-032*
Peso	748± 47	g/m <sup>2</sup>	NT 8.2.4-033*
Tensión Longitudinal	1400	N/10cm	ASTM D 751
Elongación Longitudinal a ruptura	30	%	
Tensión Transversal	1300	N/10cm	
Elongación Transversal a ruptura	30	%	
Rasgado Longitudinal (Método Trapecio)	400	N	ASTM D5733
Rasgado Transversal (Método Trapecio)	400	N	
Adherencia longitudinal	35 min.	N/2.5cm	ASTM D 751
Tramos/Rollo	1	N.A.	N.A.
Marcas/Rollo	3 max.	N.A.	N.A.

Calle 61 Sur N° 43A - 290 Sabaneta Antioquia Colombia Tel. 3 78 86 86 Fax 2881303  
A.A. 95015 Medellín Nit. 890.906.119-6

(Fuente: Plástiquimicas. Ultralona. [en línea], [citado 1 enero 2017]. Disponible en internet: <http://www.plastiquimica.com.co/portal/index.php/es/ultralona.>)

Figura 110. Presentación, almacenamiento, vida útil y recomendaciones de la Ultralona

<b>ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO</b>	
Grabado	Liso Mate
Soporte	100% Poliéster
Características Principales	1. Resistencia a la luz UV: Protegido con agentes especiales y formulados con pigmentos resistentes a la luz UV.
	2. Resistencia a los hongos: Formulado con aditivos fungicidas. Protección en ambas caras en conformidad con ASTM G21
	3. Retardancia al fuego: Cumple con esta característica de acuerdo a la SAE J 369 de Noviembre de 2007.

NT: Norma Técnica PlastiQuímica  
NA: No aplica.

**PRESENTACION**

Cada rollo tiene 50 metros estándar de largo, protegido con polietileno.

**ALMACENAMIENTO Y VIDA UTIL**

Los rollos deben almacenarse en su empaque original, en área cubierta, en lugares frescos y libres de polución. Durante su manipulación se debe evitar que los rollos sufran caídas o golpes..

**RECOMENDACIONES**

Tener presente una adecuada manipulación para evitar daños prematuros del material como por ejemplo:

- Deterioro por arrastre de objetos pesados sobre el material. Evite arrastrar la carpa sobre pavimento o piedras.
- Contacto directo con fuentes de calor por encima de 60° C.
- Rompimiento por punzonamiento u objetos corto punzante. En el momento del corte para señalar el material no haga incisiones ya que estas propician el rasgado de la pieza.
- No hacer trazos con lapiceros o marcador, utilice lápiz o tiza.
- Secar la lona antes de almacenarla
- Evite someter la lona a cualquier tipo de fricción, como lazos de amarre, cajas o mercancías corto punzante
- Ataque químico por contacto con solventes orgánicos como acetato de etilo MEK, Tolueno, Xileno, THF, Thinner, Acetona, etc.
- No use betún, ni grasa para brillar
- Nunca lave la lona con solventes, se sugiere agua y shampoo o jabón neutro (suave).

los datos y la información presentados en esta hoja técnica corresponden a muestras analizadas y a la capacidad del proceso de elaboración, según los métodos descritos en la fecha de revisión. Los valores típicos deben ser tomados como una guía y no como propiedades de diseño. Estos valores son susceptibles de ser modificados. Esta información no exime al cliente de verificar las características del material para su aplicación específica.


---

Calle 61 Sur N° 43A - 290 Sabaneta Antioquia Colombia Tel. 3 78 86 86 Fax 2881303  
A.A. 95015 Medellín Nit. 890.906.119-6

(Fuente: PlastiQuímicas. Ultralona. [en línea], [citado 1 enero 2017]. Disponible en internet: <http://www.plastiquimica.com.co/portal/index.php/es/ultralona.>)


## ANEXO D. ESPECIFICACIONES DE LA LONA CALIFORNIA.

Figura 111. Ficha técnica de la lona californiana.

	<b>FICHA TÉCNICA</b>	<b>FT-05 V.01</b>
<b>CALIFORNIA</b>		
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b> laminado de PVC flexible por ambos lados, reforzado con tela 100% poliéster texturizado, tejido de punto.		
<ul style="list-style-type: none"><li>• 100% Impermeable</li><li>• Película de PVC Flexible por ambas caras.</li><li>• Protección biocida frente a bacterias, hongos y algas, según protocolos ASTM G 21 y ASTM G 22 o UNE EN ISO 846.</li><li>• Protección a la acción de los rayos ultravioleta (filtros U.V de alta calidad), que mejoran el comportamiento frente a la acción de los rayos solares (intemperie).</li><li>• Excelente proceso de soldadura por medio de; alta frecuencia (HF), aire caliente, cuña caliente y ultrasonido.</li></ul>		
<b>APLICACIONES:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración de Parasoles.</li><li>• Carpas planas y de uso general, donde no se requiera alta resistencia mecánica.</li></ul>		
<b>OPCIONAL:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollo de colores personalizados y productos a la medida, bajo pedido y con cumplimiento del lote mínimo de producción.</li><li>• Retardante al fuego según protocolo UL 94, nivel V0.</li></ul>		
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es recomendable utilizar alta frecuencia para las uniones, en caso de utilizar aire caliente, las uniones entre lonas deben tener un traslape de mínimo 3 cm y si se utiliza adhesivo garantice que el solvente se evapore totalmente antes de unir las piezas.</li><li>• En su limpieza use jabones suaves, tipo pH neutro, realice mantenimiento mínimo 3 veces al año.</li><li>• Los aditamentos que se utilicen no deben tener bordes cortantes o puntas que perforen o corten el material y generen degradación prematura.</li><li>• Los rollos de lona no deben sufrir procesos de arrastre contra el suelo para evitar deterioros por abrasión, al igual que contacto con objetos puntiagudos que puedan perforar el material.</li><li>• Evite el contacto con solventes orgánicos que deterioren el PVC; Acetato de Etilo, MEK, Tolueno, Xileno, THF, Thiner, Acetona, Ciclohexanona, entre otros.</li></ul>		
Teléfono: (574) 444 24 40 / Fax: (574) 232 86 73 Cr 44 28 – 36 / Medellín - Colombia	<a href="http://www.plastextil.com.co">www.plastextil.com.co</a>	Fecha de Act.: 12-07-2012 Página 1 de 2

(Fuente: Plastextil. Lona California. [en línea], [citado 29 junio 2017]. Disponible en internet: <http://plastextiltelasplasticas.com/product/lona-california/>.)

Figura 112. Continuación ficha técnica de la lona califonia.

		FICHA TÉCNICA		FT-05 V.01
<b>Continuación... CALIFORNIA</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siempre guarde los materiales limpios y secos.</li> <li>• El tamaño de rollo es una guía para inspección y empaque, <b>Plastextil S.A.S</b>, tiene la libertad de cortarlos en tamaños de mínimo 8m.</li> </ul>				
Característica	Especificación	Tipo	Unidades	Protocolo
Peso	480	I	g/m <sup>2</sup>	ASTM D - 751
Ancho	>= 150	C	cm	
Calibre	400	C	micras	ASTM D - 751
Grabado	Charol	I		
Resistencia a la Tensión (Rotura)	Longitudinal	I	N	ASTM D - 751
	Transversal			
Elongación a la Rotura	Longitudinal	I	%	
	Transversal			
Resistencia al Rasgado	Longitudinal	I	N	ASTM D - 751. Método Trapecio (ASTM D - 4533).
	Transversal			
Dureza (del recubrimiento)	80	I	Shore A	ASTM D - 2240
Rango de Temperatura	- 10 a 60	I	°C	
Tamaño de Rollo	50	I		
Tipo de Empaque	Polietileno de 100 micras			
Forma de Almacenamiento	Tipo Colmena			

Las especificaciones técnicas son obtenidas en nuestro laboratorio según nuestro conocimiento, a pesar de ello recomendamos a nuestros clientes su verificación antes de usar este producto. La desviación en las propiedades críticas (C) es de  $\pm 5\%$ , las propiedades informativas (I) son evaluadas con una periodicidad de 10000 m de producción acumuladas de la misma referencia. **Plastextil S.A.S**, se reserva el derecho de cambiarlas sin previo aviso, es importante verificar la vigencia de esta ficha antes de cualquier relación comercial.

---

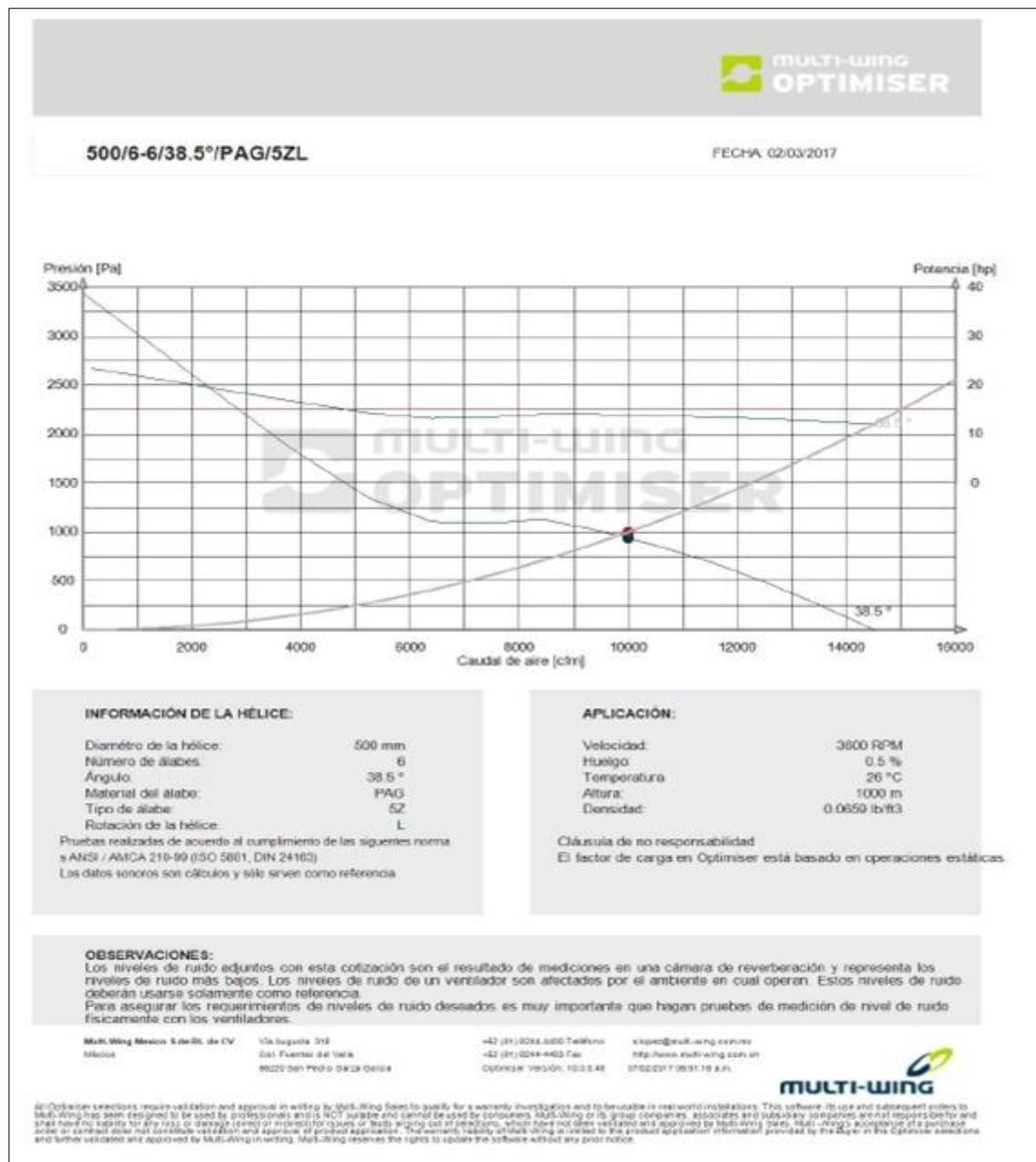
Teléfono: (574) 444 24 40 / [www.plastextil.com.co](http://www.plastextil.com.co)  
 Fax: (574) 232 86 73  
 Cr 44 28 – 36 / Medellín - Colombia

Página 2 de 2

(Fuente: Plastextil. Lona California. [en línea], [citado 29 junio 2017]. Disponible en internet: <http://plastextiltelasplasticas.com/product/lona-california/>.)

## ANEXO E. CARACTERÍSTICAS HÉLICE DE SUSTENTACIÓN.

Figura 113. Características hélice de sustentación.



(Fuente: Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017].

Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser.>)

Figura 114. Continuación características hélice de sustentación.



**500/6-6/38.5°/PAG/5ZL**
FECHA: 02/03/2017

**Actual punto de trabajo**

Caudal de aire	10000 cfm	Presión total	1240 Pa	Propagación	1/2 Esférica
Presión estática	937 Pa	Potencia	13.9 hp	Distancia / Unidad	1 m
Presión dinámica	300 Pa	Rendimiento	56 %	Presión acústica	91 SPL dB(A)

**DATOS DE FUNCIONAMIENTO:**

Velocidad periférica:	309 ft/s
Temperatura:	26 °C
Velocidad del aire:	78.8 ft/s
Torque:	20.3 lbf ft
Fuerza axial:	54.8 lbf

**LIMITES DE OPERACIÓN DE LA HÉLICE:**

Velocidad periférica:	391 ft/s (4552 RPM)
Temperatura:	-40°C - 90 °C
Recorrido del diámetro:	316 - 1054 mm
Álabe, factor de carga:	62.6 %
Núcleo, factor de carga:	N.A. %
Potencia, factor de carga:	N.A. %

**Datos estáticos de la hélice:**

Momento de inercia:	0.806 lb ft <sup>2</sup>
Fuerza centrífuga del álabe:	944 lbf
Factor de solidez:	0.46
Peso con tuje estándar:	5.33 lb

**INFORMACIÓN DE LA HÉLICE:**

Diametro de la hélice:	500 mm
Numero de álabes:	6
Ángulo:	38.5 °
Material del álabe:	PAG
Tipo de álabe:	5Z
Rotación de la hélice:	L

Pruebas realizadas de acuerdo al cumplimiento de las siguientes normas  
 • ANSI / AMCA 210-99 (ISO 5801, DIN 24163)  
 Los datos sonoros son cálculos y sólo sirven como referencia

**APLICACIÓN:**

Velocidad:	3600 RPM
Husillo:	0.5 %
Temperatura:	26 °C
Altura:	1000 m
Densidad:	0.0650 lb/ft <sup>3</sup>

**Cláusula de no responsabilidad**  
 El factor de carga en Optimiser está basado en operaciones estáticas.

**OBSERVACIONES:**  
 Los niveles de ruido adjuntos con esta cotización son el resultado de mediciones en una cámara de reverberación y representa los niveles de ruido más bajos. Los niveles de ruido de un ventilador son afectados por el ambiente en cual operan. Estos niveles de ruido deberán usarse solamente como referencia.  
 Para asegurar los requerimientos de niveles de ruido deseados es muy importante que hagan pruebas de medición de nivel de ruido físicamente con los ventiladores.

