



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION AVIONES**

**MONOGRAFÍA: PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION AVIONES**

**TEMA: ENSAMBLAJE ESTRUCTURAL DE UN VEHÍCULO
AÉREO NO TRIPULADO DE DESPEGUE VERTICAL A CONTROL
REMOTO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – L.**

AUTOR: AVILÉS ERAZO, VINICIO ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. MUÑOZ GRANDES, MILTON STALIN

LATACUNGA

2020



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**ENSAMBLAJE ESTRUCTURAL DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO DE DESPEGUE VERTICAL A CONTROL REMOTO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - L**” fue realizado por el señor **Avilés Erazo, Vinicio Alejandro**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito a acreditarlo y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Enero del 2020

Ing. Milton Stalin, Muñoz Grandes
DIRECTOR
C.C.: 0502445547



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Avilés Erazo, Vinicio Alejandro**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***Ensamblaje estructural de un vehículo aéreo no tripulado de despegue vertical a control remoto para la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - L*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, Enero del 2020

Avilés Erazo, Vinicio Alejandro
C.C.: 1725381196



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Avilés Erazo, Vinicio Alejandro**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***Ensamblaje estructural de un vehículo aéreo no tripulado de despegue vertical a control remoto para la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - L*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, Enero del 2020

Avilés Erazo, Vinicio Alejandro

C.C.: 1725381196

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, por permitirme llegar hasta este punto de mi existencia en las mejores condiciones físicas e intelectuales posibles; guiándome en cada paso de daba a lo largo del camino, por no abandonarme en los días buenos y más aún en los deplorables.

A mis padres, Prissila y Pablo, que, con su infinito amor y llenos de paciencia, supieron encaminarme por el lugar correcto del sendero, brindándome consejos oportunos y ayuda desmesurada durante la carrera que hicieron de mi un excelente profesional.

A mi hermano, Pablo Mateo, quien supo entregarme su cariño y soporte necesarios para lograr todos los éxitos que he conseguido, a través de su compañía diaria y palabras honestas en los momentos justos.

A mi primo Xavier y su familia, que se transformaron en un segundo hogar durante mi estadía universitaria, quienes con firmeza y compromiso entregaron lo mejor de sí para alcanzar todas las metas trazadas desde el inicio.

A todas las personas cercanas, que a pesar de la lejanía siempre aportaron con el granito de arena eficaz para superar los obstáculos que surgían en la vida.

AVILÉS ERAZO, VINICIO ALEJANDRO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por lograr el gran objetivo de la titulación, sobre todo por no dejarme caer en momentos de dificultad y rodearme de personas que supieron aportar grandemente en mi formación integral.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en conjunto con la Unidad de Gestión de Tecnologías UGT, siendo una institución de renombre me permitió explotar todos los conocimientos y habilidades que llevaba dentro año tras año que duró mi grata estadía en sus gloriosas instalaciones.

A los docentes, quienes con paciencia y espíritu educativo supieron educarme e impartieron los conocimientos necesarios para desenvolverme en cualquier ámbito de la vida cotidiana y laboral.

Finalmente, a mi querida familia, que son el pilar fundamental en mi vida y de quien estaré profundamente agradecido por todo lo brindado a lo largo de mi caminar, los sueños si se cumplen, pero con dedicación y esfuerzo.

AVILÉS ERAZO, VINICIO ALEJANDRO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Justificación e Importancia.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo General.....	3
1.4.2	Objetivos Específicos.....	3

1.5	Alcance.....	4
-----	--------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	La aeronave.....	5
2.2	Aerodinámica básica del avión.	5
2.2.1	Las cuatro fuerzas de una aeronave.....	5
2.2.2	Ejes y movimientos.....	7
2.2.3	Superficies de control.....	8
2.2.4	Perfiles alares.....	9
2.3	Clasificación de las aeronaves.	11
2.3.1	En función de su principio de sustentación.....	11
2.3.2	En función de su utilización.....	12
2.3.3	En función de la autonomía.....	13
2.3.4	En función de la estela.....	13
2.3.5	En función de las características externas.....	14
2.3.6	En función de la superficie de aterrizaje.....	15
2.3.7	Aeronaves no tripuladas.....	15
2.4	Vehículo aéreo no tripulado.....	16
2.4.1	Antecedentes del UAV.....	16
2.4.2	Clasificación de los UAV.....	17
2.4.3	Aplicaciones principales.....	17

2.5	Aviones de despegue y aterrizaje vertical.	18
2.5.1	Reseña histórica de los VTOL.....	18
2.5.2	Clasificación de los aviones VTOL.....	24
2.6	Estructura de un UAV.	25
2.6.1	Armazón.....	25
2.6.2	Motores.....	25
2.6.3	Variadores o ESC.....	26
2.6.4	Hélices.....	26
2.6.5	Batería.....	27
2.6.6	Controlador de vuelo.....	27
2.7	Foam board o núcleo de espuma.	28
2.7.1	Características del foam.....	29
2.7.2	Adquisición del foam.....	29
2.7.3	Gator Board.....	29
2.7.4	Aplicación del gator board.....	30
2.8	Preliminares.....	30
2.8.1.	Resolución 251/2015 Dirección General de Aviación Civil.....	30

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1.	Características aerodinámicas.	33
3.1.1.	Selección de perfiles aerodinámicos.....	33

3.1.2.	Geometría del ala.....	39
3.1.3.	Geometría del estabilizador.....	41
3.1.4.	Geometría del fuselaje.....	42
3.2.	Construcción de la estructura de la aeronave.....	42
3.2.1.	Materiales.....	42
3.2.2.	Parámetros de selección de la estructura del UAV.....	43
3.2.2.	Introducción.....	44
3.2.3.	Sección de la nariz.....	45
3.2.4.	Sección de la bahía electrónica y fuselaje.....	46
3.2.5.	Sección del ala.....	47
3.2.6.	Sección de los pods del motor.....	49
3.2.7.	Sección de la cola.....	50
3.3.	Pruebas.....	51

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones.....	57
4.2.	Recomendaciones.....	58

GLOSARIO.....	59
----------------------	-----------

ABREVIATURAS.....	61
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	62
--------------------------	-----------

ANEXOS 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aeronave Boeing KLM.....	5
Figura 2. Cuatro fuerzas del avión.....	6
Figura 3. Plano de movimiento del avión.....	7
Figura 4. Superficies de control.....	9
Figura 5. Perfiles alares.....	11
Figura 6. Globo aerostático.....	12
Figura 7. Aeronave civil.....	12
Figura 8. Aeronave de mediano alcance.....	13
Figura 9. Aeronave de estela turbulenta.....	14
Figura 10. Ala volante tipo flecha.....	14
Figura 11. Aeronave anfibia.....	15
Figura 12. UAV civil.....	16
Figura 13. Planos de primeros VTOL.....	19
Figura 14. Triebflugliager.....	20
Figura 15. BAE Sea Harrier.....	22
Figura 16. Avión V22.....	23
Figura 17. Motores F135.....	23
Figura 18. VTOL experimentales.....	24
Figura 19. UAV estructura.....	25
Figura 20. Motores brushless.....	25
Figura 21. ESC.....	26
Figura 22. Hélices.....	26
Figura 23. Batería LIPO.....	27
Figura 24. Controlador de vuelo.....	28

Figura 25. Foam Board.....	28
Figura 26. Gator Board.....	30
Figura 27. NACA 2412.....	34
Figura 28. NACA 2412.....	34
Figura 29. NACA 2412.....	35
Figura 30. NACA 1412.....	35
Figura 31. NACA 1412.....	36
Figura 32. NACA 1412.....	36
Figura 33. NACA 1408.....	37
Figura 34. NACA 1408.....	37
Figura 35. NACA 1408.....	38
Figura 36. Diseño 3D.....	39
Figura 37. Diseño 3D.....	39
Figura 38. Distribución de las cargas típicas sobre la envergadura.....	40
Figura 39. Ala ligeramente ahusada.....	40
Figura 40. Ala alta.....	41
Figura 41. Estabilizadores en una aeronave.....	42
Figura 42. Secciones del UAV.....	45
Figura 43. Nariz del UAV.....	46
Figura 44. Bahía electrónica y fuselaje del UAV.....	47
Figura 45. Ala del UAV.....	49
Figura 46. Pod del UAV.....	50
Figura 47. Cola del UAV.....	51
Figura 48. Pruebas Prototipo I.....	52
Figura 49. Rectificación Prototipo I.....	53

Figura 50. Test Prototipo II.....	53
Figura 51. Rectificación Prototipo II.....	54
Figura 52. Prueba Prototipo III.....	55
Figura 53. Entrega Final Prototipo III.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ejes y movimientos del avión</i>	8
Tabla 2. <i>Elementos para la fabricación de la estructura del UAV.</i>	42
Tabla 3. <i>Comparación de foam vs gatorboard.</i>	42

RESUMEN

El mundo de la aviación es vasto e increíble, una infinidad de maravillas han surgido gracias al avance tecnológico y creatividad humana que; de la mano, imponen día tras día soluciones óptimas para una sociedad que requiere de mejoras en su traslado, procesos de exploración aérea y herramientas nuevas que permitan facilitar el desenvolvimiento de las actividades diarias. Entre los diversos campos de acción de la aeronáutica moderna se encuentra uno en particular, los vehículos aéreos no tripulados conocidos comúnmente y por sus siglas en inglés como UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Son **DRONES** controlados por un mando o a su vez mediante computadoras desde un centro de operaciones, utilizados principalmente en tareas de espionaje militar, sobrevuelo de zonas y como hobbies dentro del aeromodelismo. La construcción estructural de un dron es una tarea que requiere de mucha dedicación y esfuerzo, desde la búsqueda de información referente al modelo a elaborar, hasta la correcta manipulación de planos, escalas, medidas y dispositivos mecánicos y digitales, que; conlleven a una adecuada fabricación y sea útil para la comunidad estudiantil. A continuación, se presentará cómo realizar un armazón para un **AVIÓN** dirigido a control remoto, el cuál fue analizado y estudiado con el fin de cumplir todos los requisitos de **AERONAVEGABILIDAD** que requiere una aeronave para sustentarse en los cielos.

PALABRAS CLAVE:

- **DRONES**
- **AVIÓN**
- **AERONAVEGABILIDAD**

ABSTRACT

The world of aviation is vast and incredible, an infinity of wonders have emerged thanks to the technological advancement and human creativity that they impose optimal solutions day after day for a society that requires improvements in its transfer, aerial exploration processes and new tools that allow to facilitate the development of daily activities. In the most action fields of modern aeronautics, there is one in particular, the Unmanned Aerial Vehicles (UAV). They are **DRONES** controlled by a command or in turn by computers from an operations center, mainly used in military espionage tasks, overflight areas and as hobbies within the model aircraft. The structural construction of a drone is a task that requires a lot of dedication and effort, from the search for information regarding the model to be developed, to the correct manipulation of planes, scales, measures and mechanical and digital devices, which; they lead to adequate manufacturing and be useful for the student community. Next, the document will present how to make a framework for a remote-directed **AIRCRAFT**, which was analyzed and studied in order to meet all the **AIRWORTHINESS** requirements that an aircraft requires to support itself in the skies.

KEYWORDS:

- **DRONES**
- **AIRCRAFT**
- **AIRWORTHINESS**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.

