



**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 PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION AVIONES**

**TEMA: INSPECCIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-B5MP-3D DE  
ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 61-00-39 APLICABLE  
AL AVIÓN PZL M28 02-W PERTENECIENTE AL GRUPO DE AVIACIÓN  
DEL EJERCITO N°44 "PASTAZA"**

**AUTOR:**

**CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO**

**DIRECTOR:**

**TLGO. ARÉVALO RODRÍGUEZ, ANDRÉS ESTEBAN**

**LATACUNGA**

**2020**



## CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, ***“INSPECCIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-B5MP-3D DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 61-00-39 APLICABLE AL AVIÓN PZL M28 02-W PERTENECIENTE AL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO Nº44 “PASTAZA”*** fue realizado por el señor ***CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA LUIS SEGUNDO***, 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 Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Enero del 2020

**TLGO. ARÉVALO RODRÍGUEZ, ANDRÉS ESTEBAN**

C.C.:0604248062



## CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA LUIS SEGUNDO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***“INSPECCIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-B5MP-3D DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 61-00-39 APLICABLE AL AVIÓN PZL M28 02-W PERTENECIENTE AL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO Nº44 “PASTAZA”*** 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**



**CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO**

C.C.:1720166253



## CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### AUTORIZACIÓN

Yo, **CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA LUIS SEGUNDO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía **“INSPECCIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-B5MP-3D DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 61-00-39 APLICABLE AL AVIÓN PZL M28 02-W PERTENECIENTE AL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO N°44 “PASTAZA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, Enero del 2020



**CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO**

C.C.:1720166253

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por la inspiración, fuerza y salud que me ha brindado para seguir adelante y obtener uno de los anhelos más deseados en una etapa tan importante de mi vida.

A mis Padres, por su amor, trabajo y sacrificio quienes siempre han sido incondicionales conmigo y que gracias a sus consejos hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, enmarcado en todo momento por el ejemplo que de ellos he recibido tratando siempre de ser su orgullo.

A mi Esposa, quien ha iluminado mi vida con su apoyo, consejos, amor y paciencia, enseñándome que siempre hay una luz al final del camino brindándome fortaleza para seguir siempre adelante y decir que todo es posible.

A mis Hijas Miley y Emily, que, con su afecto y cariño, son detonantes de felicidad, para ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida y ser de motivación para terminar con éxito este proyecto de tesis.

**CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, que con su bendición llena siempre mi vida y la de mi familia para llegar hasta donde he llegado, porque gracias a él pude concretar este sueño.

Mi profundo agradecimiento a quienes conforman la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas, por la acogida dentro de sus puertas para estudiar y realizarme como un excelente profesional.

Un agradecimiento profundo a todos los docentes de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas, quienes con sus conocimientos y experiencia han guiado mis pasos durante el transcurso de esta etapa de mi vida y poder lograr la elaboración del presente trabajo.

Finamente quiero expresar mi más grande y profundo agradecimiento a mi director de proyecto de titulación, Sr. Tlgo. Andrés Arévalo que por su esfuerzo, conocimiento, experiencia y entera dedicación me ha permitido terminar mis estudios con éxito.

**CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii

### CAPÍTULO I

#### TEMA

1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos .....	4
1.5 Alcance .....	4

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Información general Aeronave PZL M28 02-W .....	5
2.1.1	Rendimiento Aeronave PZL M28 02-W .....	6
2.1.2	Especificaciones técnicas Aeronave PZL M28 02-W .....	7
2.1.3	Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W .....	8
2.1.4	Características cabina de mando Aeronave PZL M28 02-W .....	9
a.	Área de carga de cabina de pasajeros .....	10
b.	Confort de cabina .....	13
2.1.5	Cabina de mandos o de pilotos .....	14
2.1.6	Generalidades del sistema eléctrico .....	15
2.1.7	Generalidades sistema de combustible .....	16
2.1.8	Generalidad del sistema anti hielo y lluvia .....	18
2.1.9	Generalidad del sistema de luces .....	19
2.2	Parte motopropulsora generalidades .....	20
2.3	Especificaciones técnicas motor PT6A-65B.....	20
2.3.1	Especificaciones técnicas hélice HARTZELL HC – B5MP - 3D .....	22
a.	Descripción general de las siglas de la HÉLICE HARTZELL .....	24
2.3.2	Regulador de la hélice .....	26
a.	Teoría de operación del regulador (governor).....	26
2.4	Principios e historia de la hélice.....	31
2.4.1	Fundamentación de la hélice .....	32
2.5	Tipos de hélices .....	35



2.5.1 Hélices de paso fijo .....	36
a. Clasificación de la hélice de paso fijo .....	37
b. Construcción de la hélice de paso fijo.....	38
b.1. Hélices de madera.....	39
b.2. Hélice de paso fijo de metal.....	41
b.3. Hélice de paso fijo materiales compuestos .....	43
2.5.2 Hélice de paso ajustable.....	44
a. Helice ajustable en tierra .....	45
b. Hélice de paso controlable .....	46
b.1. Hélice de paso controlable de dos posiciones .....	47
c. Hélice de velocidad de constante .....	50
2.5.3 Componentes de la Hélice.....	52
a. Pala de Hélice .....	52
b. Cubo.....	53