**Multi-Wing Mexico S de RL de CV**  
 México

Via Augusta 318  
 San Mateo de la Sierra  
 96222 San Pedro 2428 México

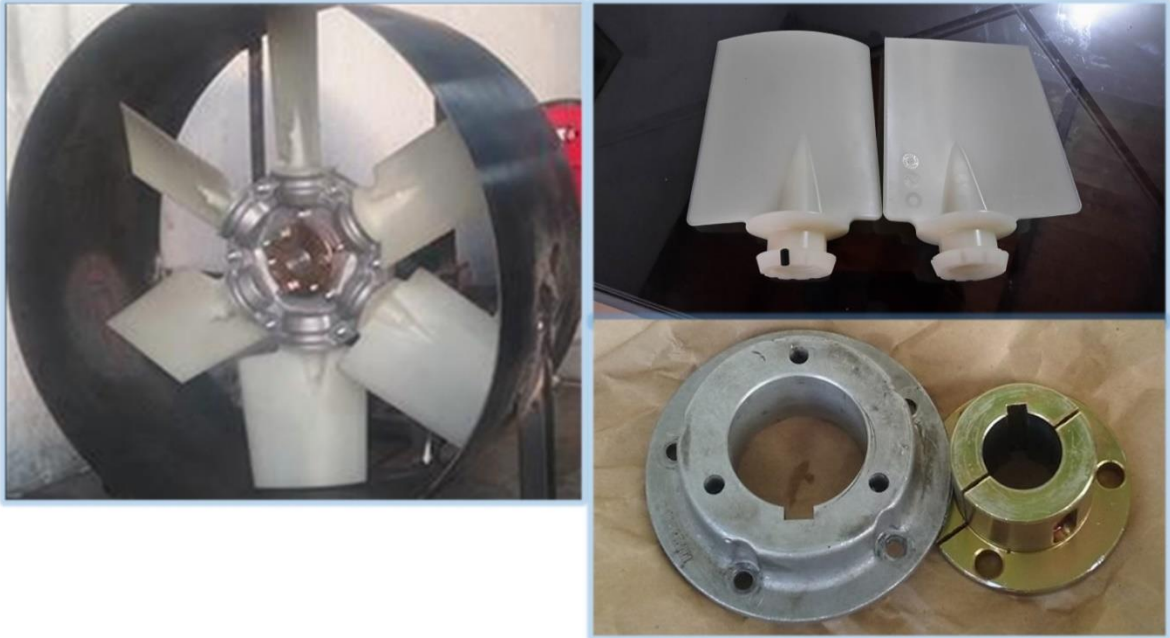
+52 (81) 8244.640 Teléfono  
 +52 (81) 8244.663 Fax  
 OPTIMISER Versión: 10.0.0.44 07/02/2017 09:31:18 a.m.



All Optimiser selections require validation and approval in writing by Multi-Wing. Multi-Wing does not qualify for a warranty investigation and is not suitable for re-work or installation. This software is for use and subsequent errors by Multi-Wing has been designed to be used by professional and is NOT suitable and cannot be used by consumers. Multi-Wing or its group companies, associates and subsidiary companies are not responsible for and shall have no liability for any loss or damage caused or incurred by users or third parties out of their fault, which have not been verified and approved by Multi-Wing. Multi-Wing's acceptance of a purchase order or contract does not constitute validation and approval of product application. Recommendations, validity of Multi-Wing is limited to the product application information provided by the design or the licensee selection and further validated and approved by Multi-Wing in writing. Multi-Wing reserves the right to update the software without any prior notice.

(Fuente: Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017].  
 Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Downloads/Optimiser.>)

Figura 115. Hélice de sustentación.



## ANEXO F. CARACTERÍSTICAS MOTOR DE SUSTENTACIÓN.

Tabla 17. Características motor de sustentación.

<b>Motor de sustentación.</b>	
Potencia Nominal [Hp]	15
Desplazamiento [cc]	420
Capacidad tanque combustible [L]	6.5
Horas continuas de trabajo	4.5 aprox.
Peso seco [Kg]	31
Rpm	3600
Tipo	4 tiempos
carburador	Flotador

Figura 116.Motor de sustentación.



## ANEXO G. TABLA DE PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA HÉLICE DE SUSTENTACIÓN.

Figura 117. Propiedades de la poliamida reforzada con fibra de vidrio


Poliamida reforçada con fibra de vidrio (PAG)	
Rango de temperatura: -40°C to +120°C Por favor, observar <b>factores de penalización</b> para temperaturas superiores a 40°C	
Características mecánicas (Dry as moulded):	
Resistencia a la tracción:	165 Mpa
Izod impact strength notched (a 23°C):	11.0 kJ/m <sup>2</sup>
Izod impact strength notched (a -30°C):	9.0 kJ/m <sup>2</sup>
Módulo E de tracción:	8.2 Gpa
Propiedades mecánicas (50% humedad relativa):	
Resistencia a la tracción:	100 Mpa
Izod impact strength notched (a 23°C):	17.0 kJ/m <sup>2</sup>
Izod impact strength notched (a -30°C):	9.0 kJ/m <sup>2</sup>
Módulo E de tracción:	5.6 Gpa
Los valores de las características mecánicas son los valores medios y pueden ser sujetos a modificaciones por usar distintos proveedores.	

(Fuente: Multi-Wing. Multi-Wing Optimiser. [en línea], [citado 29 julio 2017].  
Disponible en internet: <http://www.multi-wing.com/Products/FanMaterials/PAG.>)

## ANEXO H. CARACTERÍSTICAS ACOPLAMIENTO POR CADENA.


El acoplamiento de cadena C40-18 que se seleccionó, se basó en las sugerencias del catálogo Intermecc.

Figura 118. Acoples flexibles de cadena.


www.intermec.com.co

### ACOPLES FLEXIBLES PARA EJES TIPO DE CADENA

Los Acoples flexibles Intermecc® tipo de cadena constan de dos piñones con dientes endurecidos y tallados especialmente para permitir buen desalineamiento angular y paralelo. Una cadena estándar doble, también endurecida, sirve de elemento de unión convirtiéndolo en un acople ideal para transmitir alto torque a medias y bajas velocidades. Provistos de carcasa de aluminio para lubricación con grasa fluida, ofrecen mayor resistencia y duración.



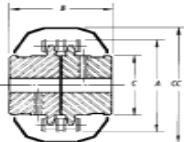


Fig. 1

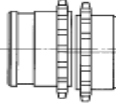


Fig. 2





Fig. 3



Asegúrese de no exceder las RPM máximas de cada acople

Referencia	Husco máximo permisible mm	Dimensiones principales en milímetros (Fig. 1)				Desalineamiento máximo permisible (figs. 2 y 3)		RPM máximas sin cerceza	RPM máximas con cerceza oloactuenta
		A	Con cerceza cc	B	C	Paralelo A mm	Angular B grados		
C35-18	31	63	73	55	43	0,20	1,5°	1200	4800
C40-18	41	84	95	70	59	0,27	2°	1000	4500
C50-18	43	95	112	100	63	0,30	2°	800	4000
C50-18	45	105	123	100	73	0,30	2°	800	3500
C60-18	57	127	142	125	88	0,35	2°	600	3000
C60-22	76	151	165	125	115	0,35	2°	500	2500
C80-18	80	168	185	140	115	0,40	2°	500	2000
C80-22	95	202	225	155	142	0,40	2°	400	1900
C100-20	110	232	275	175	160	0,55	2,5°	400	1600
C120-20	130	275	330	224	184	0,60	3°	300	1200
C160-20	190	375	440	350	225	0,60	3°	200	1000
C200-18	205	424	490	308	284	0,60	3°	200	800
C200-20	260	504	570	308	477	0,60	3°	100	600

(Fuente: Intermecc. Acoplamientos flexibles para ejes tipo de cadena. [en línea], [citado 12 junio 2017]. Disponible en internet: [https://www.intermec.com.co/pdf/acoples\\_cadena.pdf](https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_cadena.pdf))

Figura 119. Selección acoples tipo cadena.


www.intermec.com.co

### SELECCIÓN DE ACOPLES TIPO CADENA

En la mayoría de los casos basta seleccionar el tamaño de acople más pequeño que admita los ejes a acoplar sin exceder los diámetros máximos especificados. Sin embargo, para óptimos resultados aplique el siguiente procedimiento técnico de selección:




1. Escoja el factor de servicio en la tabla de la siguiente página según el motor y el equipo a acoplar.
2. Multiplique los caballos de fuerza a ser transmitidos por el factor de servicio elegido para obtener los "Caballos de fuerza de servicio".
3. En la tabla siguiente elija el tamaño de acople que transmita los caballos de fuerza calculados a las RPM a las que va a operar el acople.
4. Una vez seleccionado el acople, verifique en la columna de "Hueco Máximo Permisible" de la tabla de dimensiones en la página anterior, que el acople pueda alojar el eje mayor. De lo contrario, busque el siguiente acople más grande que admita los ejes a acoplar.

Factor de servicio	Equipo conducido		Fuente de poder		
	Tipo	Característica	Motor eléctrico o turbinas	Motor de combustión de 4 o más cil.	Motor diesel o a gas
<b>A</b>	Ventiladores centrifugos, secadores, bombas o transportadores con carga uniforme.	Carga uniforme -trabajo 8 horas/día, no reversible y torque bajo de arranque	1,0	1,5	2,0
<b>B</b>	Compresores, transportadores, cargas pulscantes, martinets, reductoras de velocidad, bombas de múltiples cilindros etc.	Carga no uniforme -trabajo 8 horas/día, choques o torsión moderada, no reversible. Este es el servicio más común.	1,5	2,0	2,5
<b>C</b>	Pranses, trituradores, carga de impacto, bombas para equipos petroleros	Carga de alto choque -trabajo 8 horas/día, Carga de altos picos de torque, reversibles con carga, arranques con carga	2,0	2,5	3,0

(Fuente: Intermec. Acoplamiento flexible para ejes tipo de cadena. [en línea], [citado 12 junio 2017]. Disponible en internet: [https://www.intermec.com.co/pdf/acoples\\_cadena.pdf](https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_cadena.pdf))

Figura 120. Selección del acoplamiento por medio de la velocidad y la potencia.

 www.intermec.com.co

Ref.	Revoluciones por minuto para Acoples Tipo Cadena Intermec																				
	10	25	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500	1800	2000	2500	3000	3600	4000	4800	
35-18	0,24	0,61	1,2	1,65	2,2	2,6	3	3,3	3,7	4,5	5,6	6,5	7,8	8,9	9,5	11	12	13	13	13	
<b>40-18</b>	0,44	1,1	2,2	2,97	3,9	4,7	5,4	5,9	6,7	7,9	10	12	14	16	17	20	21	23	23	23	
50-16	0,86	2,1	4,1	5,7	7,5	8,8	9,9	11	12	15	19	22	26	30	32	37	40	43			
50-18	1	2,6	5,6	7,2	9,3	11,2	13,3	14	16	19	24	28	34	38	41	47	51				
60-18	2	4,9	9,8	13	18	21,6	24	27	30	35	45	52	63	72	77	89					
60-22	2,9	7,4	15	21	27	32	36	40	45	54	68	78	94	107	115	133					
80-18	4,4	11	22	31	39	47	54	59	67	80	101	116	141	160	171						
80-22	6,5	16	33	45	60	71	80	89	100	119	151	174	210	239	256						
100-20	9,9	25	49	68	90	107	122	134	151	179	228	261	316	360							
120-20	22	55	111	154	202	242	274	302	339	404	514	589									
160-20	48	120	239	330	436	520	591	651	730	871	1107										
200-18	65	166	331	459	604	723	820	903	1012	1209											
200-20	100	249	496	687	906	1083	1228	1352	1516												
Lubricación	1	2			3					1. Intervalo de Lubricación: una vez al mes 2. Intervalo de Lubricación: una vez a la semana, se recomienda utilizar carcaza 3. Es imprescindible el uso de carcaza (cubierta) con abundante lubricación.											

(Fuente: Intermec. Acoplamientos flexibles para ejes tipo de cadena. [en línea], [citado 12 junio 2017]. Disponible en internet: [https://www.intermec.com.co/pdf/acoples\\_cadena.pdf](https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_cadena.pdf))

En donde se seleccionó un factor de servicio de 1.5 para una potencia de 15[Hp], de manera que aproximadamente se ingresa a las tablas con 23[Hp], para 3600[Rpm], lo que resulta en un acoplamiento de cadena C40-18.

Figura 121. Acoplamiento de cadena seleccionado.



Figura 122. Características del acoplamiento de cadena C40-18

Referencia	Hueco máximo permisible mm	Dimensiones principales en milímetros (fig. 1)				Desalineamiento máximo permisible (figs. 2 y 3)		RPM máximas sin carcaza	RPM máximas con carcaza oleoactuante
		A	Con carcaza cc	B	C	Paralelo A mm	Angular B grados		
C35-18	31	63	73	56	43	0,20	1,5°	1200	4800
C40-18	41	84	95	70	59	0,27	2°	1000	4500

(Fuente: Intermecc. Acoplamientos flexibles para ejes tipo de cadena. [en línea], [citado 12 junio 2017]. Disponible en internet: [https://www.intermec.com.co/pdf/acoples\\_cadena.pdf](https://www.intermec.com.co/pdf/acoples_cadena.pdf))

## ANEXO I. CARACTERÍSTICAS POLEAS POLY-V.

Figura 123. Polea Poly-V 6pk



### **Polea:** Poly-V 6pk

El tipo de polea se seleccionó según el catalogo Poly V HUTCHINSON, de donde se sacaron las características generales de la polea, para que luego la maquinaran. De manera que el maquinado de la polea se hizo sobre un bloque cilíndrico de fundición nodular.

Para elegir el tipo de correa se debe escoger un factor de servicio, de manera que, según la siguiente imagen, se elige un factor de servicio de 1.5, para un motor de clase A y categoría 4, con un funcionamiento continuo de más de 16 horas.

Figura 124. Determinación del factor de servicio.

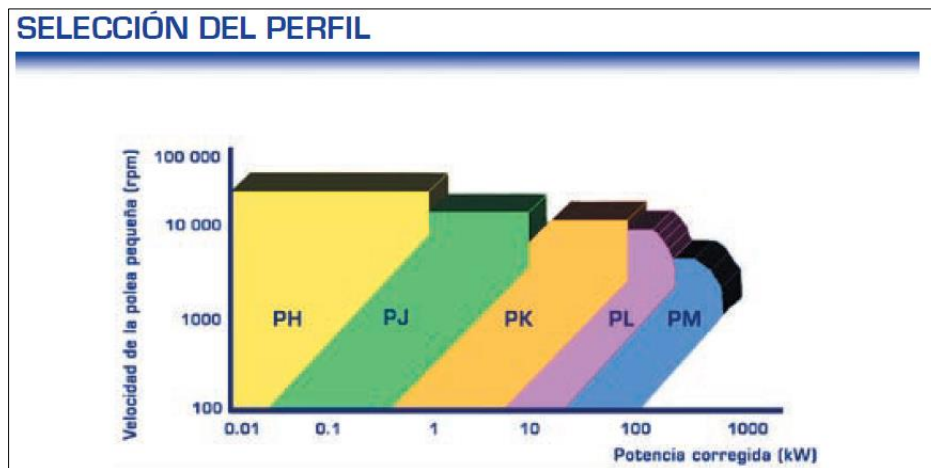
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SERVICIO						
CLASE MOTOR	CLASE A			CLASE B		
	Motores de corriente continua	Bobinado shunt			Bobinado compound Bobinado serie	
Motores de corriente alterna	De par mediano Síncronos Asíncronos			De par elevado De mando vectorial De reluctancia		
	Motores térmicos	Multicilindros Regimen > 700 rpm			Monocilindro Regimen < 700 rpm	
Otros	Turbina Motor D.C Brushless			Ejes paralelos Embragues		
CATEGORÍA RECEPTOR <i>(Determinada mediante los siguientes ejemplos)</i>	TASA DE SERVICIO					
	Intermitente < 10 horas	Normal 10 a 16 horas	Continua > 16 horas	Intermitente < 10 horas	Normal 10 a 16 horas	Continua > 16 horas
<b>Categoría 1 : CARGAS UNIFORMES LIGERAS</b> - Ventiladores centrífugos - Transportadores ligeros - Aspiradoras - Agitadores magnéticos - Extractores de aire	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<b>Categoría 2 : CARGAS UNIFORMES MEDIAS</b> - Máquinas herramienta - Bandas transportadoras - Generadores - Elevadores industriales - Bombas rotativas - Compresores rotativos	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<b>Categoría 3 : CARGAS IRREGULARES</b> - Ventiladores axiales - Máquinas de amasar - Bicicletas estáticas - Maquinaria para madera - Barras para hormigón - Rotativas para imprimir	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5
<b>Categoría 4 : CARGAS MUY IRREGULARES</b> - Tomas de mano - Mezcladoras - Bombas con ámbolos - Compresores con ámbolos - Cintas elevadoras - Montacargas	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6
<b>Categoría 5 : CARGAS MUY IRREGULARES CON GRANDES SOBRECARGAS</b> Máquinas agrícolas (segadoras trifurcadas...) - Caucho industrial (buznadores, calendas...) - Material de exploración - Material de dragados - Trituradoras - Excavadoras	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.8

*Nota : Un factor de servicio de 2.0 es necesario para cualquier otro equipamiento que permita un bloqueo de la máquina receptiva.*

(Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Entonces para una potencia de 42[Hp] y un factor de 1.5, se tiene una potencia de 63[Hp], es decir, 47[KW], con lo se realiza la selección del perfil de la polea entrando con 3600[Rpm] y 47[KW]. De manera que proporciona un perfil PK.