Poder volar de formas inimaginables fue lo que impulsó a ingenieros; mecánicos y demás apasionados, a desarrollar prototipos que pudieran elevarse verticalmente y cambiar su metodología de vuelo en sentido de crucero. A dichos inventos se los consideraron como vehículos aéreos de despegue vertical, los cuales sirvieron como base para el diseño de helicópteros, por ejemplo, que realizan su vuelo ascendente para posteriormente, gracias al cambio del plano de sus palas, emprender sentido hacia delante.

Los vehículos VTOL (Vertical Take Off and Landing) son una clase especial de vehículos aéreos no tripulados, diseñados y utilizados para misiones altamente especializadas debido a su capacidad para aterrizar en áreas de tamaño difícil y restringido, son reutilizables y pueden ser totalmente teleoperados. (Barsallo, 2018)

El dron se convierte en una plataforma que se puede usar en varios ámbitos de la industria y sociedad ecuatoriana, es programable y las ventajas radican en la facilidad de su operación y despegue, básicamente de cualquier lugar que se desee. (Barsallo, 2018)

A su vez, se evidencia que la elaboración de equipos de vuelo para el beneficio de la educación y el aprendizaje estudiantil es un desarrollo innovador en el país, conceptualizado a partir de necesidades reales de cada establecimiento por lo cual es un vehículo que puede ser fácilmente utilizado en varias aplicaciones.

1.2 Planteamiento del problema.

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es una institución innovadora, que está a la vanguardia en los ámbitos tecnológicos y aeronáuticos por dicho motivo no es ilógico que la Carrera de Mecánica Aeronáutica, en conjunto con sus alumnos tengan en cuenta el implementar e inventar herramientas útiles para el mejoramiento de la enseñanza educativa en cuanto a la facilitación de material de apoyo que pueda ser empleado dentro de la clase impartida.

El establecimiento educativo cuenta a su favor con diversos modelos de aeronaves que mejoran el aprendizaje del alumnado a través de los conocimientos impartidos durante las prácticas de laboratorio, por ello; al ser pionero dentro de los distintos aspectos de la instrucción aérea en el país, es necesario disponer de material didáctico moderno y actualizado para las distintas áreas del conocimiento.

Finalmente, algo esencial en la vida de un estudiante es poseer ciertas destrezas y habilidades tanto para desarrollar soluciones eficientes a un problema, como para plasmar ideas que beneficien a la comunidad, que; en caso de no adquirir bases fundamentadas en la realización de proyectos como el indicado anteriormente, se crearía un vacío significativo dentro de su formación académica lo que conllevaría a aminorar su avance integral y profesional a mediano y largo plazo.

1.3 Justificación e Importancia.

Mediante la aplicación de este proyecto, el estudiante podrá mejorar habilidades adquiridas previamente y, a su vez; desarrollar nuevas y mejores, gracias a la disposición de un modelo de enseñanza nuevo, práctico y necesario que fomentará el deseo intrínseco por aprender y superar las barreras educativas, así como el refuerzo

para la variedad de materias y clases prácticas que contarán con una herramienta útil para educar.

De igual manera, la importancia de este proyecto radica en que los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica y; la amplia gama de aficionados y apasionados por la aviación, tengan una base de referencia para realizar futuros estudios a través de la información recopilada en la investigación siendo beneficiados en plenitud de conocimientos que serán utilizados a lo largo de la vida personal y profesional.

Por dicha razón se justifica este trabajo al ver necesario el ensamblaje estructural para un vehículo aéreo no tripulado de despegue vertical que permita a la Universidad continuar con la formación de tecnólogos aptos para desempeñarse en el campo aeronáutico, destacando a nivel nacional e internacional.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Ensamblar la estructura de un vehículo aéreo no tripulado de despegue vertical a control remoto mediante la aplicación de principios aerodinámicos para la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Establecer información referente a la estructura de un vehículo aéreo no tripulado.
- Analizar los datos técnicos funcionales base para la construcción del prototipo.
- Ejecutar el modelo estructural para un vehículo aéreo no tripulado con fines didácticos para de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

1.5 Alcance.

Con el siguiente proyecto se tendrá la finalidad de construir la estructura del vehículo aéreo no tripulado a control remoto, el mismo que alojará los diferentes componentes, elementos y mecanismos de control y transformación del sistema de vuelo para realizar satisfactoriamente el despegue vertical.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La aeronave.

Según la definición de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), una aeronave es toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra. (OACI, 2019)



Figura 1. Aeronave Boeing KLM.
Fuente: (OACI, 2019)

2.2 Aerodinámica básica del avión.

2.2.1 Las cuatro fuerzas de una aeronave.

Las cuatro fuerzas aerodinámicas que tienen lugar en la sustentación del ala de una aeronave son: (Tobar, 2007)

- **Sustentación:** Es la fuerza aplicada sobre un cuerpo, la cual se desplaza mediante un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente, su modelo matemático es el siguiente:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_L$$

Donde;

- L = Fuerza de sustentación [N] [N].
 - ρ = Densidad del fluido [Kg/m ³].
 - V = Velocidad [m/s].
 - A = Área superficial del cuerpo [m²].
 - CL = Coeficiente de sustentación [Adimensional].
- Resistencia: Es la capacidad física que permite a un objeto o forma, soportar un esfuerzo durante el tiempo que más se pueda.
 - Empuje: Es la fuerza horizontal que se requiere para desplazar un cuerpo u objeto a través de una superficie.
 - Peso: Es la fuerza de atracción gravitacional que el planeta aplica sobre los cuerpos existentes sobre ella.

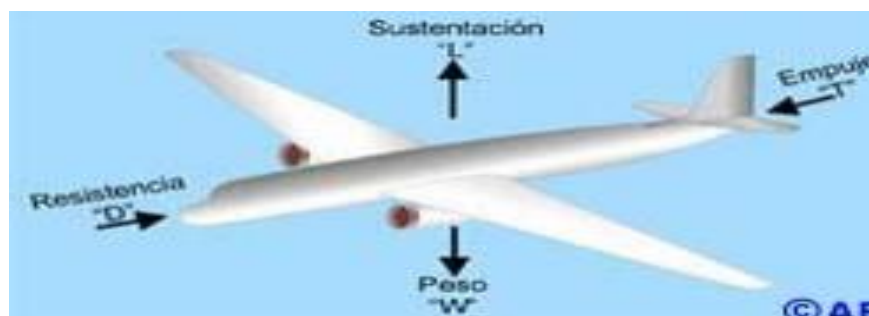


Figura 2. Cuatro fuerzas del avión.
Fuente: (Tobar, 2007)

2.2.2 Ejes y movimientos.

El avión posee tres ejes los cuales efectúan tres movimientos dimensionales. Un eje, es un trazo imaginario que atraviesa el avión, en donde se realiza la acción del movimiento. La figura inferior, detalla a los ejes en el plano de referencia x, y, z, que disponen de un centro de equilibrio el cual será el punto de gravedad y de concentración de pesos de la aeronave. (Kimerius, Mecánica de Vuelo, 2001)

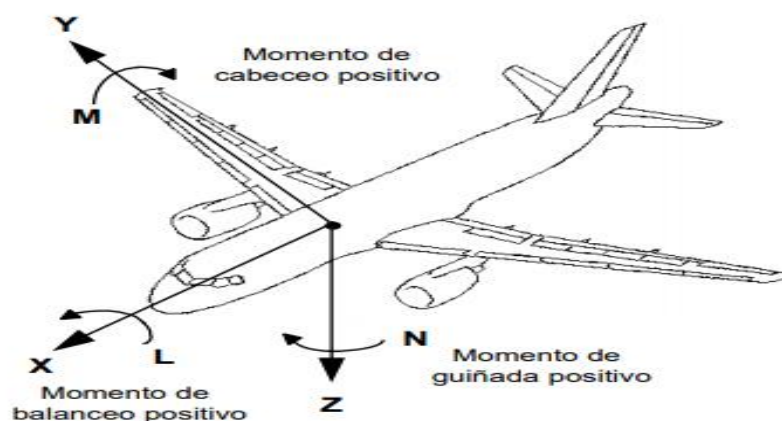


Figura 3. Plano de movimiento del avión.

Fuente: (Kimerius, Mecánica de Vuelo, 2001)

- Longitudinal: Va desde el centro de gravedad en dirección al morro, es decir; atraviesa la cola hasta la nariz. Alrededor de este eje se produce el primer movimiento conocido como alabeo (roll).
- Lateral: Se encamina desde el centro de gravedad y recorre de punta a punta del ala de la aeronave, siendo perpendicular al eje longitudinal. En él, se lleva a cabo el segundo movimiento llamado cabeceo (pitch).
- Vertical: Comienza en el centro de gravedad, siendo direccionado hacia abajo positivamente, el mismo que alberga al tercer y último movimiento nombrado guiñada (yaw).

Tabla 1.
Ejes y movimientos del avión

NOMBRE DEL EJE	VA DESDE	MOVIMIENTO	SUPERFICIE DE CONTROL
LONGITUDINAL	Parte de la nariz a la cola	Alabeo	Alerones, movidos por la cabrilla hacia la izquierda o derecha
LATERAL	Va de punta a punta de los planos	Cabeceo	Elevador, activado por la cabrilla hacia delante o hacia atrás
VERTICAL	Va de la parte posterior a la parte inferior	Guiñada	Rudder o timón de dirección, accionado por los pedales

Fuente: (Kimerius, Mecánica de Vuelo, 2001)

2.2.3 Superficies de control.

Un avión puede desplazarse en el aire gracias a la acción ejercida por superficies instaladas en él, siendo el piloto el causante de darle rumbo al crucero gracias al movimiento de mandos de vuelo que desembocarán en giros y maniobras buscando el direccionamiento y re-equilibrio del equipo. Existen dos tipos de superficies de control; las primarias o básicas para el vuelo y; las secundarias o de complemento. (Kimerius, Mecánica de Vuelo, 2001)

El capitán dispone de tres superficies primarias para gobernar la aeronave, con ellas conseguirá el equilibrio, así como también el libre tránsito del avión y son las siguientes:

- Timones de profundidad (elevadores).
- Alerones.
- Timón de dirección (Rudder).

A su vez, se disponen de diversas superficies de control secundarias que ayudan al piloto durante las maniobras de vuelo:

- Trim Tabs (compensadores).
- Flaps.
- Spoilers (rompedores o aerofrenos).
- Motores orientables.
- Inversores de empuje.
- Paracaídas.

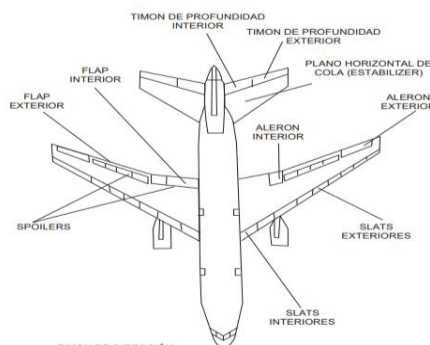


Figura 4. Superficies de control.
Fuente: (Kimerius, Mecánica de Vuelo, 2001)

2.2.4 Perfiles alares.

Existen una amplia gama de perfiles alares, en esta ocasión se nombrarán los siguientes:

- Perfiles asimétricos: Son un tipo de perfil alar donde la parte superior del ala o llamada extradós se diferencia de la parte inferior de ésta, el intradós.

- Perfiles simétricos: Son aquellos que poseen una similitud marcada tanto en la parte superior del ala como en la inferior. Se utilizan sobretodo dentro en la aviación acrobata.