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminar .....	54
3.2 Medidas de Seguridad.....	54
3.3 Carro soporte de la hélice.....	55
3.3.1 Procedimientos para la construcción del soporte de la hélice .....	56
a. Procedimientos de diseño SOLID WORKS.....	57
b. Diseño por mallados elementos finitos .....	59

c.	Diseño por tensión de VonMiseses .....	61
d.	Diseño por desplazamientos URES.....	62
e.	Diseño de deformación ESTRN.....	63
f.	Diseño factor de seguridad.....	64
3.4	Proceso de construcción del eje de disco.....	65
3.5	Proceso de construcción de la estructura del soporte.....	68
3.5.1	Elementos usados para la construcción .....	69
3.5.2	Trazo y corte .....	70
3.5.3	Unión de la estructura por suelda .....	72
3.5.4	Ubicación de las ruedas .....	74
3.6	Proceso de pintura .....	75
3.6.1	Aplicación del primer o protección de fondo .....	75
3.7	Prueba de diseño del soporte .....	78
3.8	Inspección de la hélice .....	79
3.8.1	Información general.....	79
3.8.2	Herramientas, equipos y materiales .....	80
3.8.3	Consumibles.....	80
3.8.4	Expendables.....	81
3.8.6	Procedimiento para desmontar la hélice.....	84
3.9	Presupuesto .....	87
3.9.1	Costos primarios.....	87
3.9.2	Costos secundarios .....	88
3.9.3	Costo total del proyecto de grado .....	88

**CAPÍTULO IV****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones.....	89
4.2	Recomendaciones.....	90

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>91</b>
-----------------------------------	-----------

<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>95</b>
--------------------------	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>96</b>
---	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>
--------------------	-----------

**ANEXO A: PLANOS DEL SOPORTE DE LA HÉLICE**

**ANEXO B: BITACORA DE VUELO**

**ANEXO C: ORDEN DE TRABAJO**

**ANEXO D: MANUALES DE INSPECCIÓN AERONAVE M28**

**ANEXO E: CUMPLIMIENTO DEL TRABAJO**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Aeronave Sikorsky M28 stol.....	5
<b>Figura 2.</b> Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W.....	8
<b>Figura 3.</b> Cabina de mando de la Aeronave M28 02-W .....	10
<b>Figura 4.</b> Área de carga .....	11
<b>Figura 5.</b> Suelo de rodillos.....	11
<b>Figura 6.</b> Sujeción cargamento pesado .....	12
<b>Figura 7.</b> Puntos de anclaje .....	13
<b>Figura 8.</b> Tomas de aire acondicionado.....	14
<b>Figura 9.</b> Cabina de control.....	15
<b>Figura 10.</b> Sistema eléctrico .....	16
<b>Figura 11.</b> Sistema de combustible .....	17
<b>Figura 12.</b> Sistema de aire de purga .....	19
<b>Figura 13.</b> Motor PT6A-65B.....	22
<b>Figura 14.</b> Hélice HARTZELL HC-B5MP-3D.....	23
<b>Figura 15.</b> Regulador en condición de velocidad .....	27
<b>Figura 16.</b> Condición de baja velocidad.....	28
<b>Figura 17.</b> Condición normal de velocidad .....	28
<b>Figura 18.</b> Condición de sobre velocidad .....	29
<b>Figura 19.</b> Condición de embandera miento .....	30
<b>Figura 20.</b> Regulador con sincrofase.....	31

<b>Figura 21.</b> Hélice básica .....	33
<b>Figura 22.</b> Nomenclatura hélice básica.....	34
<b>Figura 23.</b> Hélice puños tipo cuchilla.....	35
<b>Figura 24.</b> Tipos de hélices .....	36
<b>Figura 25.</b> Hélice paso fijo.....	37
<b>Figura 26.</b> Hélice de madera.....	40
<b>Figura 27.</b> Hélice de madera.....	41
<b>Figura 28.</b> Hélice de metal .....	43
<b>Figura 29.</b> Hélice material compuesto.....	44
<b>Figura 30.</b> Hélice ajustable en tierra.....	45
<b>Figura 31.</b> Hélice con abrazaderas.....	46
<b>Figura 32.</b> Hélice de paso controlable.....	47
<b>Figura 33.</b> Hélice de dos posiciones.....	48
<b>Figura 34.</b> Hélice de dos posiciones de tono alto.....	49
<b>Figura 35.</b> Hélice de paso velocidad constante .....	52
<b>Figura 36.</b> Pala de Hélice .....	52
<b>Figura 37.</b> Estaciones de la Pala .....	53
<b>Figura 38.</b> Cubo .....	53
<b>Figura 39.</b> Construcción del soporte de la Hélice.....	56
<b>Figura 40.</b> Diseño del soporte de la Hélice.....	57
<b>Figura 41.</b> Boceto carro soporte .....	58
<b>Figura 42.</b> Diseño en SOLID WORKS.....	59