Figura 125. Selección del perfil.



(Fuente: (Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Figura 126. Características perfil PK.



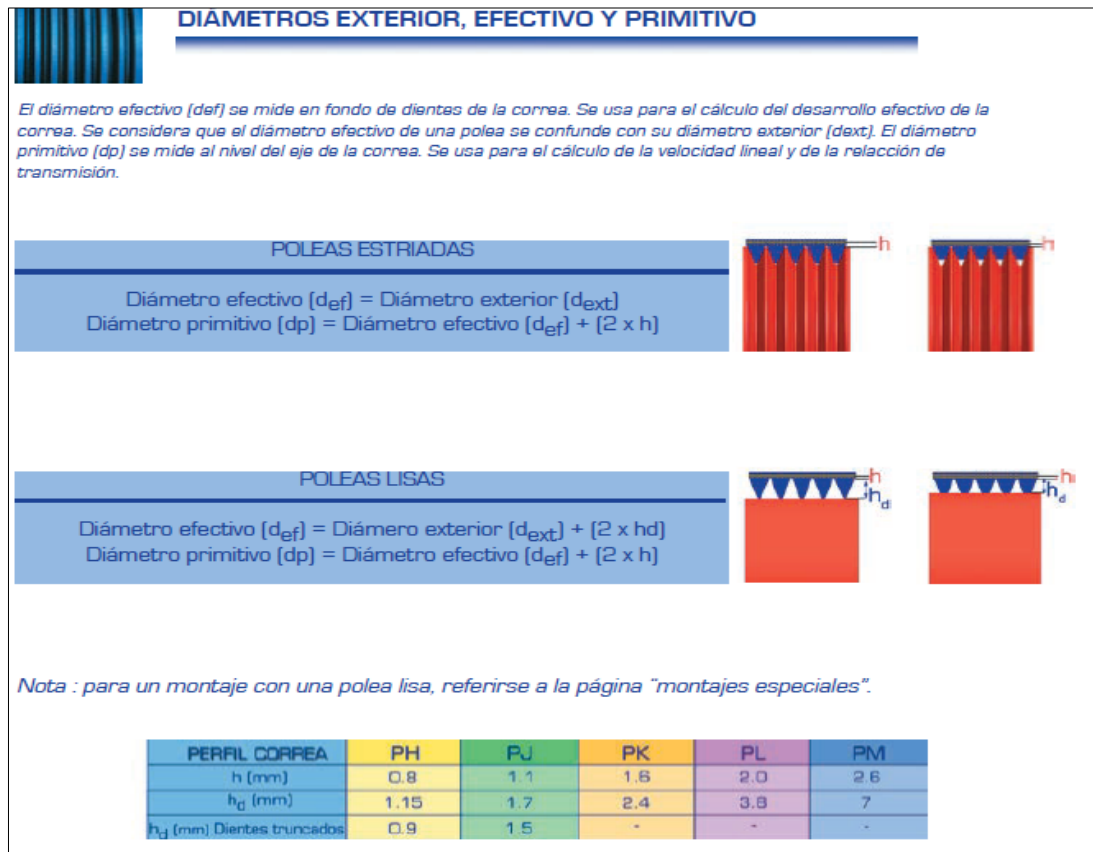
(Fuente: (Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Figura 127. Aplicaciones perfil PK.

PERFIL PK	
- Tractores	- Equipos agrícolas (molidor de granos, sembradoras, pulverizadoras)
- Ventiladores	- Máquinas-herramientas
- Climatizadores	- Montacargas
- Sierras para hormigón	- ULM
- Sierras para suelos	- Frigoríficos
- Compresores (<30 kW)	- Lavadoras industriales
- Autorefrigerantes	- Jet ski - Motores marítimos

(Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Figura 128. Diámetros de la polea.



(Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Ahora se determina el diámetro exterior de la polea pequeña en [mm] a través de la siguiente tabla, en donde se ingresa con 50[KW] Y 4000[Rpm], ya que son los valores más cercanos respecto de los que se tienen. De modo que brindó un diámetro de 118[mm].

Figura 129. Determinación del diámetro de la polea pequeña a partir de la potencia y la velocidad.

		Régimen $n^{(1)}$ (rpm)													
		100	300	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
Potencia corregida $P_c$ (kW)	0,25	45	40	35,5	35	31,5	30	30	25	25	25	25	25	20	20
	0,5	60	50	45	45	40	35,5	35	31,5	31,5	30	30	30	25	25
	0,75	67	60	56	50	45	40	40	40	35,5	35	31,5	31,5	31,5	30
	1	75	63	60	56	50	45	45	40	40	35,5	35,5	35	35	31,5
	2	95	80	75	67	63	60	56	50	50	45	45	45	40	40
	3	112	95	85	80	75	67	60	60	56	50	50	50	45	45
	4	125	106	95	85	80	71	67	63	60	56	56	56	50	50
	5	140	112	100	90	85	80	71	67	63	60	60	56	56	50
	7,5	160	125	118	106	100	90	80	75	71	71	67	63	60	60
	10	180	140	125	118	106	95	90	85	80	75	71	71	67	63
	12,5	160	150	140	125	118	106	95	90	85	80	75	75	71	71
	15	200	160	150	132	125	112	100	95	90	85	80	80	75	71
	20	224	180	160	150	132	118	112	106	100	95	90	85	80	80
	25	250	200	170	160	150	132	118	112	106	100	95	90	85	85
	30	250	212	180	170	150	140	125	118	112	106	100	95	90	90
	35	280	224	190	180	160	140	132	125	118	112	106	100	95	95
40	280	236	200	180	170	150	140	125	118	118	112	106	100	95	
45	315	236	212	190	180	160	140	132	125	118	112	106	106	100	
50	315	250	224	200	180	160	150	140	132	125	118	112	106	106	
60		250	236	212	190	170	160	150	140	132	125	118	112	112	
70		280	250	224	200	180	160	150	140	140	132	125	118	112	
80		280	250	236	212	190	170	160	150	140	132	132	125	118	
90		315	280	236	224	200	180	170	160	150	140	132	125	125	
100		315	280	250	224	200	180	170	160	150	140	140	132	125	
125		355	315	280	250	212	200	180	170	160	150	150	140	132	

(Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet: <http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

Con el diámetro de 118 se ingresa a la tabla del tipo de polea estándar, en donde se escoge en número de dientes de la polea, a partir del perfil que se seleccionó anteriormente que fue PK, con lo cual se eligió 6 dientes, ya que con un número

más grande de dientes, ocasionara una polea más ancha, de modo que se necesitara más espacio para el montaje y aumentara el peso de la misma.

Figura 130. Numero de dientes de la polea según el diámetro de la polea pequeña.

Diámetro efectivo (mm)	PERFIL PJ						PERFIL PK						PERFIL PL						PERFIL PM									
	Número de dientes						Número de dientes						Número de dientes						Número de dientes									
	4	6	8	10	12	16	20	4	6	8	10	12	16	20	4	6	8	10	12	16	20	4	6	8	10	12	16	20
20	•	•	•		•	•																						
25	•	•	•		•	•																						
30	•	•	•		•	•																						
35	•	•	•		•	•																						
40	•	•	•		•	•																						
45	•	•	•		•	•																						
50	•	•	•		•	•		•		•																		
56	•	•	•		•	•		•		•																		
60	•	•	•		•	•		•		•																		
63	•	•	•		•	•		•		•																		
67	•	•	•		•	•		•		•																		
71	•	•	•		•	•		•		•																		
75	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•										
80	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•										
85	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
90	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
95	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
100	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
106	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
112	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•									
118	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•	•								
125	•	•	•		•	•		•		•					•	•	•	•	•	•								

(Fuente: Hutchinson. Poly-V. [en línea], [citado 12 marzo 2017]. Disponible en internet:<http://pdf.directindustry.es/pdf/hutchinson/poly-v-correa-todas-industrias/11998-287457.html>)

## ANEXO J. CARACTERÍSTICAS HÉLICE DE PROPULSIÓN.

La Tabla 18 presenta las características principales de la hélice de propulsión y en la Figura 131 se aprecia cómo es la hélice. De esta hélice no se tienen muchas características, debido a que es fabricada de forma artesanal en Santander a partir de otras hélices, es decir, se hacen copias de otras hélices y se realizan algunas variaciones para lograr el empuje.

Tabla 18. Hélice de propulsión.

<b>Hélice de Propulsión</b>	
Material	Madera
Nº de aspas	2
Diámetro hélice [m]	1.64
Rotación Hélice	Izquierda
Máxima RPM	3200
Fuerza de Empuje [kg]	160
Diámetro de ducto [m]	1.70
Velocidad Promedio [m/s]	20.39

Figura 131. Hélice de propulsión.

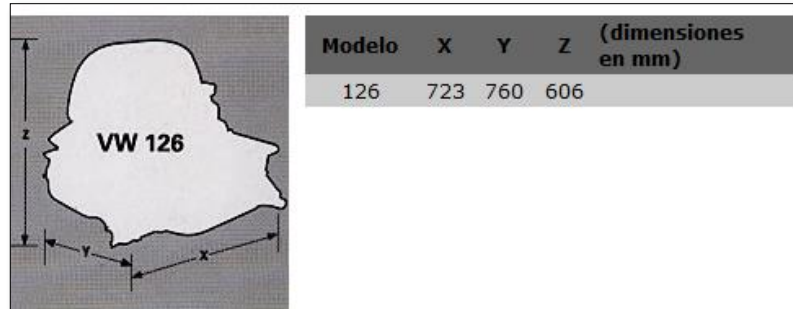


## ANEXO K. CARACTERÍSTICAS MOTOR DE PROPULSIÓN.

Tabla 19. Especificaciones de VW tipo 126

<b>TIPO</b>	<b>Volkswagen 126</b>
Diámetro de cilindros	85.5 [mm]
Carrera	69 [mm]
Cilindrada	1584 [cm <sup>3</sup> ]
Relación de compresión	6.6:1
Velocidad media de los pistones	3000 [RPM] 6.9 $\left[\frac{m}{s}\right]$
<b>POTENCIA</b>	
Máxima @ 4000 [RPM]	33 [Kw] / 44[Hp]
Continuo@ 3600 [RPM]	31 [Kw] / 42 [Hp]
Continuo @3000[RPM]	29.4 [Kw] / 39.4 [Hp]
Continuo @2500[RPM]	26 [Kw] / 34.8 [Hp]
Continuo @2000[RPM]	21[Kw] / 28 [Hp]
<b>VELOCIDAD</b>	
Máxima	4000 [RPM]
Máxima en servicio continuo	3600 [RPM]
Mínima en servicio continuo	2000 [RPM]
Marcha lenta (vacío)	875 ± 75 [RPM]
<b>REFRIGERACIÓN</b>	
Sistema	Ventilador radial

Figura 132. Dimensiones de VW tipo 126.



(Fuente: Emisa.Volkswagen. [en línea], [citado 29 julio 2017]. Disponible en internet: <http://www.emisa.mx/catalogo/iveco/index.html>)

Figura 133. Potencia Vs RPM motor VW 126.

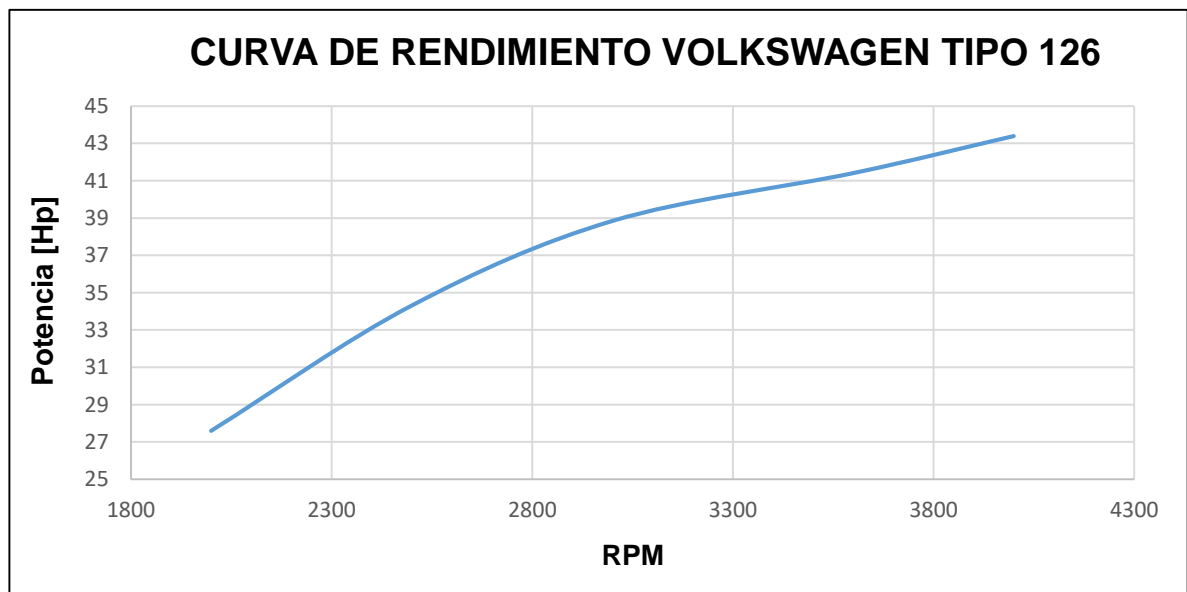


Figura 134.Motor de propulsión.



## ANEXO L. REJILLA DE PROTECCIÓN PARA SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.

La rejilla de protección del subsistema de propulsión está hecha en malla rombo plástica, dado a que es económica, versátil, de fácil instalación y debido a los aditivos UV con los que cuenta, permite que pueda estar a la intemperie sin sufrir daños por el sol. La malla que cubre el ducto de la hélice de propulsión, según los objetivos planteados debe soportar una carga distribuida en un espacio de 10x10[cm] de 450[N], es decir, 45[kg] aproximadamente, de manera que se hizo la prueba con esta malla y soporta una carga mayor a los 50[kg] sin sufrir algún daño significativo, la Figura 135 ilustra el tipo de malla y la forma en que se distribuyó la fuerza sobre ésta. Por otro lado la Figura 136 presenta las dos pruebas que se le realizaron a la malla.