A su vez, el ala dispone de elementos específicos los cuales son citados a continuación:

- Ángulo de ataque: Es el ángulo formado entre el viento relativo y el perfil de la propia ala. Es directamente proporcional a la sustentación alar.
- Viento relativo: Se refiere al movimiento de las partículas de aire que se mueven paralelamente al perfil, pero en sentido opuesto a éste.
- Línea de cuerda: Es el trazo imaginario que va de borde a borde del ala de un avión.
- Cuerda: Es aquella que proporciona la medida de la distancia o longitud de la línea de cuerda, los perfiles de ala son medidos en base a la cuerda.
- Espesor máximo: Representa la distancia máxima que puede alcanzar el extradós respecto al intradós, aquí las partículas de aire recorren el extradós a mayor velocidad provocando una sustentación mayor.
- Estrados: Es la parte superior del perfil, que se caracteriza por albergar mayor velocidad del flujo de aire, pero a una presión menor.
- Intradós: Es la parte inferior del perfil, por donde viaja el aire a menor velocidad, con la diferencia de poseer mayor presión.
- Borde de salida: Es el borde posterior del perfil alar y la sección más fina donde concluye el perfil alar.
- Borde de entrada: Es el borde frontal del ala y la sección más prominente donde circula el aire de impacto.

- Envergadura: Es la distancia existente entre punta y punta de un plano alar.
- Superficie alar: Es el área que disponen las alas en pies cuadrados, incluyendo la cobertura del fuselaje. (Azpeitia, 2018)



Figura 5. Perfiles alares.
Fuente: (Azpeitia, 2018)

2.3 Clasificación de las aeronaves.

Las aeronaves, se pueden clasificar en varios tipos dependiendo su aplicación y demás funcionalidades que se obtengan de ellas. Por dicho motivo, a continuación, se despliegan algunas de las principales divisiones y subdivisiones más reconocidas acerca de un avión. (Kimerius, 2008)

2.3.1 En función de su principio de sustentación.

La primera clasificación respecta a cómo se sustentarán en el aire gracias al peso que dispongan, siendo algunas más livianas y otras mucho más pesadas que el aire.

- Aeróstatos: Son aquellas aeronaves más ligeras que el aire, se caracterizan por tener como principal propulsor fluidos menos densos que el aire, tal como hidrógeno o helio. En dicho grupo se pueden encontrar los globos aerostáticos y los llamados dirigibles.

- Aerodinos: Son aquellas aeronaves más pesadas que el aire que como medio de sustentación de sus estructuras utilizan alas para producir las fuerzas aerodinámicas correspondientes. De igual manera, los aerodinos conforme su tipo de ala se subdividen en; de ala fija como los aviones convencionales y, de ala rotatoria, ejemplificados por helicópteros.



Figura 6. Globo aerostático.

Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.2 En función de su utilización.

Actualmente, las aeronaves respecto al uso que se les otorgan se pueden clasificar en dos ámbitos; civil y militar.



Figura 7. Aeronave civil.

Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.3 En función de la autonomía.

Esta clasificación va orientada sobre todo a la necesidad de agilizar los vuelos y calcular las distancias de transporte de las compañías aéreas en cuanto a recorridos de viajes, dicho esto; se subdividen en tres clases según el trayecto que realicen en: corto, mediano y largo alcance. (Kimerius, 2008)



Figura 8. Aeronave de mediano alcance.

Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.4 En función de la estela.

Debido al traslado de las aeronaves por los cielos, se forma una estela de aire turbio la cual es arrojada por los mismos a su paso, dicha nubosidad podría generar problemas al resto de aviones que transitan por la ruta. La clasificación que prosigue deriva del tipo de estela que generan al volar:

- Categoría L (Light).
- Categoría M (Medium).
- Categoría H (Heavy).
- Categoría J (A 380).



Figura 9. Aeronave de estela turbulenta.
Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.5 En función de las características externas.

Uno de los modos que se generalizará debido a su gran cantidad de sub clasificaciones es el de los tipos de aeronaves respecto a sus características exteriores, es decir; los rasgos físicos que dispone y el tipo de configuración para la cual fue encomendada.

La forma del ala, el tipo de ala, su flecha; tipo de cola, clase y número de motores disponibles para la propulsión y también el tipo del tren de aterrizaje entran en esta categoría la cual realza las cualidades que son apreciables y pueden encajar para cierto tipo de componente. (Kimerius, 2008)



Figura 10. Ala volante tipo flecha.
Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.6 En función de la superficie de aterrizaje.

- Aeronaves convencionales: Son todas aquellas aeronaves que han sido diseñadas para tener aterrizajes ya sea mediante un tren o patines, tal como el caso de los helicópteros.
- Hidroaviones: Son aquellas aeronaves que tienen como cualidad principal la de poder amerizar o acuatizar ya que presentan en sus flancos flotadores o trenes tipo boya que mantienen al avión sobre el agua.
- Aeronaves anfibas: Son aquellas aeronaves que están en la capacidad de aterrizar y despegar tanto en un medio acuático como terrestre.



Figura 11. Aeronave anfibia.
Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.3.7 Aeronaves no tripuladas.

Es un tipo de vehículo con funcionamiento autónomo, cuya cualidad primordial es la de volar sin presencia del hombre ya que disponen de un control computarizado y monitoreado electrónicamente desde una zona guía o base. Se debe recalcar que si bien, la utilización de éstos ha tenido grandes avances respecto a la vida militar, dentro del ámbito civil su uso es prácticamente nulo o no explotado en la totalidad. (Kimerius, 2008)



Figura 12. UAV civil.

Fuente: (Kimerius, Tipos de Aeronaves, 2008)

2.4 Vehículo aéreo no tripulado.

Un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo controlado autónomamente o desde tierra utilizando planes de vuelo programados. Las aplicaciones de este tipo de vehículos implican algún tipo de dificultad o riesgo para vehículos convencionales tripulados por personas, como son la detección de incendios, el seguimiento del tráfico, la inspección de líneas de tendido eléctrico, etc. (EcuRed, Vehículo Aéreo No Tripulado, 2011)

2.4.1 Antecedentes del UAV.

Estos drones han sido un medio indispensable dentro de los ejércitos de todo el mundo, ya sea para utilizarlos como medios de espionaje o de exploración de zonas. Sin embargo, su empleo data de varios años atrás, hay fuentes que direccionan a la época de la Segunda Guerra Mundial, siendo aplicados para tareas de entrenamiento a los operadores de cañones y artillería pesada.

La autonomía de éstos inició apenas a finales del pasado siglo, a partir de allí se les han otorgado diversas formas de control, ya sea por medio de mandos digitales o a través planes de rutas de vuelo ya trazadas por computadoras y controlados mediante la monitorización de datos de su sistema.

Ejemplos a citar son varios, tal y como el uso de UAV luego de la Primera Guerra y a inicios de la Segunda por las tropas como un método de conocimiento militar de armamento y cañones para posteriores bombardeos aéreos, terminando hasta su total desarrollo a finales del siglo XX con el uso de radiocontroles y servicios autónomos.

2.4.2 Clasificación de los UAV.

Los UAV dependiendo su misión principal serán clasificados dentro de seis tipos diferentes que son: (EcuRed, Vehículo Aéreo No Tripulado, 2011)

- De blanco – Simulación de ataques aéreos en los sistemas de defensa del ejército.
- Reconocimiento - Enviar información del espacio físico o del terreno.
- Combate (UCAV) – Combate y lidera operaciones de combate riesgosas o difíciles de desempeñar.
- Logística – Son diseñados específicamente para el transporte de carga.
- Investigación y desarrollo – Probar los sistemas de desarrollo.
- UAV comerciales y civiles – Diseñados para fines empresariales y/o de diversión personal pura.

2.4.3 Aplicaciones principales.

Históricamente los vehículos autónomos han sido diseñados para ser controlados mediante un mando el cual dirigía la trayectoria que éste tendría a lo largo de la misión o el vuelo, pero; con el avance comercial y tecnológico, la comunidad científica y aeronáutica ha requerido emplear nuevas formas de funcionamiento para los llamados drones.

Creando variantes de vuelo como el uso de planes pre-establecidos por computadora y rutas de vuelo ya enmarcadas a seguir y controladas sistemáticamente.

Son usados extensamente en aplicaciones militares y gubernamentales tales como espionaje o exploración e información de terrenos y superficies recónditas. Dentro del campo civil, su uso se ha visto encaminado a labores que implican peligro, aburrimiento o a tareas desagradables para un humano a bordo de un avión, como es el caso de sobrevuelo de oleoductos, detección de incendios y cursos de aeromodelismo.

2.5 Aviones de despegue y aterrizaje vertical.

VTOL “Vertical Take-Off and Landing”, o “despegue y aterrizaje vertical”; es la habilidad que poseen algunos aviones para despegar y aterrizar de forma vertical. En la actualidad es aquel que, a pesar de volar como lo hace un avión convencional, puede prescindir de una pista para el despegue y aterrizaje. (Palazzesi, 2010)

Este tipo de aeronaves son extremadamente útiles a la hora de realizar operaciones que, para otro tipo de aviones convencionales, resultarían casi imposibles por diversas causas. Dicha facultad, le ha permitido a una aeronave VTOL posicionarse como uno de los grandes inventos en la historia de toda la industria espacial y aeronáutica.

2.5.1 Reseña histórica de los VTOL.

Los ingenieros de vuelo siempre han tenido en mente diversas ideas sobre las pistas de los aeródromos y lo cortas o largas que son, así como su diversidad dependiendo de la ubicación y de las aeronaves que en ella transitan.

Debido a ello, el deseo de llevar a cabo el despegue y aterrizaje en vertical de una aeronave sin necesidad de emplear recorridos largos a través de pistas y demás; han impulsado a las mentes de muchos personajes brillantes de épocas de antaño a plasmar en la realidad tan fabulosa idea.

La historia de los aviones tipo VTOL tiene sus inicios a partir de Nikola Tesla, quien en 1928 patentó un vehículo de características similares. No obstante, entre los años cincuenta y sesenta, luego de la Segunda Guerra, se le dio el impulso que un proyecto así merecía y ya todas las aeronaves de caza militares disponían de al menos algún tipo de VTOL en sus filas.

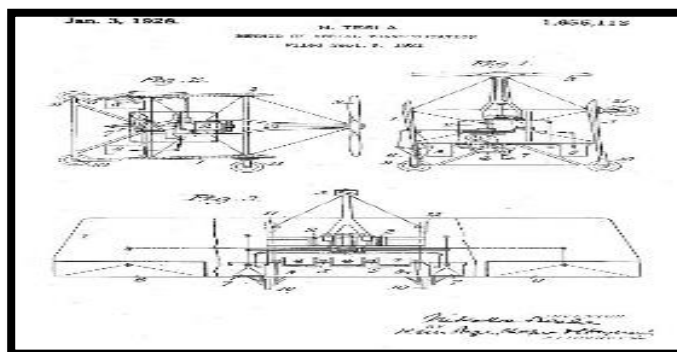


Figura 13. Planos de primeros VTOL.

Fuente: (Palazzesi, 2010)

Es verdad que algunos de los modelos planteados no fueron construidos, y aquellos que gozaron del visto bueno para su fabricación no lograron levantarse de forma completamente vertical y eran empleados en aquellas aeronaves que disponían de pistas angostas y cortas en las cuales debían emprender vuelo. (Palazzesi, 2010) Entre los primeros en incursionar dentro el mundo de los VTOL estuvieron los alemanes.