Figura 135.Malla rombo plástica.



Figura 136. Prueba en malla rombo plástica.

**PRUEBA 1**



**BALANZA DIGITAL CON  
43.15[Kg]**



**PESO PRUEBA  
MOSTRADO EN LA  
BALANZA**



**PRUEBA EN MALLA CON  
43.15[Kg]**

**PRUEBA 2**



**BALANZA COLGANTE**

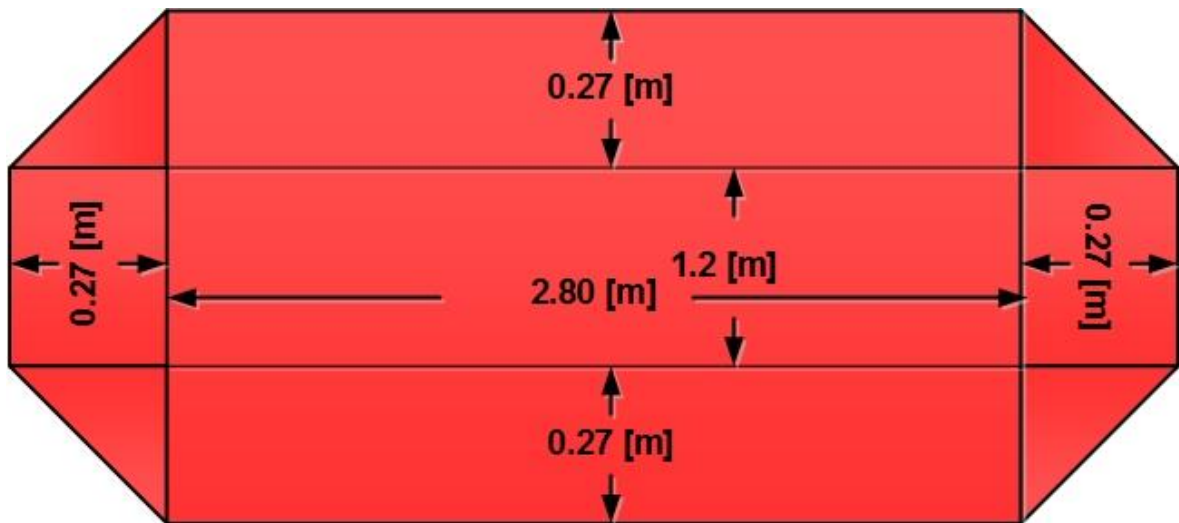


**PRUEBA EN MALLA CON  
50[Kg]**

## ANEXO M. CALCULO DEL CENTROIDE Y DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS EN EL CASCO.

Lo primero que se hizo fue el cálculo del centroide del casco, de manera que se tienen en cuenta la forma y dimensiones que se aprecian en la Figura 137 (parte izquierda del casco en la Figura 137 representa la proa), en donde la base está conformada por un cuadrado y dos trapecios.

Figura 137. Forma del casco y dimensiones en vista superior.



La Figura 138 muestra los centroides que hacen parte del cuadrado y de los dos trapecios que forman el casco, así como el eje de coordenadas del cual se partirá a hacer los cálculos respectivos para las posiciones en X y Y.

Figura 138. Ubicación del eje de coordenadas y los respectivos centroides de cada pieza.

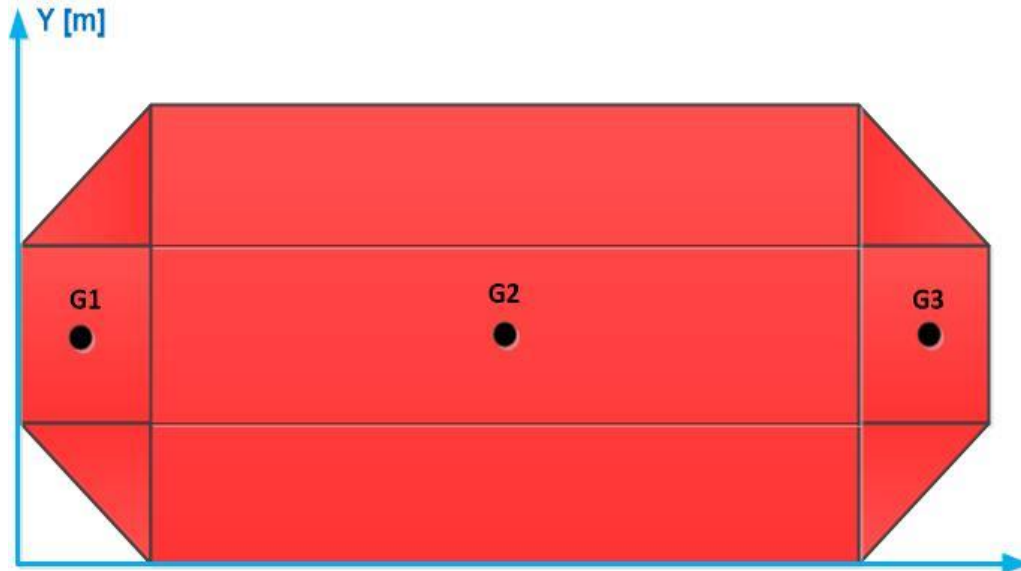


Tabla 20. Áreas de los componentes respecto de los ejes de coordenadas

Componente	Área [m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [m]	$\bar{y}$ [m]	$\bar{x} * A$ [m <sup>3</sup> ]	$\bar{y} * A$ [m <sup>3</sup> ]
Trapezio 1	0.39	0.135	0.87	0.053	0.34
Cuadrado	4.87	1.67	0.87	8.13	4.24
Trapezio 3	0.39	3.205	0.87	1.25	0.34
<b>Total</b>	<b>5.65</b>			<b>9.43</b>	<b>4.92</b>

Con lo anterior se halla el centroide respecto a X y Y.

$$\bar{X} * \sum A = \sum \bar{x} * A$$

$$\bar{X} * (5.65) = 9.43$$

$$\bar{X} = 1.67[\text{m}]$$

$$\bar{Y} * \sum A = \sum \bar{y} * A$$

$$\bar{Y} * (5.65) = 4.92$$

$$\bar{Y} = 0.87[\text{m}]$$

Entonces el centroide del casco estará localizada en:  $\bar{X} = 1.67[\text{m}]$  y  $\bar{Y} = 0.87[\text{m}]$ .  
La referencia de  $\bar{X}$  servirá para localizar el momento del vehículo.

### Distribución de las cargas:

Al distribuir cada una de las cargas de los subsistemas del aerodeslizador, se toma un punto de referencia que puede ser la popa para comenzar a calcular los momentos en el vehículo.

Figura 139. Distribución de cargas sobre estructura.

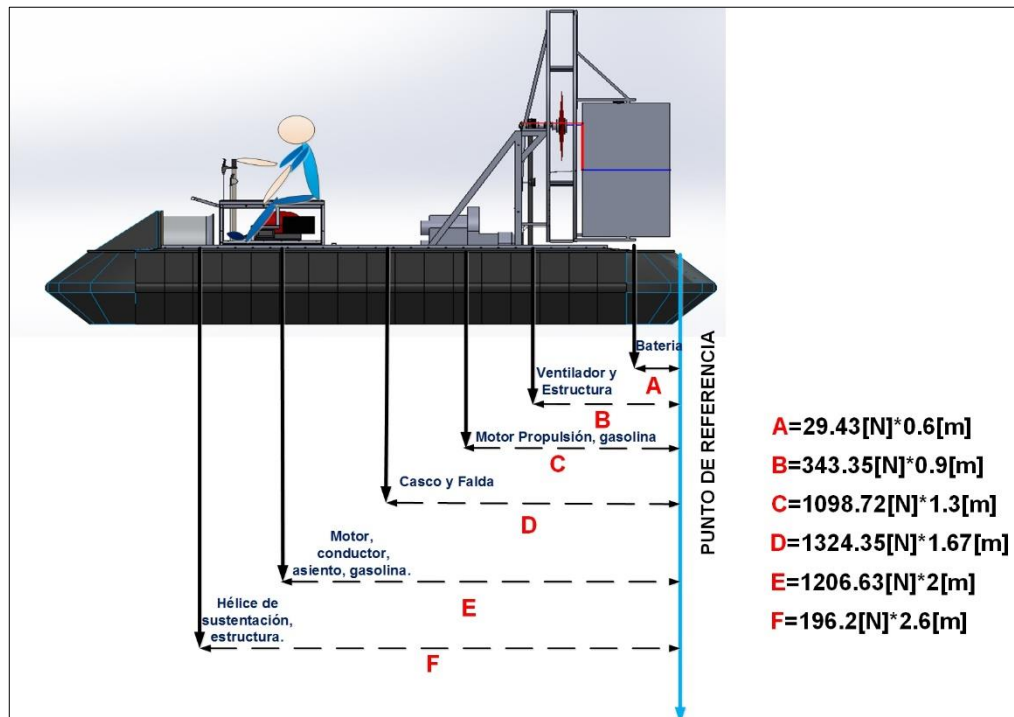


Tabla 21. Momento de los componentes a través del vehículo

COMPONENTE	Peso[Kg]	Carga [N]	$\bar{x}[m]$	$\bar{x}[m]*[N]$
Batería.	3	29.43	0.6	17.658
Ventilador y estructura (Propulsión)	35	343.35	0.9	309.015
Motor (Propulsión), gasolina	112	1098.72	1.3	1428.336
Casco y falda	135	1324.35	1.67	2211.6
Motor, conductor, asiento, gasolina	126	1236.06	2	2472.12
Hélice de sustentación y estructura.	20	196.2	2.6	510.12
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>	<b>4228.11</b>		<b>6948.849</b>

$$\bar{X} * \sum W = \sum \bar{x} * W$$

$$\bar{X} * (4228.11) = 6948.849$$

$$\bar{X} = 1.64[m]$$

Entonces según lo anterior el centroide de la estructura con carga estaría localizado a  $\bar{X} = 1.64[m]$ .

## ANEXO N. RESISTENCIA DE LOS EJES DE SUSTENTACIÓN Y PROPULSIÓN.

### EJE DE SUSTENTACIÓN.

Potencia a transmitir: 15[Hp]=20.13 [KW]

Numero de revoluciones: 3600[Rpm]

Constante: 9550

Presión de hélice: 1240[Pa]

Área de hélice= 0.1963 [m]

Peso hélice: 3[Kg]

Peso acoplamiento de cadena: 1[Kg]

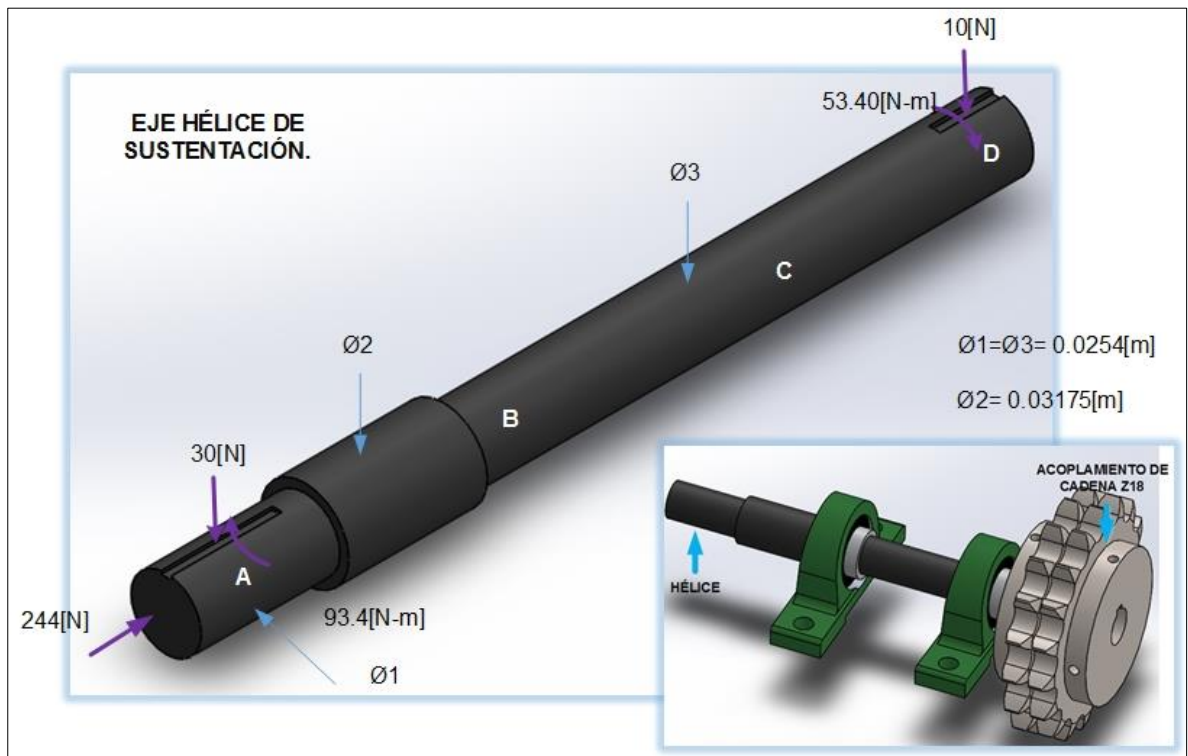
$$T_{\text{eje sustentación}} = \frac{\text{Pot} * k}{n} = \frac{20.13 * 9550}{3600} = 53.40[\text{N} - \text{m}]$$

$$F_{\text{empuje hélice}} = P * A = 1240 * \pi * 0.25^2 \cong 244[\text{N}]$$

$$W_{\text{Hélice}} = 3[\text{Kg}] * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 30[\text{N}]$$

$$W_{\text{Acoplamiento}} = 1[\text{Kg}] * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 10[\text{N}]$$

Figura 140. Distribución de cargas sobre el eje de sustentación.



Para carga axial:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$244 - B_x = 0$$

$$B_x = 244[N]$$

Torsión:

$$T_{\text{entrada en D}} = T_{\text{salida en A}} = 53.4[N - m]$$

**Flexión plano X-Y:**

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_B + R_C - 10 - 30 = 0$$

$$R_B + R_C = 40[\text{N}]$$

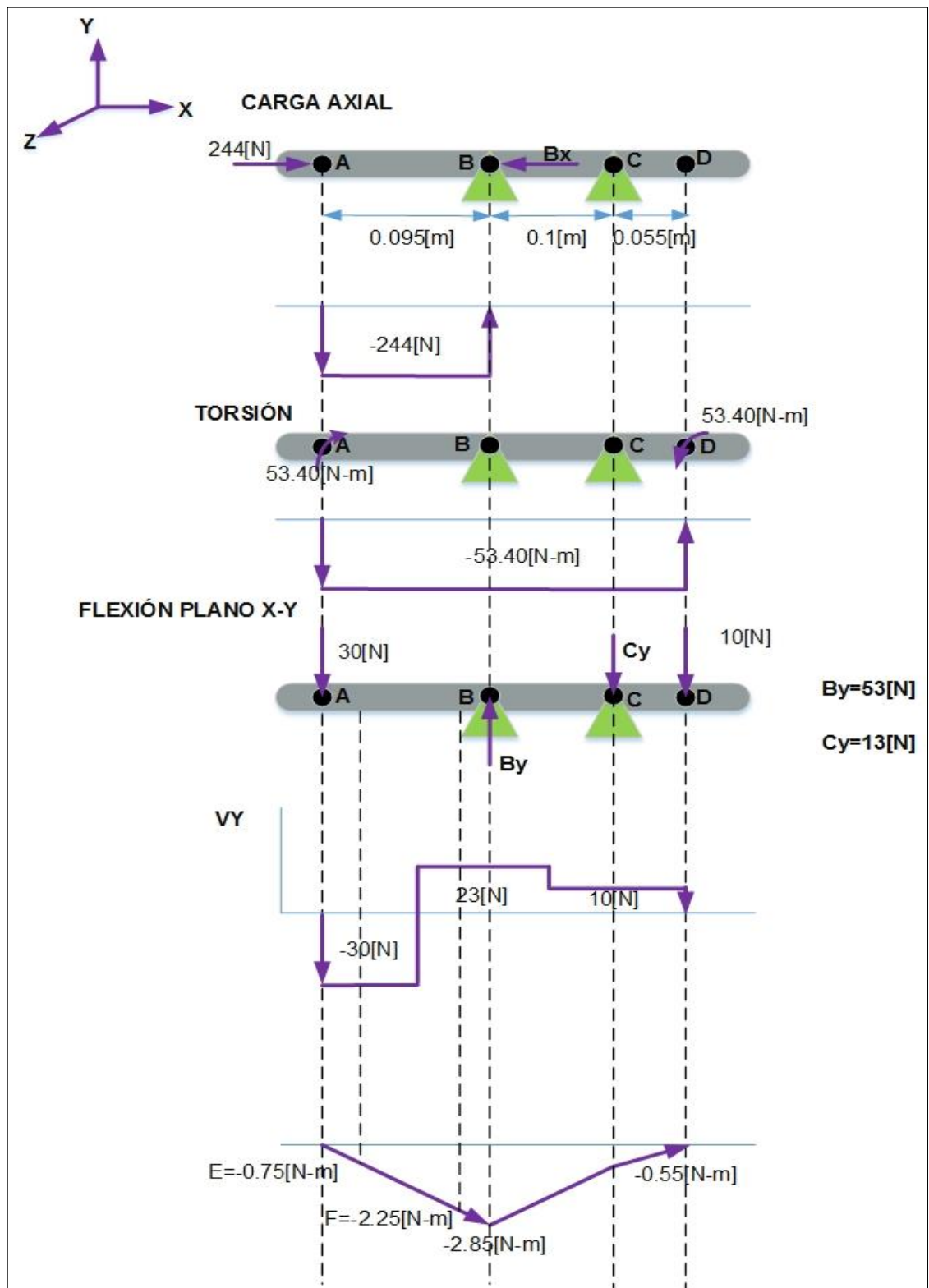
$$\Sigma M_C \cup (+) = 0$$

$$-10 * 0.055 + 30 * 0.185 - R_B * 0.1 = 0$$

$$\mathbf{R_B = 53[\text{N}] \uparrow}$$

$$\mathbf{R_C = -13[\text{N}] = 13[\text{N}] \downarrow}$$

Figura 141. Resistencia sobre eje de sustentación.



**Punto crítico:**

- **Muesca:**

$$MTF=2.25[\text{N-m}]$$

$$TF=53.40[\text{N-m}]$$

- **En eje:**

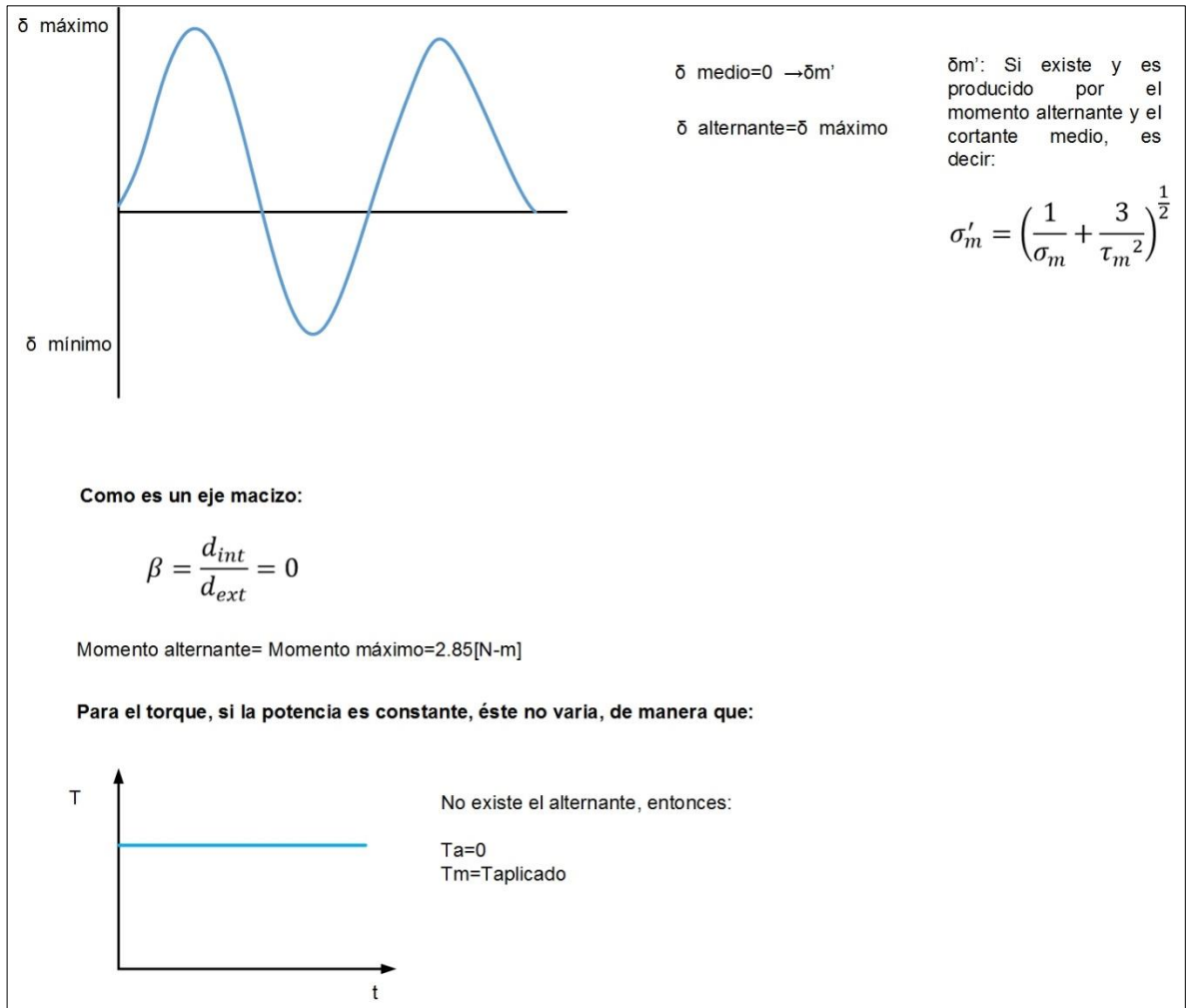
$$MTB=2.85[\text{N-m}]$$

$$TB= 53.40[\text{N-m}]$$

**FATIGA:**

Entonces según los momentos resultantes, se puede observar que el punto que fallara a fatiga es el punto B y la muesca F, debido al momento que presenta. Por efectos de cálculo se revisa si el eje falla a fatiga por medio de la ecuación de Goodman-Misses, donde se revisa el factor de seguridad sobre el eje, para así verificar si los diámetros que se escogieron son los adecuados para las cargas. La Figura 142 presenta los momentos y los torques alrededor del eje.

Figura 142. Momentos y torques.



Entonces partiendo de la Figura 142, la ecuación para determinar el factor de seguridad nos queda:

$$d = \left[ \frac{32 * N}{\Pi} * \left[ \left( \frac{K_f * M_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{T_m}{2 * S_{ys}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Se cuenta con un eje de acero 1045 cold rolled, normalizado y maquinado en frío.

$$S_{ut}=630[\text{Mpa}]$$

$$S_y=530[\text{Mpa}]$$

**Factores:**

**Ka, Kb, Kc, Kd, Ke, Kf, Se'.**

$$K_a = a * S_{ut} * b = 4.51 * 630^{-0.265} = 0.817$$

$$\mathbf{K_a = 0.817}$$

$$K_b = 1.51 * d e^{-0.157} = 1.5(9.39^{-0.157}) = 1.06$$

$$d e = 0.37 * d = 0.37 * 25.4 = 9.39$$

$$\mathbf{K_b = 1.06}$$

$$\mathbf{K_c = 1}$$

$$K_d = \frac{ST}{SRT} @ 50^\circ\text{C} = 1.010$$

$$\mathbf{K_d = 1.010}$$

$$\mathbf{K_e = 1}$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

q se escoge en la figura (6-20) con  $r=3[\text{mm}]$  y  $S_{ut}=630[\text{Mpa}]$  y para  $K_f$  se accede a la tabla A-15-8, ingresando con  $r/d=3/25.4=0.118$  y con  $D/d=31.75/25.4= 1.25$  del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley 8va edición.<sup>14</sup>

$$\mathbf{q = 0.85}$$

$$\mathbf{K_t = 1.7}$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) = 1 + 0.85 * (1.7 - 1) = 1.6$$

$$\mathbf{K_f = 1.6}$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5 * 630 = 315[\text{MPa}]$$

---

<sup>14</sup> BUDYNAS, Richard y NISBETT, Keith. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shirley. Mexico.: McGraw Hill, Octava edición, 2008.1082p.

$$Se' = 315 \text{ [MPa]}$$

$$Se = 0.817 * 1.06 * 1 * 1.010 * 1 * 1.6 * 315 = 440 \text{ [MPa]}$$

$$Se = 440 \text{ [MPa]}$$

$$Sys = \frac{Sy}{2} = \frac{530}{2} = 265 \text{ [MPa]}$$

Aplicando la ecuación de Goodman-Misses:

- Para B:

$$0.0254 = \left[ \frac{32 * N}{\pi} * \left[ \left( \frac{1.6 * 2.85}{440 * 10^6} \right)^2 + \left( \frac{53.40}{2 * 265 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$N=15.97$$

- Para F:

$$0.0254 = \left[ \frac{32 * N}{\pi} * \left[ \left( \frac{1.6 * 2.25}{440 * 10^6} \right)^2 + \left( \frac{53.40}{2 * 265 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$N=16$$

De manera que el punto más crítico vendría a ser el punto B, mas sin embargo un factor de seguridad de 15, representa un factor alto, de manera que difícilmente el eje fallara.

## EJE DE PROPULSIÓN:

Potencia a transmitir: 42[Hp]=31 [KW]

Numero de revoluciones: 3200[Rpm]

Constante: 9550

Fuerza de empuje de la hélice: 1560[N]

Peso hélice: 5[Kg]

Peso polea Poly-V 6pk: 2[Kg]

$$T_{\text{eje propulsión}} = \frac{\text{Pot} * k}{n} = \frac{31 * 9550}{3200} = 93.4[\text{N} \cdot \text{m}]$$

$$W_{\text{Hélice}} = 5[\text{Kg}] * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 49.05[\text{N}]$$

$$W_{\text{Polea}} = 2[\text{Kg}] * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 19.62[\text{N}]$$

Figura 143. Fuerzas F1 y F2 en la transmisión de polea.

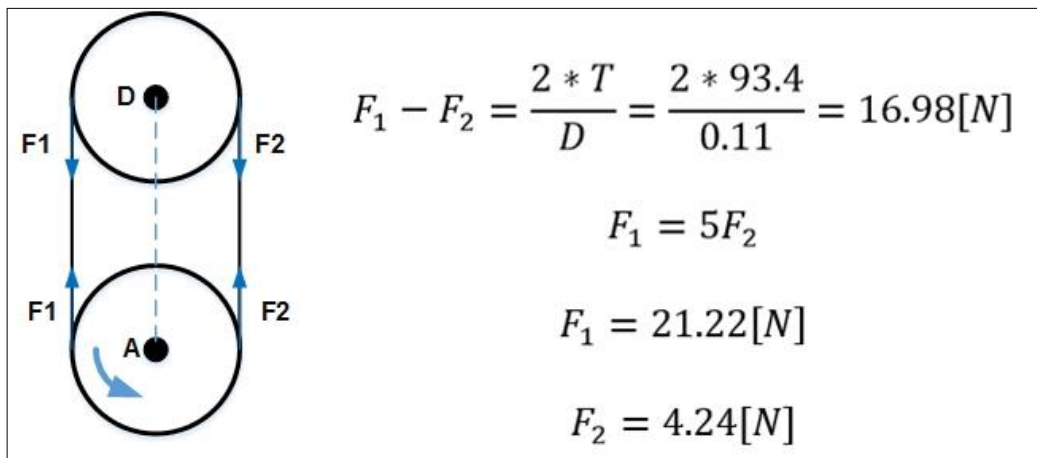


Figura 144. Fuerzas sobre la polea D.

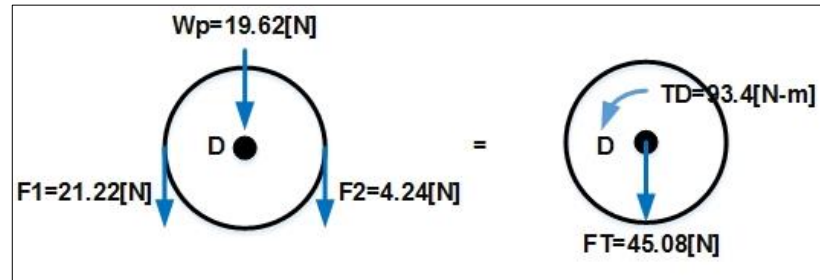


Figura 145. Distribución de cargas sobre el eje de propulsión.