Otto Muck y su modelo llamado “Triebflügeljäger”, patentado por allá de los años treinta, fue la revelación del momento con una disposición que tenía a un rotor montado justo en el medio del avión, el cual propiciaba la fuerza para el ascenso y de empuje del mismo. Para el despegue y el aterrizaje, el vehículo utilizaba su cola como soporte fijo para elevarse o hacer paro al vuelo y los rotores funcionando similar a la de las aspas de un helicóptero modelo. Lamentablemente jamás fue llevado a la realidad.

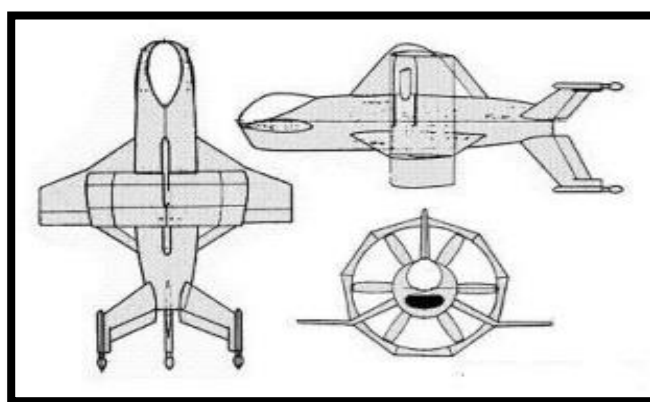


Figura 14. Triebflugeliager.

Fuente: (Palazzesi, 2010)

Otro diseño alemán que pudo haber causado revuelo en el ámbito militar y mundial fue el modelo “Heinkel Lerche”, idea naciente de los años 1944 y 1945. Su similitud al modelo visto anteriormente era llamativa y la cualidad nueva sería la presencia de dos hélices que rotaban en contra una de otra, incrustadas en una estructura en forma circular (como una dona).

Este proyecto tampoco se pudo plasmar debido al bajo presupuesto para adquisición de materiales y recursos de la Alemania Nazi de la época.

A lo largo de la guerra, los Estados Unidos de América no podían quedarse atrás, así que se diseñaron, construyeron y; abandonaron un sin fin de proyectos VTOL. Uno de los más sobresalientes y que muchos recuerdan es el denominado “Pogo”, un avión diminuto equipado con un motor turbohélice y otras dos hélices que giraban en sentidos opuestos. Al pasar del tiempo, este plan fue dado de baja debido al boom de las aeronaves equipadas con motores a reacción que fueron ampliamente superiores y más eficientes que las propulsadas por hélices. (Palazzesi, 2010)

El Lockheed XFV “Salmon”, a su vez armado con rotores de giro opuesto y un motor turbohélice, fue cancelado y olvidado por el año de 1955 debido a que los ingenieros comenzaban a ver en los motores jet la nueva era aeronáutica y en ellos equipaban al sistema VTOL insistiendo en que el soporte para despegar y aterrizar debía ser la cola del avión, algo que años después sería denigrado completamente.

Los franceses incursionaron también dentro del mundo VTOL, con su aeronave llamada SNECMA C450 “Coleoptere”, parecida al modelo alemán ideado a finales de la II Guerra, este prototipo fue construido y alcanzaba una velocidad que rozaba los 800 kilómetros por hora, aunque fue rechazado debido a que con los aviones jet se intentó idear motores cuya posición fuese en sentido perpendicular a la pista para ayudar al despegue aun con la postura en horizontal de la aeronave. La empresa Mirage probó con el modelo Short SC 1. (Palazzesi, 2010)

Los rusos inauguraron el gran Yakovlev Yak-38M Forger, el cual necesitaba de cuatro motores pequeños que propiciaran el empuje necesario para elevarse y uno extra que, en aire, entregaba la fuerza horizontal para que el avión se desplazara a través del basto cielo.

Quizá el modelo de avión más famoso dentro esta rama de VTOL sea el BAE Sea Harrier, una máquina de vuelo de ataque militar, reconocimiento y bombardeo, implementado y desarrollado en base al icónico Hawker Siddeley Harrier. Este ejemplar fue inaugurado en el año de 1980 (Sea Harrier FRS.1), siendo su última versión el Sea Harrier FA2, clausurado y dado de baja en el año 2006. (Palazzesi, 2010)



Figura 15. BAE Sea Harrier.
Fuente: (Palazzesi, 2010)

Otro ejemplar digno de llevarse halagos y la admiración de propios y extraños es el Boeing V-22 Osprey, una aeronave militar con funciones múltiples ubicada dentro del grupo de los convertiplanos. Su principal característica es la de funcionar como VTOL y en pistas cortas como STOL. (EcuRed, 2017)

Fue diseñado y construido para unir las dos cualidades más excepcionales de los dos gigantes de la industria aeronáutica, como son la convencionalidad de los helicópteros y el despliegue y alcance de una aeronave turbohélice. Entre sus encomiendas destacan, transporte de personal y de suministros, apoyo de combate y demás maniobras de rescate y ampliación de terreno.



Figura 16. Avión V22.

Fuente: (EcuRed, Boeing V-22 Osprey, 2017)

Actualmente, el exponente más destacado de dicha forma de vuelo es el avión F135. Su sistema de propulsión perteneciente a la empresa mundialmente conocida Pratt & Whitney dentro del ámbito motorista, impulsa a los sistemas de esta aeronave. Existen tres variantes para este diseño, los modelos: F-35A CTOL, el F-35B STOVL y, por último, el F-35C CV.

Posee el motor de combate más desarrollado en el mundo, con alrededor de 40,000 libras de empuje e innumerables adelantos respecto a seguridad, diseño, rendimiento y seguridad. El sistema de propulsión del F135-PW-600 VTOL permitió el primer vuelo del F-35 un día 11 de junio de 2008. (Whitney, 2019)



Figura 17. Motores F135.

Fuente: (Whitney, 2019)

2.5.2 Clasificación de los aviones VTOL.

- Helicóptero.
- Convertiplano: Este tipo de VTOL va equipado con equipos móviles implantados en la aeronave, los cuales permiten el libre giro de los motores donando el empuje horizontal o vertical según vea conveniente el piloto.
- Aviones “tail sitter”: Su forma peculiar para elevarse se debe al tren que posee en la cola, el cual permite realizar la maniobra similar a un cohete, ubicándose de manera horizontal hasta que, alcanzada la velocidad deseada; despegaba y la sustentación era producida por los planos sustentadores.
- Aviones VTOL de toberas orientables: Su funcionamiento es similar al de un convertiplano con la única diferencia que son impulsados por motores a reacción puros.
- Otros VTOL experimentales: En esta división ingresan los modelos que han sido desarrollados por diversas organizaciones aeronáuticas, cuyos fines dependen de la función de las mismas o de la persona que los diseñe e implemente. (Anónimo, 2012)



Figura 18. VTOL experimentales.

Fuente: (Anónimo, 2012)

2.6 Estructura de un UAV.

2.6.1 Armazón.

Se refiere al cuerpo o al esqueleto del avión, el cual aloja en sí; los componentes electrónicos, baterías y demás accesorios que permiten al mismo realizar las funciones de vuelo. (Ruipérez, 2016)



Figura 19. UAV estructura.
Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.6.2 Motores

Los drones se propulsan gracias a un tipo de motor eléctrico denominado como brushless (del inglés sin escobillas). Dichos motores gozan y entregan una alimentación en corriente continua con el fin de cambiar la polaridad dentro del bobinado.



Figura 20. Motores brushless.
Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.6.3 Variadores o ESC.

Un ESC por sus siglas en inglés traducidas a “Controlador de Velocidad del Motor”, es un circuito electrónico que se encarga de monitorear y regular la velocidad de giro de los motores para el modelo de aeronave VTOL según las necesidades del vuelo lo requieran.



Figura 21. ESC.
Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.6.4 Hélices.

Las hélices sin duda alguna representan los componentes más importantes del equipo debido a su influencia en la fuerza de empuje y de levante que tendrá sobre el UAV. Sus tamaños son diversos y su número indica las pulgadas y serie de cada una.



Figura 22. Hélices.
Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.6.5 Batería.

La batería de iones de litio o conocida comercialmente como LIPO, es un dispositivo netamente encaminado al almacenamiento de energía, este tipo de batería presenta un nivel alto de descarga energética, por ello es requerida en los vehículos aéreos no tripulados debido a que usan motores eléctricos como medio de propulsión. (Ruipérez, 2016)



Figura 23. Batería LIPO.
Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.6.6 Controlador de vuelo.

Este dispositivo es vital para la funcionalidad adecuada del dron, ya que en él se plasman todas las configuraciones y órdenes de computadora que el piloto desee implementar en la aeronave para su vuelo automático. El controlador posee una cierta cantidad de entradas y salidas en donde se conectan los distintos equipamientos del UAV tales como los controladores de velocidad y demás.

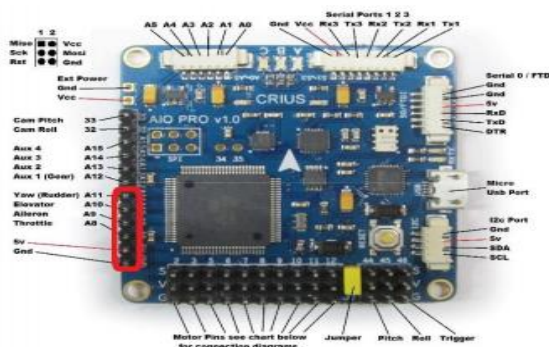


Figura 24. Controlador de vuelo.

Fuente: (Ruipérez, 2016)

2.7 Foam board o núcleo de espuma.

El Foam board es una constitución similar al cartón, solamente que entre las dos capas, en su interior, dispone de una adicional de espuma. Es denominado como tablero, núcleo o lámina de espuma. (Kalif, 2016)

El núcleo de espuma es mundialmente conocido y expuesto en varias facetas, desde carteles de presentación en proyectos y ferias; hasta una forma de diseño en maquetas de estudiantes para arquitectura, ingenieros y aficionados a la construcción de vehículos para el modelismo.



Figura 25. Foam Board.

Fuente: (Kalif, 2016)

2.7.1 Características del foam.

- Es firme igual que el cartón.
- Usualmente posee un grosor de entre 3 y 5 mm, es decir un aproximado de de 1/8 y 3/16 respectivamente.
- El tamaño más común que pueden encontrarse es de 20 pulgadas por 30 pulgadas.
- Colores: El más usual y comercial es el blanco, aunque pueden hallarse de una gran variedad de tonalidades. (Kalif, 2016)

2.7.2 Adquisición del foam.

Se pueden encontrar una infinidad de lugares donde adquirir el producto, desde tiendas online como Amazon hasta bares en la ciudad o barrio de residencia, los cuales disponen de tamaños y colores surtidos a conveniencia del que desea adquirir. Su precio varía según el almacén y el tamaño de la plancha de foam.

2.7.3 Gator Board.

Gatorboard (o Gator Board) es otro tipo de tablero de espuma que suele utilizarse como un exhibidor de eventos, viene equipado con un núcleo interno muy denso de foam y uno externo más fuerte elaborado de una chapa de fibra de madera. Dicho núcleo exterior es netamente resistente al agua, a su vez resiste y no se deforma al aplicarle fuerza. (Displays2go, 2019)



Figura 26. Gator Board.
Fuente: (Displays2go, 2019)

2.7.4 Aplicación del gator board.

Las planchas de espuma tipo Gator suelen emplearse en tableros de exhibición y lugares de muestra de productos al ser necesaria mayor rigidez del material y sin importancia del peso que ocupe su estructura.

2.8 Preliminares.

El día 17 de septiembre de 2015, la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC), emitió la resolución 251 para normar la utilización de los Sistemas de Aeronaves Pilotada a Distancia (RPAS) o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS), más conocidas como DRONES, donde constan diez artículos referentes principalmente a lugares de prohibición de operaciones a RPAS, altura máxima de vuelo, las horas de operación, los responsables de las operaciones realizadas, limitaciones de operación, seguros de la aeronave, etc. (DGAC, 2015)

2.8.1 Resolución 251/2015 Dirección General de Aviación Civil.

A continuación, se enlistan los diez artículos pertenecientes a dicho reglamento impuesto por su máximo representante:

- **Art. 1 Operaciones en las cercanías de un aeródromo.** - Se prohíbe la operación de las RPAS/UAS en espacios aéreos controlados. La operación de las RPAS/UAS se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros (5 NM) de las proximidades de cualquier aeródromo o base aérea militar. (DGAC, 2015)
- **Art. 2 Altura máxima de vuelo.** - La operación de las RPAS/UAS no excederá en ningún momento una altura de vuelo de 400 pies (122 metros) sobre el terreno (AGL). (DGAC, 2015)
- **Art. 3 Horas de operación.** - Las RPAS/UAS serán operadas solamente en las horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol; y en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC), libre de nubes, neblina, precipitación 37 o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con la RPAS/UAS. (DGAC, 2015)
- **Art. 4 Responsabilidad por la operación.** - La persona que opera los controles de las RPAS/UAS será responsable por la operación general de la misma durante todo el vuelo, en forma solidaria con el explotador o propietario de la aeronave. (DGAC, 2015)
- **Art. 5 Integridad fisiológica del operador de una RPA.** - Ninguna persona operará los controles de una RPAS/UAS si:
 - a) Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga durante la operación;
 - b) Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura. (DGAC, 2015)

- **Art. 6 Funciones de automatización.** - Si las RPAS/UAS tienen la capacidad de realizar vuelo automático, esta función podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento para tomar el control inmediato de la aeronave. (DGAC, 2015)
- **Art. 7 Limitaciones.** - La persona que opera los controles de una RPAS/UAS es responsable por asegurarse que la misma sea operada de acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante. (DGAC, 2015)
- **Art. 8 Seguros.** - El propietario o explotador de las RPAS/UAS están en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos en la tabla que consta a continuación:
 - De 2 a 25 Kg. de masa máxima de despegue (MTOW) se pagarán USD 3.000,00
 - De más de 25Kg. masa máxima de despegue (MTOW) se cancelarán USD 5.000,00 (DGAC, 2015)
- **Art. 9 Cumplimiento con las leyes y reglamentos locales.** - El cumplimiento de estas disposiciones, no exime al operador de las RPAS/UAS de cumplir con las leyes y reglamentos locales aplicables. (DGAC, 2015)
- **Art. 10 Consideración final.** – Cualquier aspecto no considerado en la presente resolución, será analizado y resuelto por la Autoridad Aeronáutica Civil. (DGAC, 2015)

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1. Características aerodinámicas.

3.1.1. Selección de perfiles aerodinámicos.

Un perfil NACA es aquel que determinará el porcentaje aerodinámico, teóricamente, de la aeronave y sobretodo su zona alar. Es un conjunto de cuatro dígitos los cuales podrán ser evaluados mediante computadora por un programa de aerodinámica conocido como XFLR5.

Según información previa de grupos dedicados a fabricación y construcción de equipos de vuelo y de especializados en talleres aficionados, se han obtenido tres códigos NACA a destacar para la fabricación de UAVs (2412, 1412 y 1408) los cuales se mostrarán más profundamente en los ANEXOS G, H e I.

Durante el análisis en XFLR5 se usaron algunos valores predeterminados a los tres códigos NACA, dichos factores fueron elegidos en concordancia a lo impartido durante semestres anteriores en materias como Aerodinámica y Peso y Balance del avión:

- Número de Reynolds (Re): 50.000 a 800.000
- α (Álpha): -5 A 5

- 2412

Primeramente, se creó el perfil desde el menú de opciones, se puede visualizar el contorno coloreado de rojo el cual plasma dentro del programa a la NACA para su posterior análisis utilizando parámetros predeterminados del software y añadiendo propios que conseguirán una simulación del rendimiento de cada diseño.



Figura 27. NACA 2412.
Fuente: XFLR5

Una vez obtenidos los valores luego del escaneo de datos y demás, se presentaron diversas gráficas de comparación las cuales se plasman a continuación:

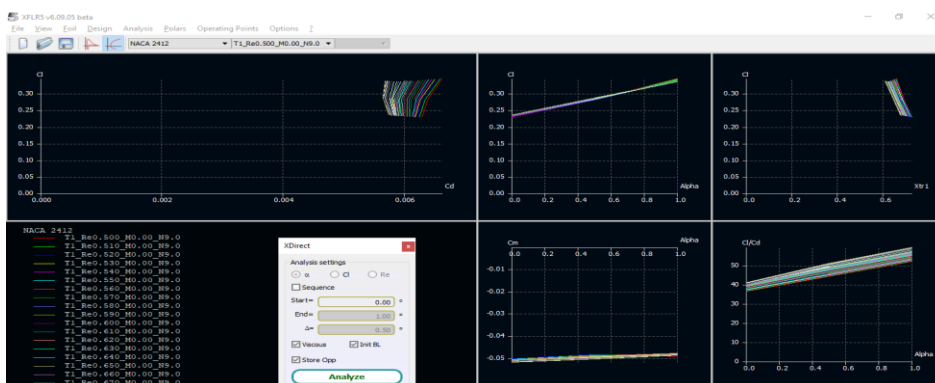


Figura 28. NACA 2412.
Fuente: XFLR5

Un punto importante durante el procedimiento de análisis es el resultado de L/D (del inglés Lift vs Drag) el cual mostrará la eficiencia de la aeronave en determinados ángulos previamente inscritos. Para éste caso se contó con un valor máximo de angulación (dentro de la escala hipotética) en 5.00 y derivó en un coeficiente de L/D igual a 89.019.



Figura 29. NACA 2412.
Fuente: XFLR5

- 1412

Siguiendo con la próxima NACA se repitieron los pasos anteriormente descritos, es decir; grabar y guardar el conjunto de dígitos que engloba al perfil.

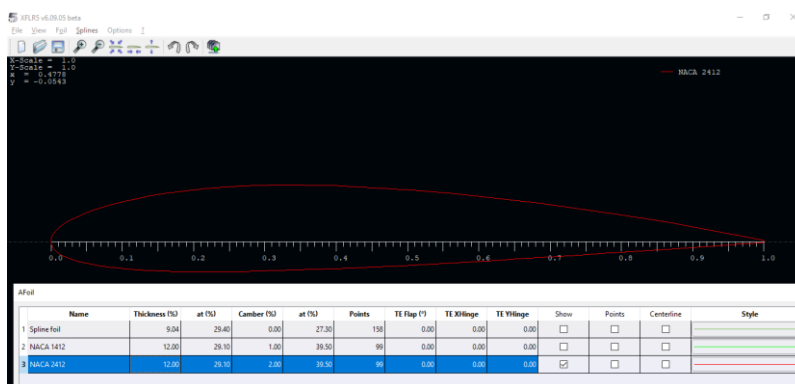


Figura 30. NACA 1412.
Fuente: XFLR5

Se procede a analizar de manera continua y con ayuda de los datos ingresados, más número de Reynolds e intervalos de marcaje; lo que conllevó a la siguiente imagen:

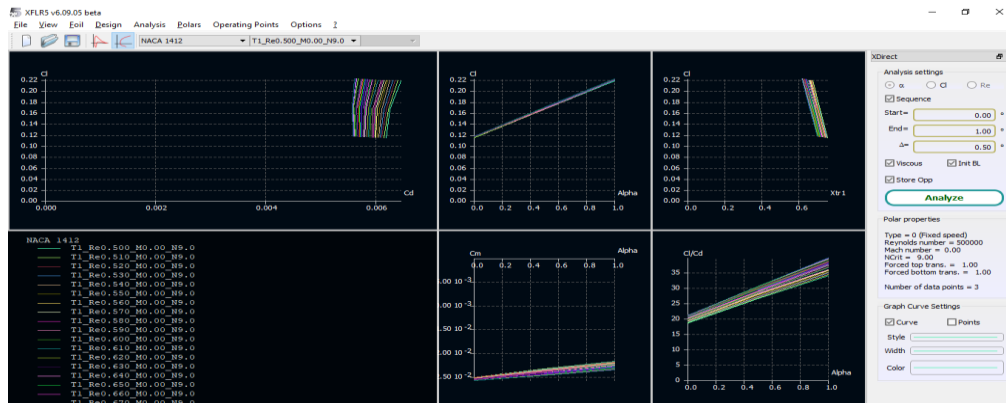


Figura 31. NACA 1412.
Fuente: XFLR5

Gracias al trabajo del programa se pudo determinar el valor de L/D para el rango máximo de angulación teórico y de prueba dentro de este perfil 5.00, el cual fue de 75.373.



Figura 32. NACA 1412.
Fuente: XFLR5

- 1408

Finalmente se determinarán valores para el perfil aerodinámico número 1408, como se ha visto en pasos previos se inicia con la creación del código y posteriormente se lleva a cabo el escrutinio de datos recopilados.

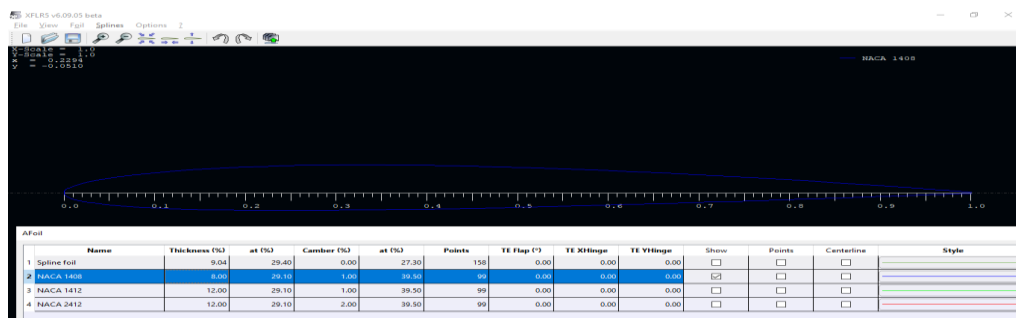


Figura 33. NACA 1408.
Fuente: XFLR5

Con los datos ganados luego del desarrollo del programa, se presentan las escalas de versus y, además; el número de L/D que representa el nivel máximo para el ángulo 5.00.