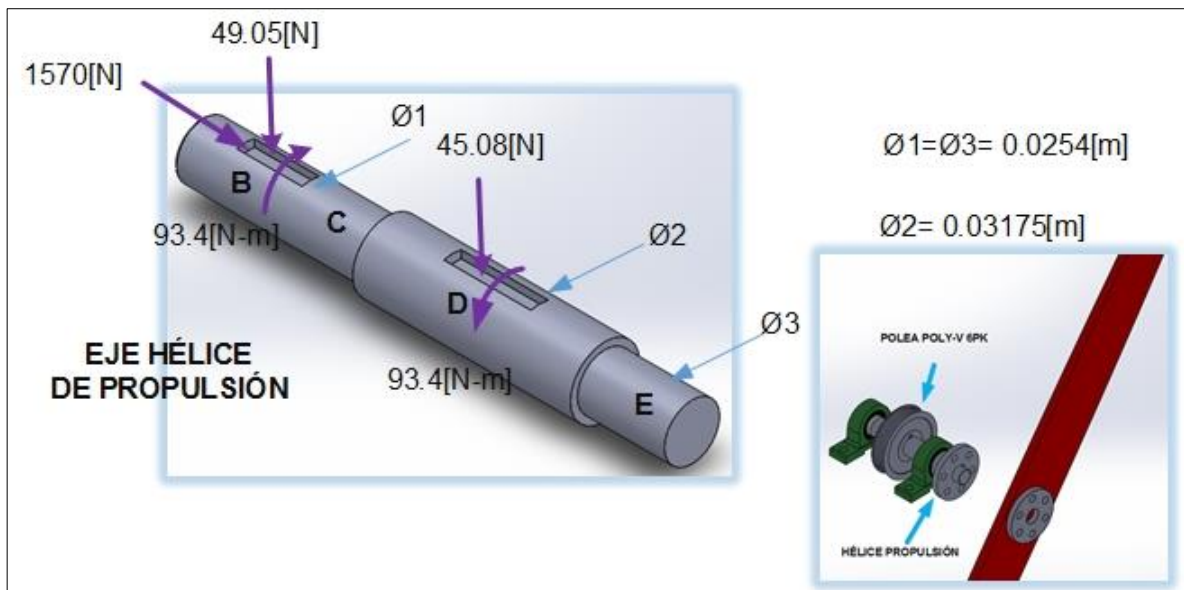
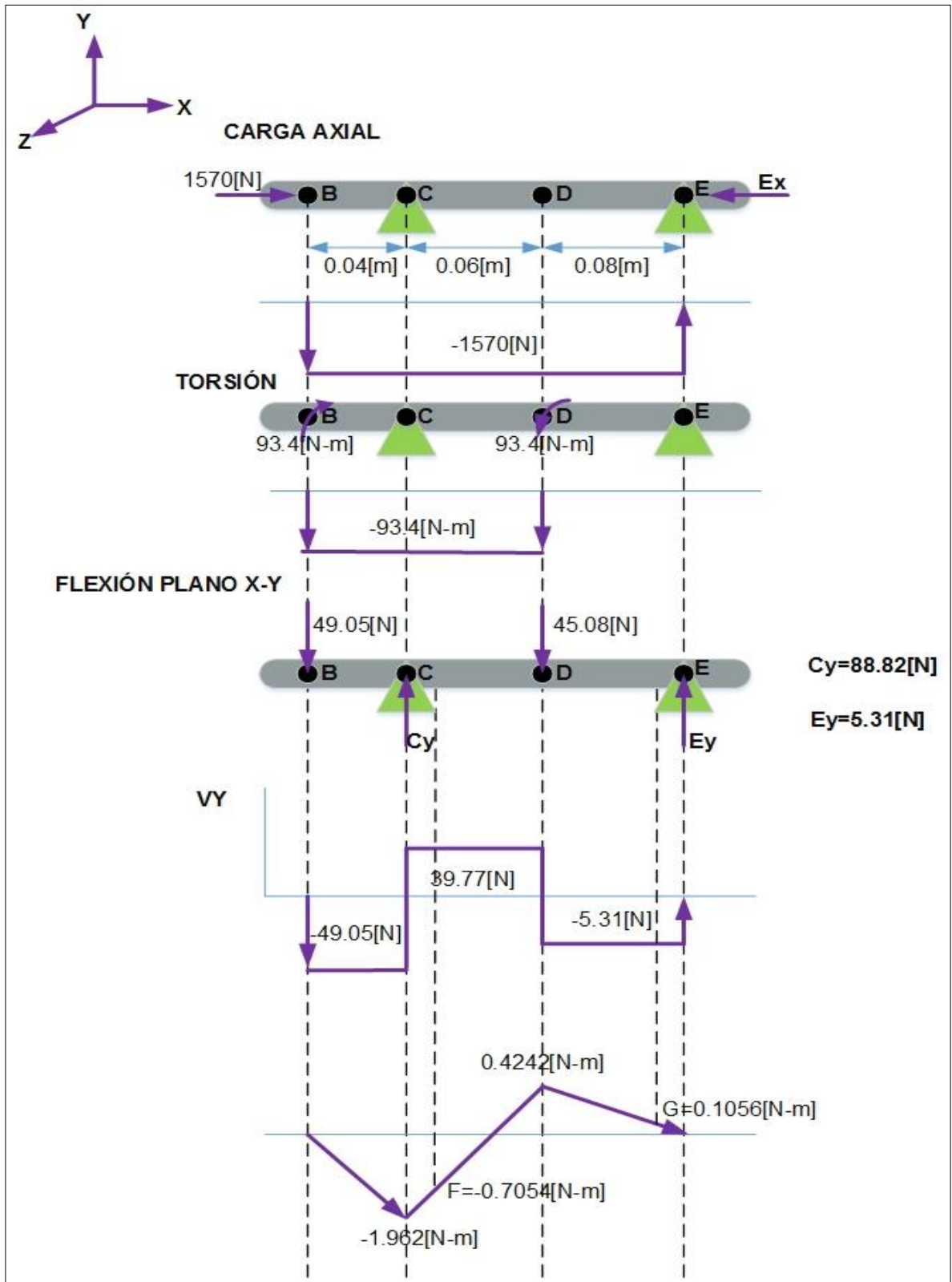


Figura 146. Resistencia sobre eje de propulsión.



### Punto crítico:

- **Muesca:**

$$MTF=0.7054[\text{N-m}]$$

$$TF=93.4 [\text{N-m}]$$

- **En eje:**

$$MTC=1.962[\text{N-m}]$$

$$TC= 93.4 [\text{N-m}]$$

### FATIGA:

Entonces según los momentos resultantes, se puede observar que el punto que fallara a fatiga es el punto C y la muesca F, debido al momento que presenta. Por efectos de cálculo se revisa si el eje falla a fatiga por medio de la ecuación de Goodman-Misses, donde se revisa el factor de seguridad sobre el eje, para así verificar si los diámetros que se escogieron son los adecuados para las cargas. Se procede con el procedimiento que se efectuó para hallar los factores en el eje de sustentación.

Se cuenta con un eje de acero 1045 cold rolled, normalizado y maquinado en frío.

$$S_{ut}=630[\text{Mpa}]$$

$$S_y=530[\text{Mpa}]$$

### Factores:

**Ka, Kb, Kc, Kd, Ke, Kf, Se'.**

$$K_a = a * S_{ut} * b = 4.51 * 630^{-0.265} = 0.817$$

$$\mathbf{K_a = 0.817}$$

$$K_b = 1.51 * d e^{-0.157} = 1.5(9.39^{-0.157}) = 1.06$$

$$d_e = 0.37 * d = 0.37 * 25.4 = 9.39$$

$$\mathbf{K_b = 1.06}$$

$$\mathbf{K_c = 1}$$

$$K_d = \frac{ST}{SRT} @ 50^\circ\text{C} = 1.010$$

$$\mathbf{K_d = 1.010}$$

$$\mathbf{K_e = 1}$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1)$$

q se escoge en la figura (6-20) con  $r=3[\text{mm}]$  y  $S_{ut}=630[\text{Mpa}]$  y para  $K_f$  se accede a la tabla A-15-8, ingresando con  $r/d=3/254=0.118$  y con  $D/d=31.75/25.4= 1.25$ .

$$\mathbf{q = 0.85}$$

$$\mathbf{K_t = 1.7}$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) = 1 + 0.85 * (1.7 - 1) = 1.6$$

$$\mathbf{K_f = 1.6}$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 0.5 * 630 = 315[\text{MPa}]$$

$$\mathbf{S_e' = 315 [\text{MPa}]}$$

$$S_e = 0.817 * 1.06 * 1 * 1.010 * 1 * 1.6 * 315 = 440[\text{MPa}]$$

$$\mathbf{S_e = 440[\text{MPa}]}$$

$$\mathbf{S_{ys}} = \frac{S_y}{2} = \frac{530}{2} = 265[\text{MPa}]$$

Aplicando la ecuación de Goodman-Misses:

- Para C:

$$0.0254 = \left[ \frac{32 * N}{\Pi} * \left[ \left( \frac{1.6 * 1.962}{440 * 10^6} \right)^2 + \left( \frac{93.4}{2 * 265 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$N=9.12$$

- Para F:

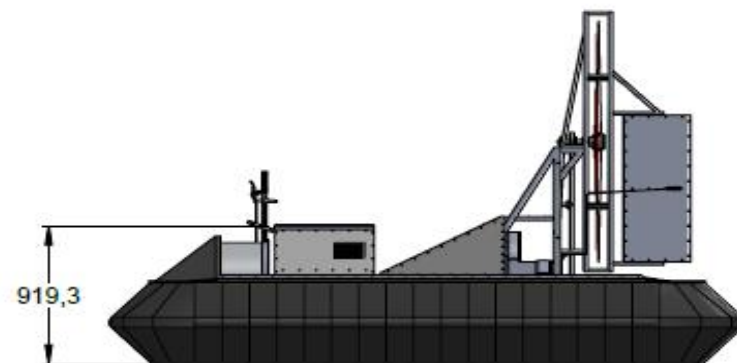
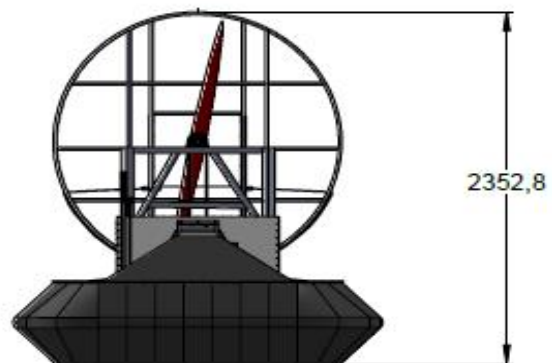
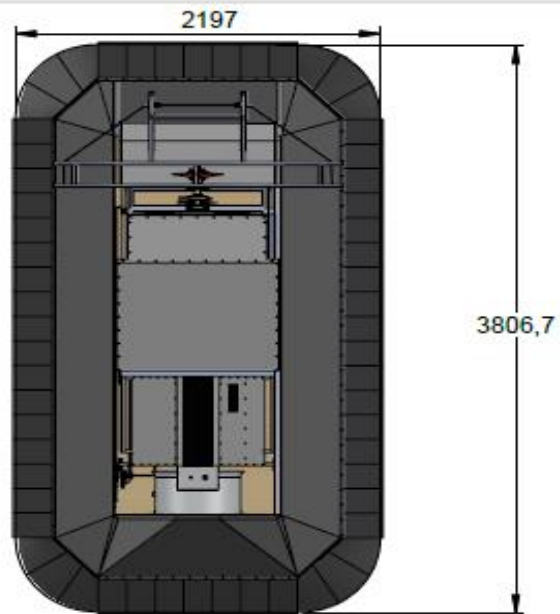
$$0.0254 = \left[ \frac{32 * N}{\Pi} * \left[ \left( \frac{1.6 * 0.7954}{440 * 10^6} \right)^2 + \left( \frac{53.10}{2 * 265 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$N=9.1279$$

De manera que el punto más crítico vendría a ser el punto F, mas sin embargo un factor de seguridad de 9, representa un factor alto, de manera que difícilmente el eje fallara.

## **ANEXO O. PLANOS GENERALES DEL AERODESLIZADOR.**

A continuación, se adjuntan los planos del diseño del modelo CAD desarrollado en este proyecto, el cual incluye un plano explosionado del prototipo de aerodeslizador ultraliviano y los planos de los subsistemas del vehículo; subsistema de casco, subsistema de falda, subsistema de sustentación, subsistema de propulsión, subsistema de dirección y control.



Universidad  
Industrial de  
Santander



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

GENERAL

PIEZA N° 0

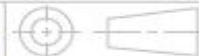
MATERIAL:  
Varios

ESCALA: 1:40

MEDIDAS EN: mm

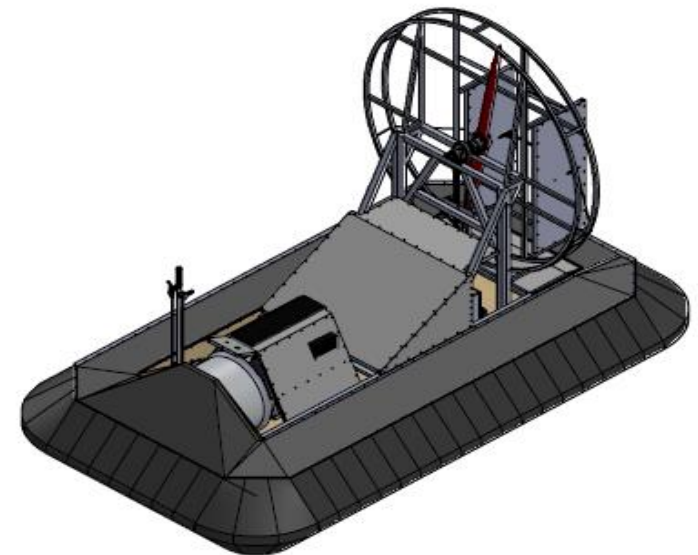
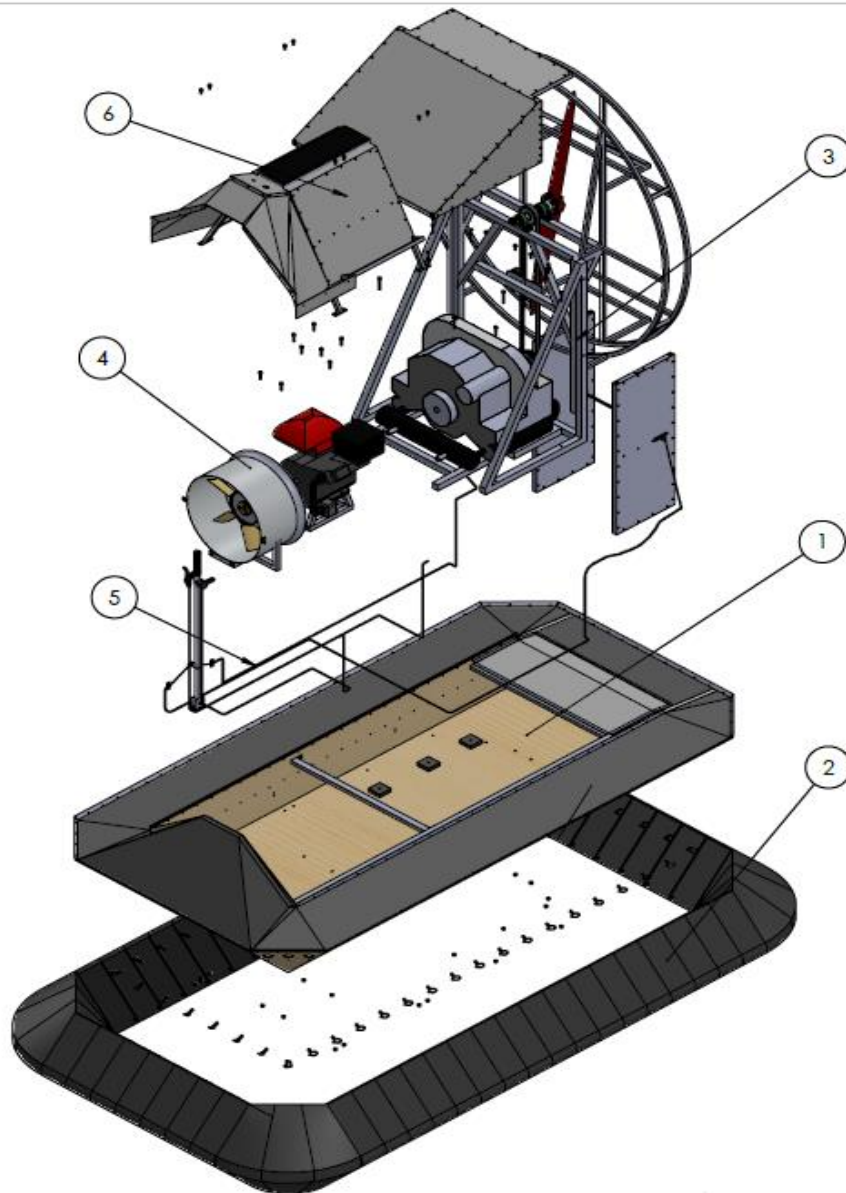
FECHA:16/09/17