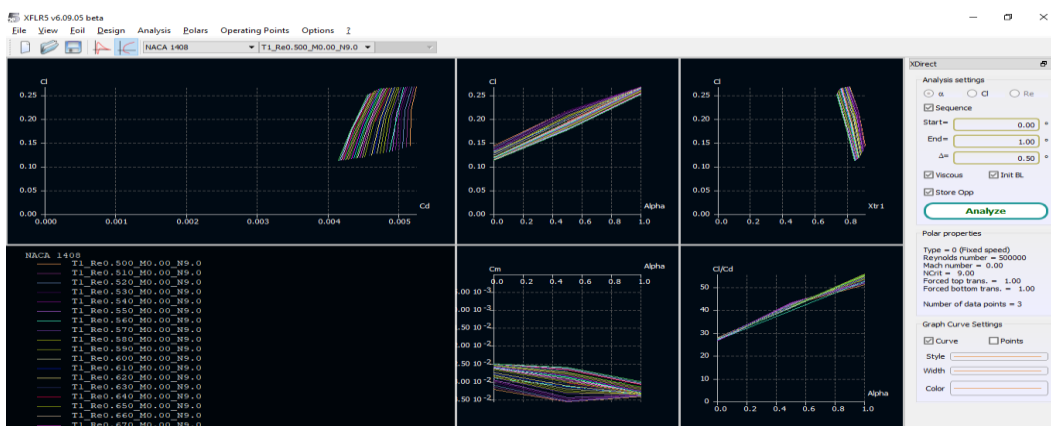


Figura 34. NACA 1408.
Fuente: XFLR5

El valor del L/D en el cual el desempeño más óptimo tendrá efecto fue determinado gracias al uso del programa que mediante la inserción de datos específicos resultó en 60.539.



Figura 35. NACA 1408.
Fuente: XFLR5

Después de analizar los tres perfiles predilectos, se pudo deducir mediante los valores de L/D que poseían cada uno que el perfil más óptimo y que significará una mayor sustentación para el UAV durante su vuelo recto y nivelado fue el 2412.

Por dicha razón, se adecuó un modelo 3D con el perfil NACA (ver Anexo J) designado para comprobar su efecto teórico con algunos valores predeterminados y modificados:

- Envergadura: 1086 mm
- Diedro: 0.5
- Peso Total: 830 g

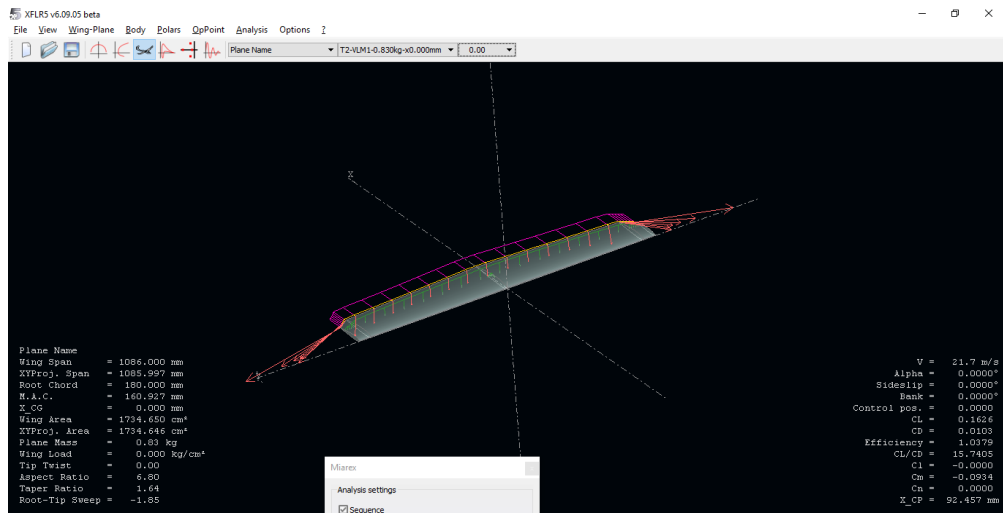


Figura 36. Diseño 3D.
Fuente: XFLR5

El análisis 3D que se llevó a cabo con ayuda del programa XFLR5 fue de vital importancia, no solamente por el hecho de visualizar el modelo alar terminado, sino también por el hecho de que se obtuvieron gráficas esenciales, las cuales mediante estudio encaminaron a demostrar que el modelo NACA seleccionado si rendirá a niveles normales y extremos.

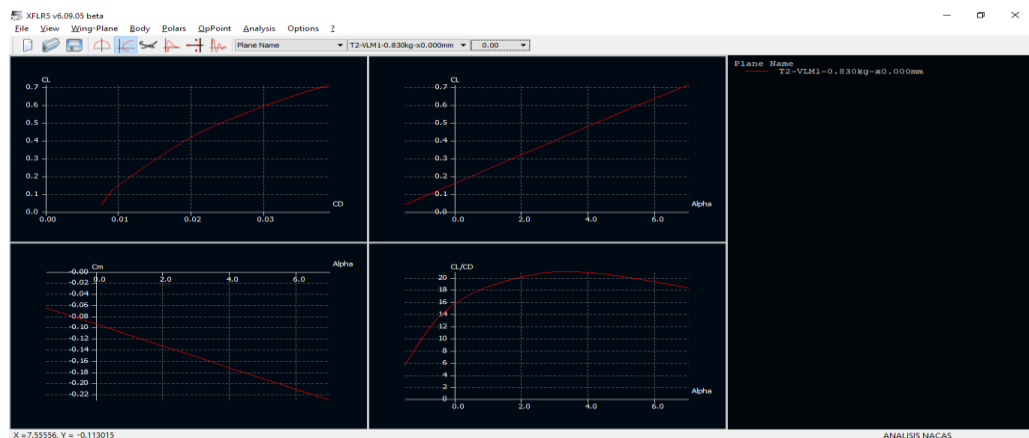


Figura 37. Diseño 3D.
Fuente: XFLR5

Cabe destacar que para denominar a un modelo de perfil alar como adecuado o idóneo se necesita visualizar simplemente la pendiente de la recta en el gráfico C_m vs α , la cual mientras tenga un sentido de creciente significará mayor y mejor desempeño.

3.1.2. Geometría del ala.

Para determinar la forma del ala se recurrió a fijar la atención en la distribución típica de las cargas sobre la envergadura alar tal y como lo muestra la figura 38:

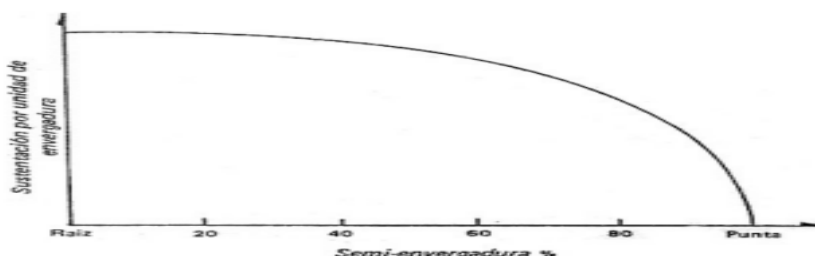


Figura 38. Distribución de cargas sobre la envergadura.

Fuente: (Azpeitia, 2018)

Elegir el tipo de ala fue difícil, pero se llegó a un punto clave de selección; mínima resistencia al avance. Si bien las de formas elípticas poseen el mejor coeficiente, implicaría dificultad de construcción por lo que se empleó una similar que fue la de forma “ligeramente ahusada” que figura en la siguiente imagen:

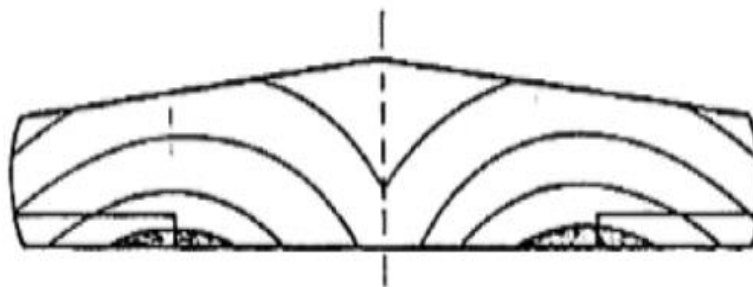


Figura 39. Ala ligeramente ahusada.

Fuente: (Azpeitia, 2018)

Con la forma y perfil alares ya definidos, solamente resta posicionar el ala en la aeronave, es decir; que tipo de ubicación tendrá; habiendo distintos ejemplares de alas como la baja, media o alta. Para el presente proyecto se utilizará una configuración de ala alta lo que se traducirá en mayor estabilidad del avión.

Ventajas del Ala Alta:

- Facilidad y rapidez de carga y descarga.
- Trenes de aterrizaje cortos (alivianar pesos).
- Menor efecto suelo en aviones de corta carrera de despegue y aterrizaje (STOL).
- No requiere ángulo diedro (fácil construcción y colocación).



Figura 40. Ala alta.
Fuente: (Azpeitia, 2018)

3.1.3. Geometría del estabilizador.

La cola está constituida por estabilizador vertical y horizontal, la selección de la forma depende mucho de la posición de los motores debido a que mientras más cercanos estén al flujo de aire que envían éstos, mejor será el desempeño que realice la aeronave. En la siguiente figura se muestran algunas de las variables más usadas en aviación.

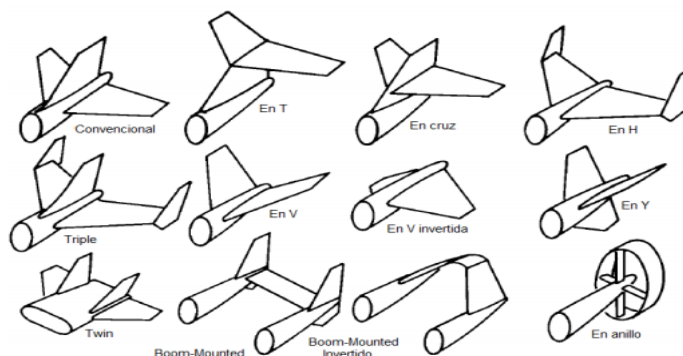


Figura 41. Estabilizadores en una aeronave.
Fuente: (Azpeitia, 2018)

A fin de que el UAV desarrolle de mejor manera todas sus capacidades, se optó por elegir una configuración tipo “Boom Mounted Invertido”.

3.1.4. Geometría del fuselaje.

El diseño del fuselaje es variado y depende principalmente de la misión del prototipo. El UAV que se va a desarrollar no acoge tripulación, solo los componentes que permitirán el control de la misma, por lo que se decidió seleccionar un fuselaje sólido reforzado sobre el cual irá posicionada el ala antes mencionada.

3.2. Construcción de la estructura de la aeronave.

3.2.1. Materiales.

Tabla 2.

Elementos para la fabricación de la estructura del UAV.

Materiales	Cantidad
Foam board (lámina)	10
Pistola de silicón	1
Silicón en tubo	15

CONTINUA ---->

Cinta adhesiva	1
Tijeras	1
Estilete o cuchilla	1
Cinta taípe	2
Palillos	5
Ligas	100
Pintura en aerosol	5

3.2.2. Parámetros de selección de la estructura del UAV.

Si se dispone a realizar una estructura para un UAV uno de los principales factores a considerar es el material, el peso y muchas cualidades físicas del mismo; pero también es requerido analizar diversos aspectos y fines a propiciar el proyecto.

Las tablas de espuma fueron diseñadas para un fin especial es por ello que a continuación se detallan algunos de los más importantes aspectos a considerar:

Tabla 3.
Comparación de foam vs gatorboard.

	NÚCLEO DE ESPUMA	GATORBOARD
Interior de espuma	X	X
Chapa de madera exterior		X
Barato	X	
Ligero	X	X
Duradero		X
Superficie libre de ácido	X	X
Fácilmente corte a mano	X	
Resistente al clima		X

Fuente: (Displays2go, 2019)

3.2.3. Introducción.

El ensamblaje del modelo FT Explorer modificado emprendió rumbo con la obtención de los planos proporcionados desde la página web Flite Test, propietaria del modelo. Fue necesaria la búsqueda de un equipo especial para la impresión de los mismos en un formato A0 o plotter con la finalidad de que la escala del avión sea la adecuada.