DIBUJADO POR:  
MANUEL P- ANDREA J



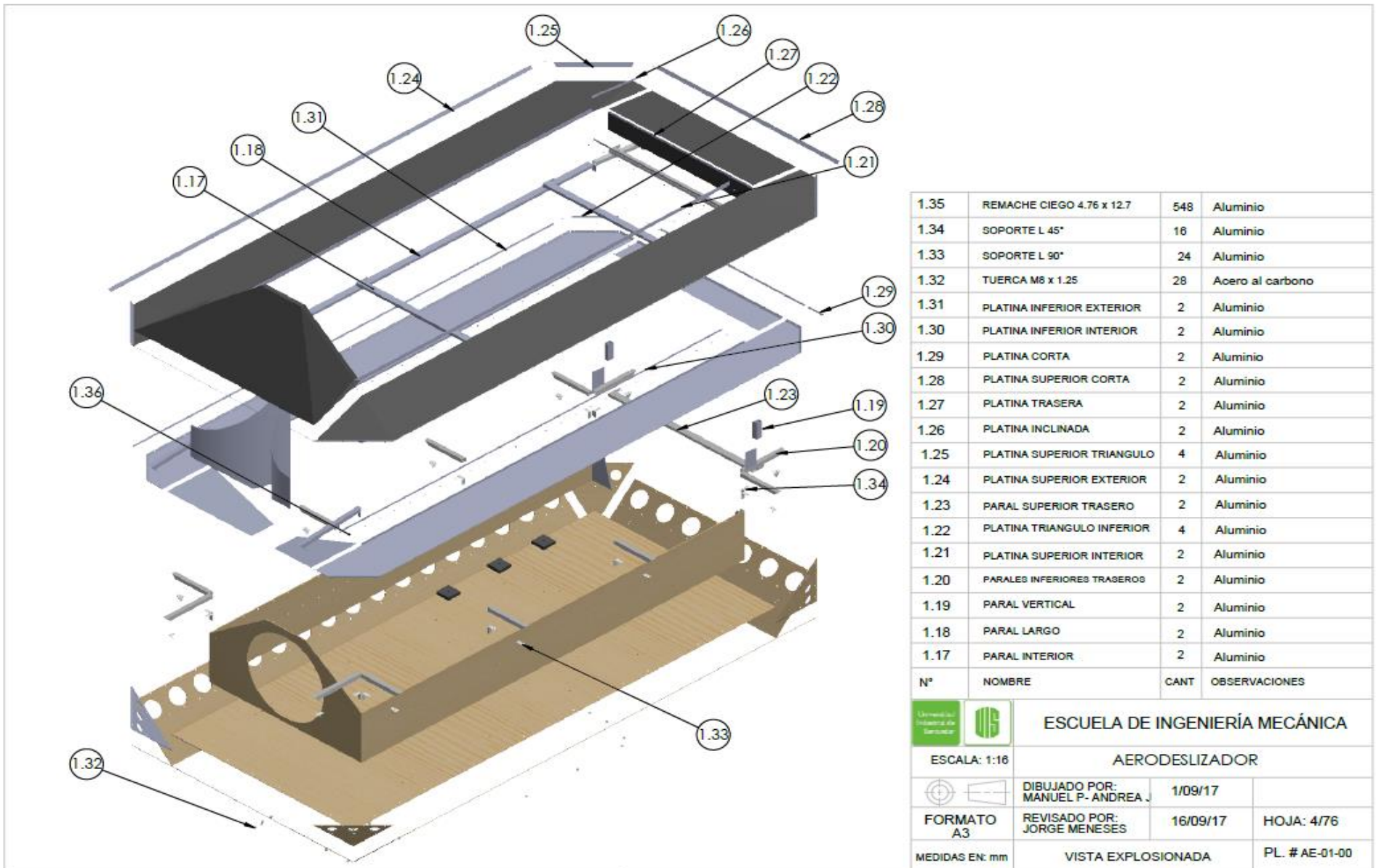
HOJA: 1/76

PL. # AE-00-00



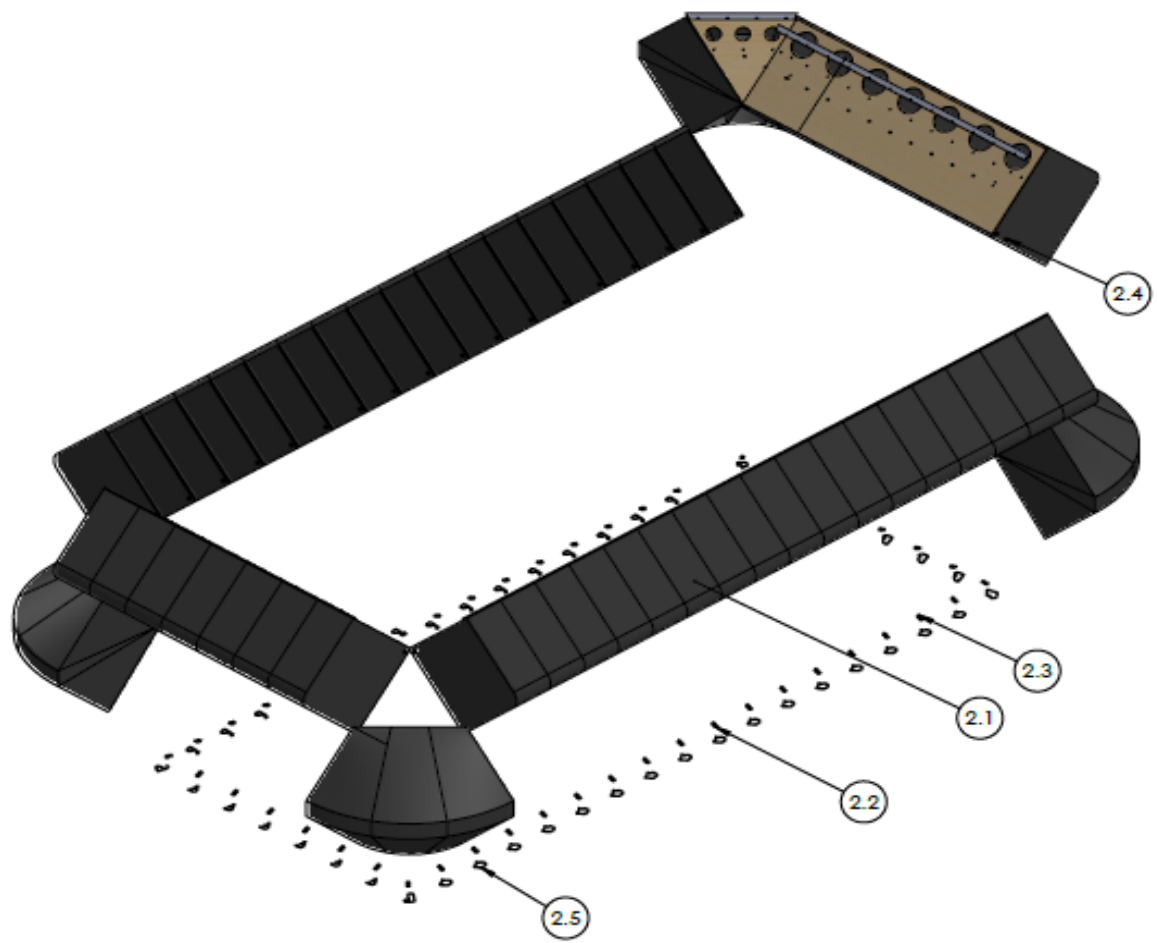
ESCALA 1:27

6	S. DE CONFORT	1	Varios
5	S. DE DIRECCIÓN	1	Varios
4	S. DE SUSTENTACIÓN	1	Varios
3	S. DE PROPULSIÓN	1	Varios
2	S. DE DEDO	1	Varios
1	S. DE CASCO	1	Varios
N°	NOMBRE	CANT	OBSERVACIONES
 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
ESCALA: 1:23		AERODESLIZADOR	
 DIBUJADO POR: MANUEL P. ANDREA		1/09/17	
FORMATO A3		REVISADO POR: JORGE MENESES	16/09/17
MEDIDAS EN: mm		VISTA EXPLOSIONADA	HOJA: 2/76
			PL. # AE-00-00





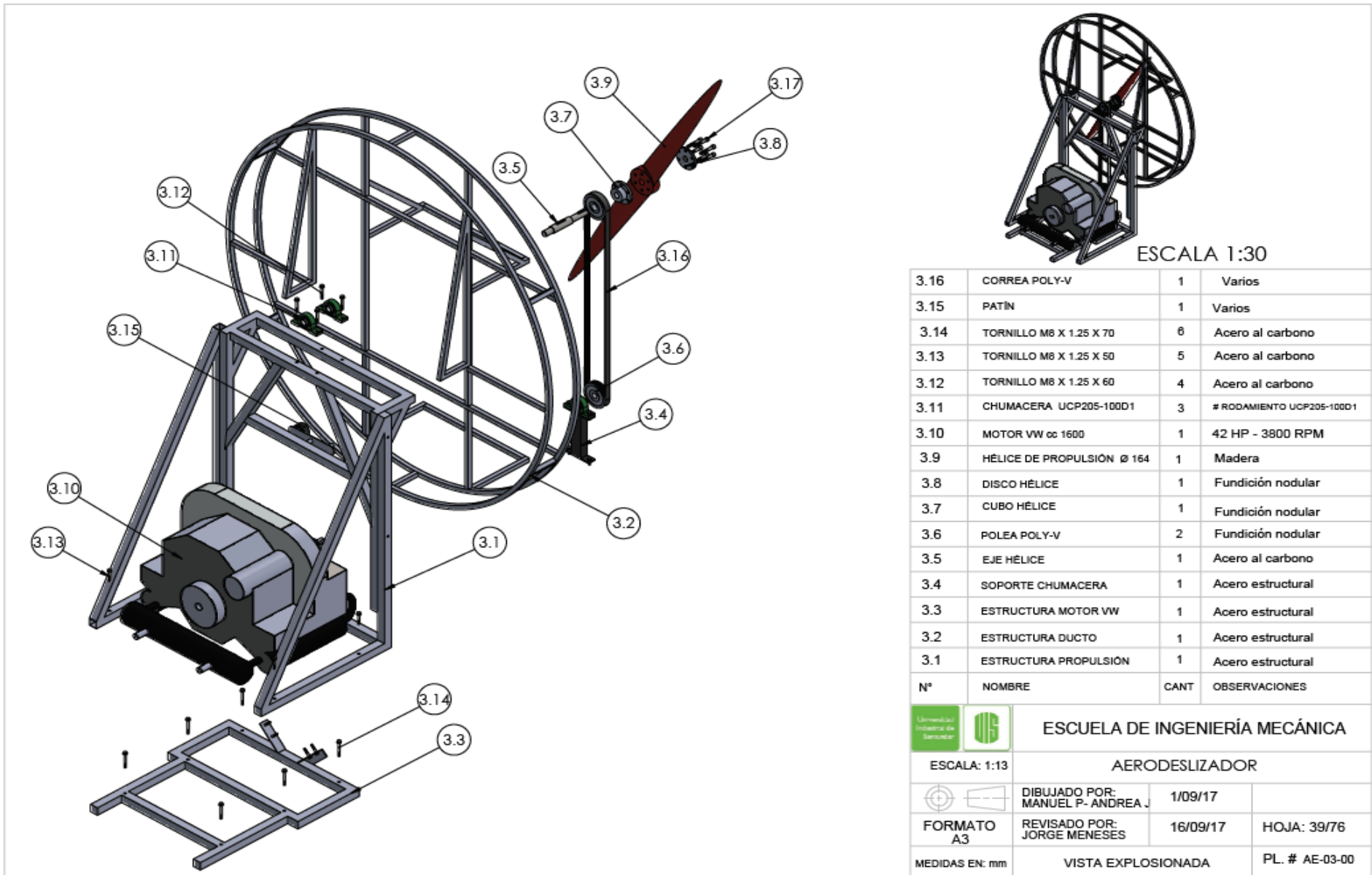
1.35	REMACHE CIEGO 4.76 x 12.7	548	Aluminio
1.34	SOPORTE L 45°	16	Aluminio
1.33	SOPORTE L 90°	24	Aluminio
1.32	TUERCA M8 x 1.25	28	Acero al carbono
1.31	PLATINA INFERIOR EXTERIOR	2	Aluminio
1.30	PLATINA INFERIOR INTERIOR	2	Aluminio
1.29	PLATINA CORTA	2	Aluminio
1.28	PLATINA SUPERIOR CORTA	2	Aluminio
1.27	PLATINA TRASERA	2	Aluminio
1.26	PLATINA INCLINADA	2	Aluminio
1.25	PLATINA SUPERIOR TRIANGULO	4	Aluminio
1.24	PLATINA SUPERIOR EXTERIOR	2	Aluminio
1.23	PARAL SUPERIOR TRASERO	2	Aluminio
1.22	PLATINA TRIANGULO INFERIOR	4	Aluminio
1.21	PLATINA SUPERIOR INTERIOR	2	Aluminio
1.20	PARALES INFERIORES TRASEROS	2	Aluminio
1.19	PARAL VERTICAL	2	Aluminio
1.18	PARAL LARGO	2	Aluminio
1.17	PARAL INTERIOR	2	Aluminio
N°	NOMBRE	CANT	OBSERVACIONES

 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
ESCALA: 1:16		AERODESLIZADOR	
 DIBUJADO POR: MANUEL P. ANDREA J.		1/09/17	
FORMATO A3		REVISADO POR: JORGE MENESES	
MEDIDAS EN: mm		VISTA EXPLOSIONADA	
HOJA: 4/76			
PL. # AE-01-00			



ESCALA 1:30

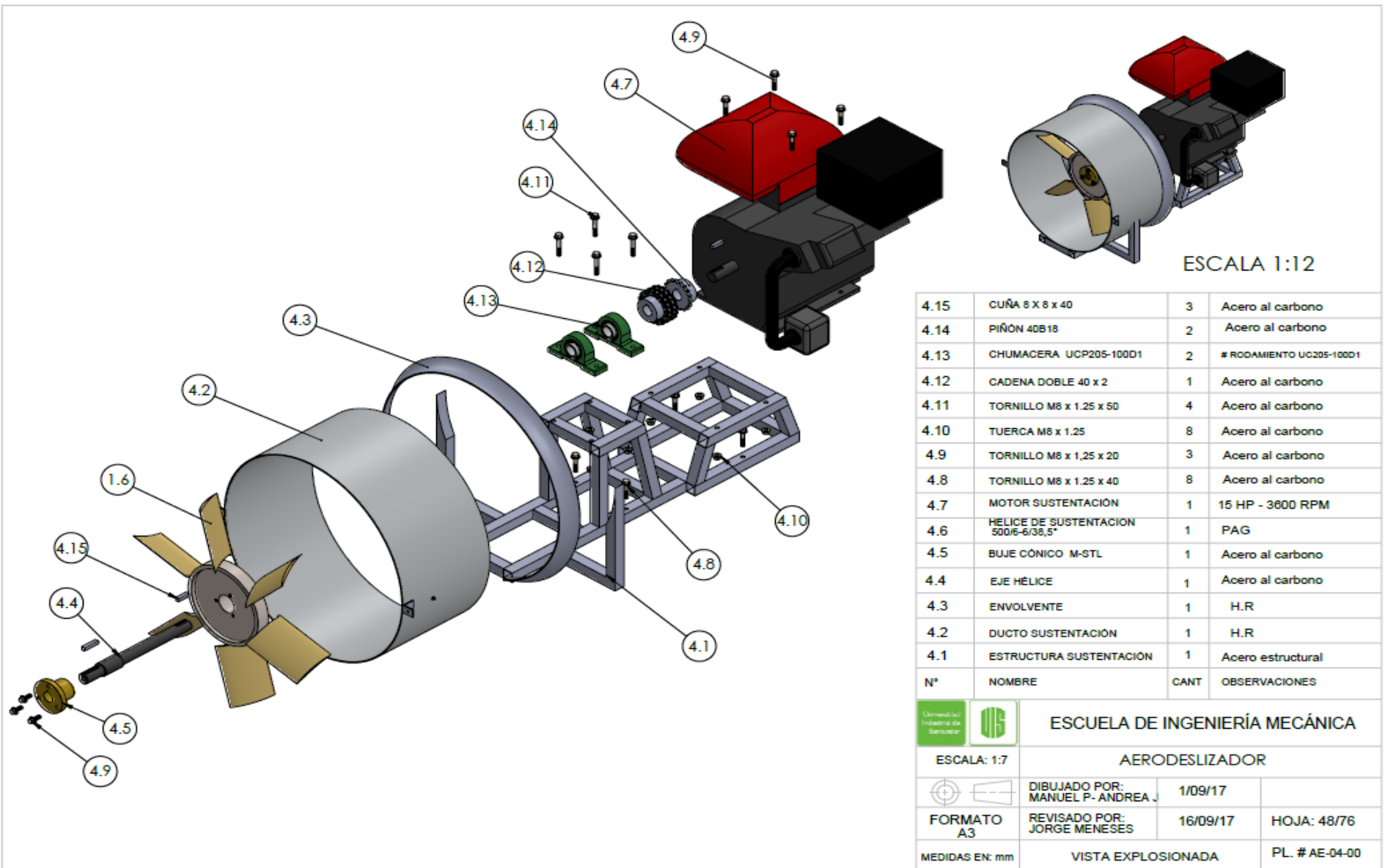
2.5	CORREA	48	Plastico
2.4	OJAL	120	Aluminio
2.3	REMACHE CIEGO 4.76 x 12.7	48	Varios
2.2	SUJECIÓN	48	Aluminio
2.1	DEDO	60	Ultralona
N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL
		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
ESCALA: 1:16		<b>AERODESLIZADOR</b>	
	DIBUJADO POR: <b>MANUEL P-ANDREA J.</b>	1/09/17	
<b>FORMATO A3</b>	REVISADO POR: <b>JORGE MENESES</b>	16/09/17	<b>HOJA: 36/76</b>
MEDIDAS EN: mm	<b>VISTA EXPLOSIONADA</b>		<b>PL. # AE-02-00</b>

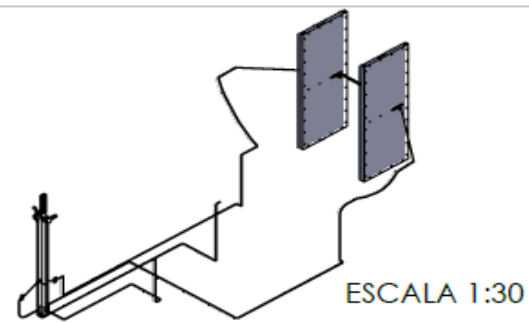
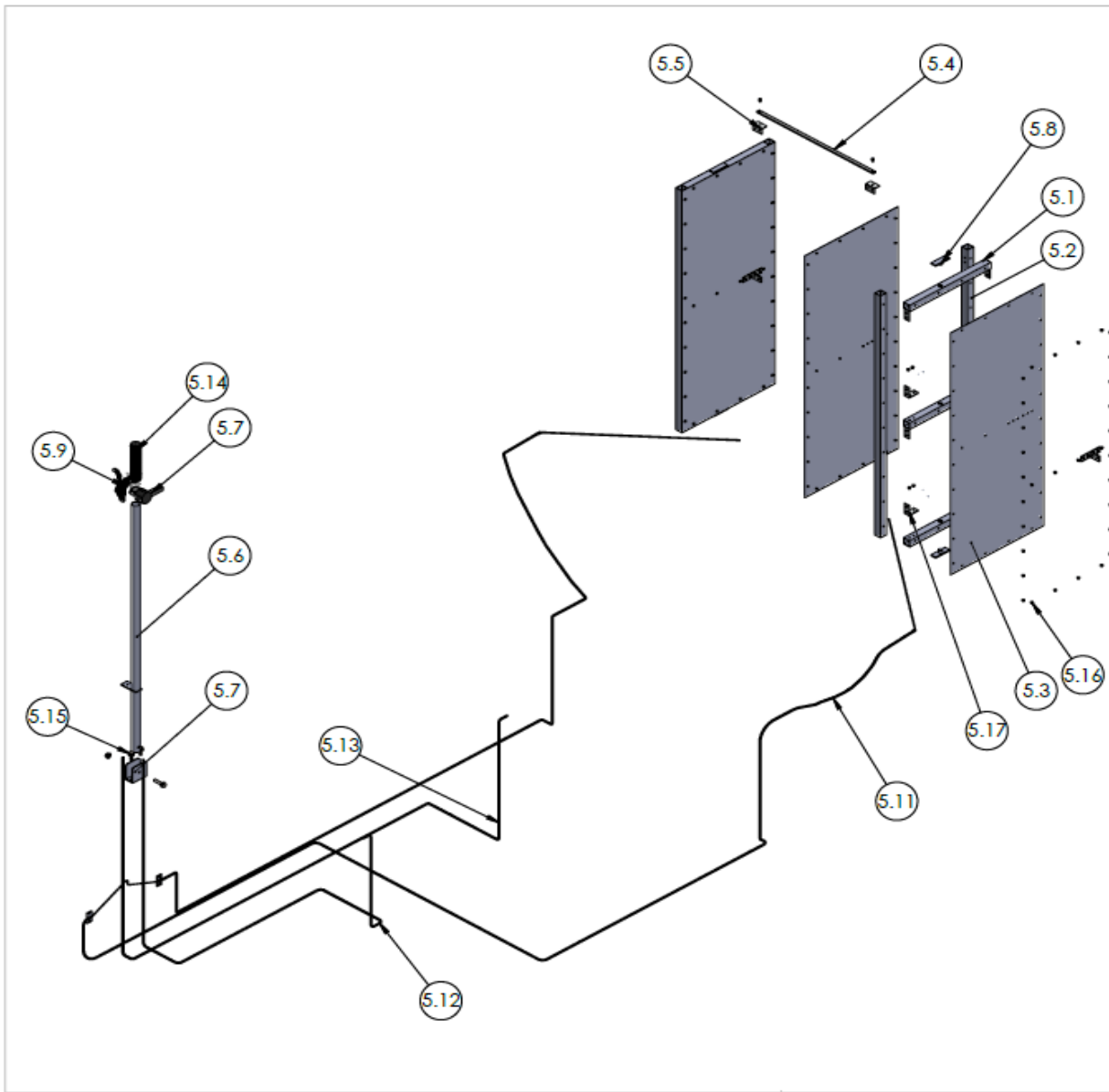


ESCALA 1:30

3.16	CORREA POLY-V	1	Varios
3.15	PATÍN	1	Varios
3.14	TORNILLO M8 X 1.25 X 70	6	Acero al carbono
3.13	TORNILLO M8 X 1.25 X 50	5	Acero al carbono
3.12	TORNILLO M8 X 1.25 X 60	4	Acero al carbono
3.11	CHUMACERA UCP205-100D1	3	# RODAMIENTO UCP205-100D1
3.10	MOTOR VW cc 1600	1	42 HP - 3800 RPM
3.9	HÉLICE DE PROPULSIÓN Ø 164	1	Madera
3.8	DISCO HÉLICE	1	Fundición nodular
3.7	CUBO HÉLICE	1	Fundición nodular
3.6	POLEA POLY-V	2	Fundición nodular
3.5	EJE HÉLICE	1	Acero al carbono
3.4	SOPORTE CHUMACERA	1	Acero estructural
3.3	ESTRUCTURA MOTOR VW	1	Acero estructural
3.2	ESTRUCTURA DUCTO	1	Acero estructural
3.1	ESTRUCTURA PROPULSIÓN	1	Acero estructural
N°	NOMBRE	CANT	OBSERVACIONES

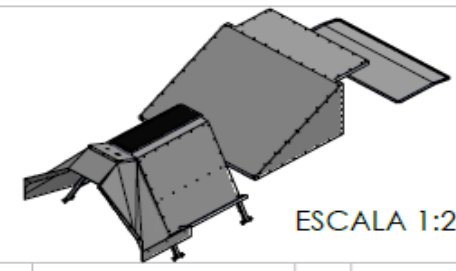
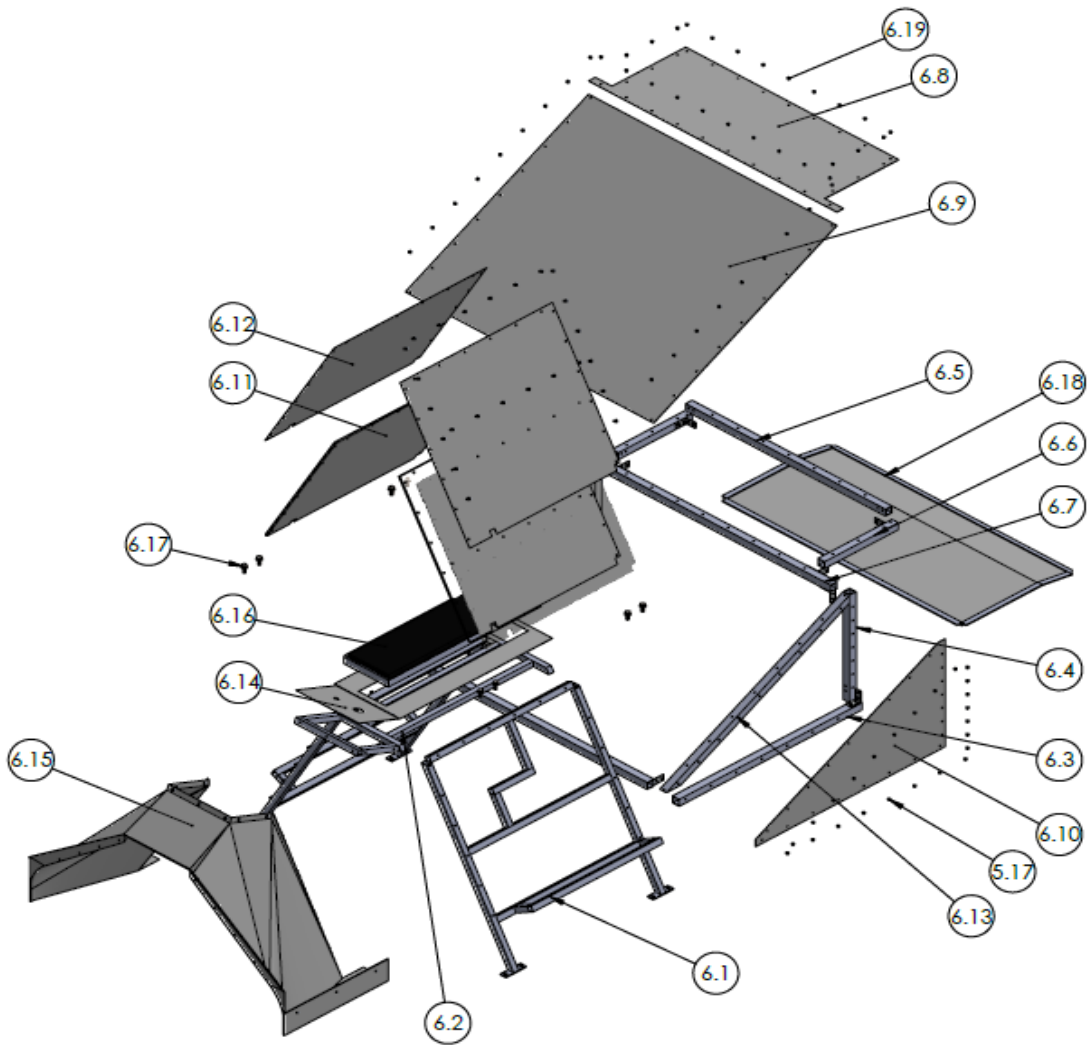
		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:13</b>		<b>AERODESLIZADOR</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> MANUEL P- ANDREA J	<b>1/09/17</b>	
<b>FORMATO</b> A3	<b>REVISADO POR:</b> JORGE MENESES	<b>16/09/17</b>	<b>HOJA: 39/76</b>
<b>MEDIDAS EN: mm</b>	<b>VISTA EXPLOSIONADA</b>		<b>PL. # AE-03-00</b>





5.17	SOPORTE L 45°	24	Aluminio
5.16	REMACHE CIEGO 4.76 x 12.7	240	Aluminio
5.15	TORNILLO M5 x 1.25 x 30	3	Acero al carbono
5.14	MANOPLA	2	Caucho
5.13	FUNDA GUAYA PROPULSION 6 x 2600	1	Varios
5.12	FUNDA GUAYA SUSTENTACION 6 x 2100	1	Varios
5.11	FUNDA GUAYA ALETA 6 x 6200	1	Varios
5.10	CONTROLADOR SUSTENTACION	1	Varios
5.9	CONTROLADOR PROPULSION	1	Varios
5.8	PIVOTE ALETA	4	Aluminio
5.7	SOPORTE PALANCA	1	Acero al carbono
5.6	PALANCA CONTROL	1	Acero inoxidable
5.5	SOPORTE DIRECCION	2	Aluminio
5.4	PLATINA DIRECCION	1	Aluminio
5.3	LAMINA ALETA	4	Aluminio
5.2	PARAL ALETA VERTICAL	4	Aluminio
5.1	PARAL ALETA HORIZONTAL	6	Aluminio
N°	NOMBRE	CANT	OBSERVACIONES

 <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
ESCALA: 1:13		<b>AERODESLIZADOR</b>	
	DIBUJADO POR: <b>MANUEL P.-ANDREA J.</b>	<b>1/09/17</b>	
<b>FORMATO A3</b>	REVISADO POR: <b>JORGE MENESES</b>	<b>16/09/17</b>	<b>HOJA: 53/76</b>
MEDIDAS EN: mm	<b>VISTA EXPLOSIONADA</b>		<b>PL. # AE-05-00</b>



6.19	REMACHE CIEGO 4.76 x 12.7	130	Aluminio
6.18	TAPA	1	Aluminio
6.17	TORNILLO M8 x 1.25 x 20	8	Acero al carbono
6.16	SILLA	1	Varios
6.15	PARTE FRONTAL	1	Toyota
6.14	SISTEMA CONTROL	1	Varios
6.13	BARRA CUBIERTA INCLINADA	2	Aluminio
6.12	CUBIERTA SILLA	2	Toyota
6.11	AISLANTE SILLA	2	Neopreno
6.10	LAMINA TRIANGULO	2	Aluminio
6.9	LAMINA CUBIERTA INCLINADA	1	Aluminio
6.8	LAMINA CUBIERTA SUPERIOR	1	Aluminio
6.7	BARRA SUPERIOR LARGA	1	Aluminio
6.6	BARRA SUPERIOR CORTA	2	Aluminio
6.5	BARRA SUPERIOR HORIZONTAL	1	Aluminio
6.4	BARRA CUBIERTA VERTICAL	2	Aluminio
6.3	BARRA CUBIERTA HORIZONTAL	2	Aluminio
6.2	SOPORTE SUPERIOR SILLA	1	Acero estructural
6.1	SOPORTE LATERAL SILLA	2	Acero estructural
N°	NOMBRE	CANT	MATERIAL

		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
ESCALA: 1:13		AERODESLIZADOR	
	DIBUJADO POR: MANUEL P.-ANDREA J.	1/09/17	
FORMATO A3	REVISADO POR: JORGE MENESES	16/09/17	HOJA: 61/76
MEDIDAS EN: mm		VISTA EXPLOSIONADA	PL. # AE-08-00