Una vez impresos los planos del VTOL se procedió, con ayuda de tijeras, a recortar cada parte incluida en el documento debido a que se requería ubicar las piezas desmembradas sobre la espuma (foam board) para su posterior extracción parte por parte de la lámina y su pronta adhesión en conjunto para formar el todo.

Se debe cortar cuidadosamente las zonas y recorrer las líneas guía del ejemplar con el objetivo de que ningún fragmento quede inconcluso o mal delimitado ya que esto podría causar alteraciones en el producto final que significarían fallas grandes y considerables.

Con las partes obtenidas, se procede a ubicarlas sobre la lámina de foam board en un orden a gusto propio y asegurarlas con goma o cinta adhesiva, para esta ocasión se usó la goma para las secciones pequeñas y cinta como apoyo en las zonas de mayor longitud de la aeronave como son alas y fuselaje.

Una vez estampados los recortes a la espuma, con ayuda de un estilete o cuchilla fina, se extraen las partes previamente situadas sobre ella y poco a poco se reúnen las piezas del VTOL. Durante este paso es esencial tener buen pulso y delicadeza al utilizar dichos elementos ya que un mal movimiento podría derivar en cortes erróneos o irregulares.

Contando con las secciones ya cortadas, se enrumba la atención a ubicarlas dando la forma teórica final del proyecto como una simulación visual para el futuro armado del equipo. Dicho paso ayudará a tener una noción básica de los componentes, su posición dentro del modelo al igual que su orden lógico y de armado.

El inicio del ensamblaje marca dos puntos clave que son; comprensión de planos de construcción y distinguir las formas de unión que el fabricante detalla en la guía de usuario, hay dos tipos especificados en este proyecto que son al A (encimado al borde) y b (junta al borde). De igual manera en ciertas uniones se deberá realizar cortes de 45 grados o simplemente quitar la espuma que rellena la lámina dejándola desnuda, todo nos ayudará a llevar acabo la tarea encomendada.



Figura 42. Secciones del UAV.

- **Nota:** Recurrir a sección ANEXOS para visualizar planos de construcción y diseños en AutoCad.

3.2.4. Sección de la nariz.

Se procede a realizar un corte que elimine la espuma dejando la piel al descubierto para derivar en una unión tipo B en la zona de la nariz, la pieza formará una especie de “bota” doble, la cual debe ser unida gracias a silicona líquida con la ayuda de una pistola.

Ya seca la figura, el plan continúa con la utilización de la tira de espuma perteneciente a la piel de la nariz que se divide en dos; la parte A la cual posee un orificio para manejo de la estructura y la B que termina de formar el capuchón del morro. La característica de esta parte es que se debe rasgar ligeramente con la ayuda de una cuchilla, dicha zona para que el material pueda ser moldeado y agarre la forma requerida de la nariz del avión. Finalizado el paso, dejar secar y continuar con lo demás.



Figura 43. Nariz del UAV.

3.3.2. Sección de la bahía electrónica y fuselaje

Esta zona se subdivide en tres estructuras; la primera que es un soporte superior para el fuselaje, la segunda una unión entre el fuselaje y la nariz y el fuselaje propiamente dicho en donde se encontrará la bahía para los equipamientos electrónicos del avión.

El soporte superior consta de una forma cuadrangular con la presencia de tres paredes laterales las cuales, con ayuda de la silicona líquida y una escuadra o regla con ángulo recto, se unirán para formar el techo que soportara al fuselaje y a su vez al ala. Cabe destacar que al realizar los cortes y juntas para esta sección se deben seguir los lineamientos del tipo A que se especificó en la introducción hacia la construcción del dron.

Para unir el cuerpo con el morro se usa una estructura denominada unión de fuselaje. Dicho cuerpo funciona como base tanto para el soporte superior como para la presencia del fuselaje y los equipos electrónicos. Se trata de una superficie alargada puntiaguda la cual dispone de agujeros cuyo fin es permitir el paso del cableado electrónico desde la computadora de vuelo hasta las demás zonas del avión.

Por último, se ensambló la zona de la bahía electrónica, quizá; de las más significantes para el correcto desempeño de la aeronave ya que soportará el peso de varios componentes y a su vez dará forma al fuselaje. La pieza alargada encajará perfectamente en el contorno de la unión cuerpo-morro y una vez sellada con el engrudo dará por finalizado el compartimiento principal del UAV, en él se alojarán diferentes dispositivos.



Figura 44. Bahía electrónica y fuselaje del UAV.

3.2.5. Sección del ala.

El procedimiento de armado del ala implica más atención que cualquier otra subdivisión del esqueleto del UAV, debido a que ésta será la fuente sustentadora y la que permitirá el vuelo nivelado del avión.

Se inicia recortando en la plancha de foam board la silueta primaria del ala, y posteriormente, replicar dicho contorno para obtener una copia exacta de la anterior.

A continuación, se procede a delinear las zonas ya marcadas sobre la mitad replicada del ala con el fin de que ambas partes tengan medidas y marcas por donde recortar, pegar y unir sección tras sección. Se necesita medir con precisión cada agujero, cada trazo y sobretodo distancia encontrada debe ser trasladada a la copia buscando llegar a un ala completamente similar.

El ala contendrá los pods para los dos motores del dron, es por dicha razón que el espacio destinado para su ubicación debe ser exacto. El punto donde irán asentados dichas estructuras se ubican justo en la parte central del ala.

Una vez realizados todos los trazos sobre la placa de foam, se procede a rasgar con un estilete las líneas marcadas con el objetivo de dar ángulos de movimiento determinados y facilidad de empotramiento para con la demás estructura. En este punto es vital seguir las líneas trazadas a la mitad del ala de una forma coordinada y segura, obteniendo como resultado el dobléz requerido para que el ala pueda ir tomando un aspecto más estético.

Como se tiene conocimiento por estudios y conocimientos anteriores, un ala debe estar reforzada por estructuras primarias y secundarias para darle forma o simplemente un diseño mejor, es por ello que en este proyecto se utilizarán largueros que funcionan como soporte contra las caídas y golpes, y como refuerzo del perfil alar. Éstos, irán asentados y plasmados con silicona dentro del ala en forma paralela manufacturados con la espuma de trabajo.

De igual manera, parte indispensable para el vuelo de cualquier dispositivo aéreo es su conjunto de superficies primarias, los alerones serán trazados previamente sobre el extremo más lejano del ala, con ayuda de la cuchilla, cuidando cada corte, se debe realizar aperturas en los bordes para permitir el libre movimiento de las superficies de control según se requiera con un ángulo de desplazamiento máximo de 30 grados hacia arriba y abajo.

Finalmente, perforada y calculada cada apertura dentro del ala necesaria para el paso del cableado, colocación de servos y demás materiales, se prosigue a darle el acabado final al ala mediante la unión de borde con borde de la misma. La goma líquida será necesaria para este paso. Se requerirá ubicar varias tiras de cinta adhesiva en bordes y uniones principales del ala con el fin de cobertura y refuerzo.



Figura 45. Ala del UAV.

3.2.6. Sección de los pods del motor.

Dentro de esta zona del UAV se elaborarán los montantes y pods para los motores que darán el empuje requerido tanto para el levante como el despliegue de la aeronave. Se trata de una estructura alargada y semicónica con una boca cuadrangular donde se anexará una estructura movable para el cambio de posición de los motores y dar paso del vuelo en vertical al recto y nivelado u horizontal.

Gracias a la obtención de la silueta plasmada en la plancha de espuma, se procede a rasgar la superficie buscando un corte en B el cual favorecerá a que se moldee de manera escalonada produciendo caras o paredes laterales. Con ayuda de silicona se continúa anexando cara por cara del formato hasta dar vida al pod con abertura rectangular y terminal cónica.



Figura 46. Pod del UAV.

3.2.7. Sección de la cola.

Dentro del procedimiento para el armado de la cola del avión sobresale el importante empleo de la cuchilla para realizar los cortes en busca de ganar acceso para las superficies de control, es decir elevadores/rudder.

Una vez trazada la figura que dará vida a la cola de la aeronave en la espuma, se recorta el contorno cuidadosamente y se efectúan los agujeros necesarios para el asentamiento del servo. La configuración que tendrá la cola del aeroplano será la de una V invertida.

Con el estilete se desbastará la cantidad suficiente para dar apertura al libre desplazamiento de cada superficie de control con un ángulo determinado de 30 para arriba y de igual manera en su opuesto. Se concluye dispersando goma caliente para que la estructura quede compacta y firme.

Finalmente, Cada una de las divisiones resultantes se une por medio de aberturas y pegamento para dar como resultado al equipo ya listo para ser usado a conveniencia del personal, en este caso como la fase II del proyecto consistente en implementar el mecanismo de movimiento para la aeronave de despegue vertical.



Figura 47. Cola del UAV.

3.3. Pruebas.

La elaboración del modelo implicó la necesidad de realizar pruebas y ensayos para la verificación del mismo. El prototipo I fue el inicio de una serie de eventos que supondrían bases para futuras mejoras del avión en general y para asentar un antes y después del proyecto.

Luego de la construcción del prototipo I, que se basó en un modelo tipo cuadricóptero, es decir; con 4 motores ubicados en los pods del motor, se prosiguió a realizar los test de vuelo y de funcionamiento en tierra a la estructura ya conformada y equipada con todos los elementos electrónicos.

Primeramente, se elevó a la aeronave levemente sobre la superficie para comprobar que el centro de gravedad y el peso estuvieran adecuados, para lo cual se pudo observar lo siguiente:

- Excesivo peso en la cola.
- Leve inclinación para la izquierda.

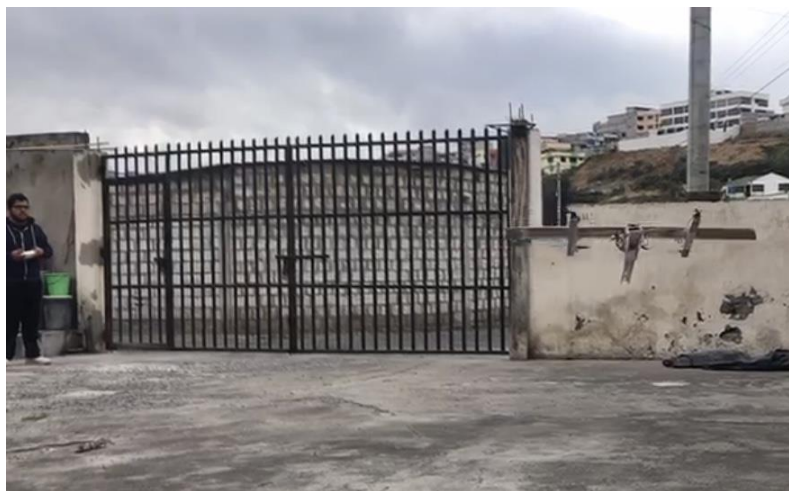


Figura 48. Pruebas Prototipo I.

Dichas falencias fueron inmediatamente corregidas con la reubicación de la batería y la computadora de vuelo en sentido más cercano a la nariz con el fin de que la aeronave tuviera estabilidad; y a su vez se fijaron componentes y cableados eléctricos de tal forma que ayudaran a mantener un perfil aeronavegable al avión agrupándolos y permitiendo que su balance permitiera que la aeronave eliminara las desviaciones y la tendencia a irse de cola.

Se volvió a probar al fuselaje ya listo en el campo de prácticas de un terreno cercano a la universidad, logrando así corregir los errores mencionados con anterioridad. La novedad resultante fue que la aeronave requería mejoras estéticas y modificaciones menores debido a golpes y roses leves durante el entrenamiento de vuelo. De manera rápida y oportuna se efectuaron las correcciones indicadas primero mediante el cambio de las partes afectadas, cola y ala, reestructurando la aeronave a "fábrica" y posteriormente dejándola como nueva.



Figura 49. Rectificación Prototipo I.

Una vez finalizada la etapa de pruebas I se decidió presentar el modelo al tutor y director de carrera, lo que conllevó a nuevos cambios y modificaciones en son de mejorar la calidad y presentación del trabajo. Derivando así en el prototipo II.

El fuselaje del prototipo II fue algo más convencional, su disposición era simple; un motor en la zona frontal. Luego de llevarlo a cabo, se procedió a probarlo lo que derivó en dos factores:

- Peso mal distribuido
- falta de estabilidad en tierra y aire.



Figura 50. Test Prototipo II.

Las pruebas II, ayudaron a corregir los errores anteriores ubicando los componentes uniformemente a lo largo del fuselaje y caja central de la aeronave y lo de la falta de estabilidad gracias a la colocación de ruedas de caucho en forma de tren de aterrizaje.



Figura 51. Rectificación Prototipo II.

Concluida la fase de test II se chequeó con los profesores a cargo del proyecto y se resolvieron nuevos cambios e innovaciones a la aeronave. El mandato consistía en transformar al avión en un tricóptero con till rotor que pueda combinar movimientos de los motores al elevarse en forma de dron, y al estar en vuelo estacionario cambiarlos a posición de vuelo convencional.

La elaboración del prototipo III daba marcha con los planos ya definitivos del modelo en la plataforma de AutoCAD, la característica principal era que los alerones del modelo funcionarían como elevones debido a facilidad de manejo y maniobraje del control remoto.

Como se había mencionado con anterioridad, el foam fue el material de construcción mayormente utilizado a lo largo del procedimiento, por lo que en esta ocasión no fue la excepción.

Tomando en cuenta los errores y factores previamente analizados y corregidos de los modelos subsecuentes a éste, se modificaron los lugares de posicionamiento de batería, equipos electrónicos como computadora de vuelo y conectores, y; del cableado eléctrico en general de tal forma que se obtuvo un resultado magnífico en cuanto a nivelación del centro de gravedad (CG) de la aeronave.



Figura 52. Prueba Prototipo III.

Al presenciar los múltiples accidentes suscitados en previos test de vuelo, se reforzaron los largueros del ala, así como la zona central del fuselaje. La zona de los pods del motor y de la nariz no presentaron mayor inconveniente a la hora de los vuelos. El detalle de cómo armar y realizar cortes y uniones se dará a continuación en el desarrollo, pero cabe resaltar que fue de vital importancia seguir ciertos trucos a la hora del armado del avión como son el correcto uso de la pistola de silicón y su pegamento, así como de los cortes realizados en zonas de riesgo a rotura como las alas y los pods.

La prueba III se llevó a cabo en la universidad, con la presencia de los docentes y del director de carrera, las pruebas fueron exhaustivas y rigurosas ya que debían revisarse varios parámetros como fueron; armado, material, estabilidad, funcionamiento, autonomía y el diseño en general. Después de los chequeos, se obtuvo un visto bueno de la aeronave con lo que se dio por culminado el proceso de prueba y se demostró la factibilidad del proyecto y se cumplió con todo lo encomendado desde un inicio.



Figura 53. Entrega fina Prototipo III.

Algo indispensable dentro de la vida de un mecánico de mantenimiento de aeronaves es saber dar el toque final y de calidad a su trabajo, es por ello, que se culminó el armazón para el drone VTOL recubriéndolo de capas de pintura en aerosol color negro y con detalles rojos en referencia nata a la carrera perteneciente.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

- Se estableció toda la información más relevante respecto a lo que conlleva y dispone un vehículo aéreo no tripulado, haciendo uso de fuentes bibliográficas, confiables y científicas permitiendo una amplia mejora de conocimientos previamente obtenidos y el brote de nuevas ideas y nociones claves que apoyaron durante y después de la investigación para aclarar temas relacionados a estructuras de drones.
- Se analizaron datos técnicos claves para el funcionamiento del aeroplano, gracias al uso de fórmulas preestablecidas y valores obtenidos del diseño preliminar del avión lo cual permitió desarrollar la estructura sin problema alguno. Gracias a dicho estudio se obtuvieron registros que permitirán continuar, mejorar y solventar cualquier duda o inquietud del proyecto ahora y en un futuro.
- Se ejecutó el modelo estructural para un vehículo aéreo no tripulado mediante la utilización de datos, información técnica, herramientas de trabajo e innumerables objetos que apoyaron a lo largo del proceso de diseño y fabricación del armazón, el cual fue probado y aprobado mediante estudios con el fin de que su vida útil sea duradera y en total beneficio del personal de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

4.2. Recomendaciones.

- Antes de plasmar en la realidad cualquier proyecto se deben analizar dos cosas: su viabilidad y el factor económico. Ambas son claves durante y después de la labor es por dicho motivo que se recomienda al alumnado y personal en general que se realicen estudios y cálculos previos para realizar cualquier cambio, modificación o mejora al presente con el objetivo de que la carrera sobresalga a nivel nacional con nuevos y mejores prospectos.
- Uno de los inconvenientes más grandes que se tuvo en el proceso fue el de la compensación del peso, se recomienda buscar el centro de gravedad (inicialmente ubicado a un costado del fuselaje y debajo del ala) y compensarlo regularmente hasta definir el punto de equilibrio fijo en donde la aeronave va a hacer frente al movimiento en general. Cualquier peso adicional que sea colocado significaría un leve desplazamiento del punto de equilibrio.
- Durante el armado de la estructura, el uso de herramientas corto punzantes y de alta temperatura será inevitable; por dicha razón se dicta como regla principal usar equipos de seguridad tales como guantes, gafas, zapatos de trabajo y el overol, los cuales nos permitirán culminar cualquier actividad con normalidad.
- La precisión de las uniones es clave, se requiere de mucha atención al momento de juntas bordes, vértices y demás zonas extremas las cuales acaben por dar la silueta deseada al esqueleto del UAV. Para ello el uso de escuadras o reglas con ángulos de 90 grados es primordial en búsqueda de firmeza y rectitud.

GLOSARIO

A

Aeronave: Vehículo con o sin motor que es capaz de desplazarse por el aire.

Ahusada: Se refiere a que tiene una forma cilíndrica y alargada, con mayor estrechez en los extremos.

Autónomo: Que trabaja por su cuenta.

D

Dron: Aeronave que vuela sin tripulación alguna.

E

Eje: Línea que atraviesa a un cuerpo u objeto por su centro geométrico dividiéndolo en planos o sentidos.

Espionaje: Acción de espiar o monitorear alguna cosa o situación.

Empuje: Fuerza desempeñada por un motor de reacción.

F

Fluido: Sustancia cuyas partículas se mueven con facilidad a través de un cuerpo u objeto.

Fuselaje: Cuerpo central de una aeronave, en el cual van alojados la tripulación y las mercancías.

M.

Motor: Máquina cuya finalidad es transformar la energía en movimiento.

Mantenimiento: Son las acciones o tareas llevadas a cabo para preservar un artículo o restaurarlo a un estado original, en el cual se pueda llevar a cabo cierta función requerida.

P

Propulsión: Procedimiento que permite mover hacia delante un cuerpo u objeto gracias a la expulsión de gases por medio el motor y en sentido contrario al vuelo.

R

Rotor: Pieza de una maquinaria que se mueve o gira dentro un elemento fijo.

S

Sustentación: Es aquella fuerza generada sobre un cuerpo que se desplaza a través de un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente.

T

Trayectoria: Línea o recorrido fijo que se sigue para llegar de un punto a otro.

Turbohélice: Tipo de motor propulsado por una hélice la cual genera cierta cantidad de empuje.

V

Vuelo: Es el trayecto que lleva a cabo un avión para cumplir una ruta encomendada.

ABREVIATURAS

DGAC Dirección General de Aviación Civil.

ESC Engine Speed Controller.

Fig. Figura.

FT Flite Test.

Kg/m Kilogramo/metro.

mm Milímetro.

m/s Metro/segundo.

N Newton.

OACI Organización de Aviación Civil Internacional.

UAV Unmanned Aerial Vehicle.

USD Dólares americanos.

VTOL Vertical Take Off and Landing.

^ Elevado a.

L/D Lift vs Drag.

BILBIOGRAFÍA

- Anónimo. (14 de Mayo de 2012). *Pasión por volar*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de <http://www.pasionporvolar.com/la-aeronave-vtol-vertical-take-off-a-landing-capt1/>
- Azpeitia, M. (2018). *Aerodinámica Básica e Intermedia*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de http://vatmex.com/manuales/Pilotos/Aerodinamica_basica_e_intermedia_V17.pdf
- Barsallo, J. (23 de Mayo de 2018). *Desarrollo y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado de Despegue Vertical*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7311/1/137868.pdf>
- DGAC. (17 de Septiembre de 2015). *Regulación del Uso de Drones*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/resol_-251-2015-normas-operacion-drones0102808001562176554-2.pdf
- Displays2go. (2019). *Gator Board vs Foam Board*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <https://www.displays2go.com/Article/Gatorboard-Foam-Core-63>
- EcuRed. (2011). *Vehículo Aéreo No Tripulado*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de https://www.ecured.cu/Veh%C3%ADculo_a%C3%A9reo_no_tripulado
- EcuRed. (2017). *Boeing V-22 Osprey*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de https://www.ecured.cu/Boeing_V-22_Osprey
- Kalif. (2016). *What is a Foam Board?* Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <http://www.stormthecastle.com/products/what-is-foam-board.htm>
- Kimerius. (2001). *Mecánica de Vuelo*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Mec%C3%A1nica%20de%20vuelo.pdf>

- Kimerius. (2008). *Tipos de Aeronaves*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de file:///C:/Users/usuario/Downloads/Tipos%20de%20aeronaves.pdf
- OACI. (17 de Agosto de 2019). *La Aviación Unida*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <https://www.icao.int/Search/pages/results.aspx?k=aeronave>
- Palazzesi, A. (2010). *Historia del Vuelo Vertical*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de <https://www.neoteo.com/vtol-historia-del-vuelo-vertical/>
- Ruipérez, P. (2016). *Diseño y Fabricación de un Dron*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>
- Tobar, M. (2007). *Sustentación del Ala de un Avión*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Sustentaci%C3%B3n%20de%20ala%20de%20avi%C3%B3n.pdf
- Whitney, P. &. (2019). *F135 Engine*. Recuperado el 7 de Mayo de 2019, de <https://www.pw.utc.com/products-and-services/products/military-engines/F135-Engine/>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el Señor Avilés Erazo, Vinicio Alejandro bajo mi supervisión.

Aprobado por:

ING. MUÑOZ STALIN

DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. BAUTISTA RODRIGO

DIRECTOR DE LA CARRERA



ABG. SARITA PLAZA
SECRETARIA ACADÉMICO