<b>Figura 43.</b> Mallados tubular y disco .....	60
<b>Figura 44.</b> Tensión VonMises .....	61
<b>Figura 45.</b> Desplazamiento URES .....	62
<b>Figura 46.</b> Deformación ESTRN.....	63
<b>Figura 47.</b> Factor seguridad FDS .....	64
<b>Figura 48.</b> Construcción de eje.....	65
<b>Figura 49.</b> Eje y discos.....	66
<b>Figura 50.</b> Eje disco soldado.....	67
<b>Figura 51.</b> Disco Tropicalizado .....	67
<b>Figura 52.</b> Construcción del Soporte .....	68
<b>Figura 53.</b> Elementos de seguridad .....	69
<b>Figura 54.</b> Herramientas de metalistería.....	70
<b>Figura 55.</b> Corte con sierra manual .....	71
<b>Figura 56.</b> Corte con sierra electrica.....	72
<b>Figura 57.</b> Unión por punto de suelda .....	73
<b>Figura 58.</b> Estructura soldada .....	74
<b>Figura 59.</b> Estructura con ruedas .....	74
<b>Figura 60.</b> Pintura utilizada para el fondo y acabado.....	76
<b>Figura 61.</b> Revestimiento de pintura.....	77
<b>Figura 62.</b> Revestimiento Terminado .....	77
<b>Figura 63.</b> Montaje de la Hélice en el Soporte .....	78
<b>Figura 64.</b> Tabla de O-rings de hélice .....	81

<b>Figura 65.</b> Abrir cono de Hélice .....	82
<b>Figura 66.</b> Revisión visual de Palas.....	83
<b>Figura 67.</b> Inspección de fugas de aceite y grasa .....	84
<b>Figura 68.</b> Extractor de sistema Beta .....	85
<b>Figura 69.</b> Hélice con eslinga.....	85
<b>Figura 70.</b> Hélice levantada con eslinga .....	86
<b>Figura 71.</b> Extractor de sistema Beta fuera .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Especificaciones técnicas .....	7
<b>Tabla 2</b> Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W .....	9
<b>Tabla 3</b> Descripción siglas HARTZELL HC – B5MP – 3D .....	24
<b>Tabla 4</b> Costos primarios .....	87
<b>Tabla 5</b> Costos Secundarios .....	88



## **RESUMEN**

Las tareas de mantenimiento para las hélices de una aeronave se las realiza con los mejores estándares de calidad. Para lo cual el trabajo de investigación, trata de reducir el tiempo en que se realiza un mantenimiento o traslado de la misma dentro o fuera del hangar, así también como precautelar la vida útil cuando se ingrese a la bodega de abastecimientos para su conservación o para envío de reparación de la hélice o del motor. Para la ejecución de la inspección de la hélice es necesario la utilización del manual de la Hélice Hartzell N°139, donde encontramos los tipos de inspección que se realiza como los procedimientos para la instalación y remoción de la hélice, acompañada del manual de mantenimiento de la aeronave PZL-M28 02-W, con el capítulo de herramientas especiales en el cual se encuentra los equipos de soporte en tierra, guía para la construcción del soporte de la hélice, necesario para mejorar la calidad de una inspección, reduciendo personal necesario al momento de trasladar de un punto a otro dentro del hangar. De esta manera se puede concluir que la utilización del soporte para la hélice en una inspección ayuda a mejorar la operatividad de las aeronaves reduciendo tiempo y costos.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AERONAVE PZL M28 02-W**
- **AERONAVES – MANTENIMIENTO DE HÉLICES**

## **ABSTRACT**

The present research focuses the maintenance tasks for the propellers of an aircraft are carried out with the best quality standards. For which the work of investigation, it tries to reduce the time in which a maintenance or transfer of the same one is made inside or outside the hangar, as well as to precautionary the life utility when it is entered the warehouse of supplies for his conservation or to send of repair of the propeller or the motor. For the execution of the inspection of the propeller it is necessary to use the manual of the Hartzell Propeller N°139, where we found the types of inspection that are made like the procedures for the installation and removal of the propeller, accompanied by the manual of maintenance of the aircraft PZL-M28 02-W, with the chapter of special tools in which it is the equipment of support in land, guide for the construction of the support of the propeller, necessary to improve the quality of an inspection, reducing necessary personnel at the time of transferring from a point to another one within the hangar. In this way it can be concluded that the use of the propeller support in an inspection helps to improve the operation of the aircraft reducing time and costs.

### **KEYWORDS:**

- AIRCRAFT PZL M28 02-W**
- AIRCRAFT - PROPELLER MAINTENANCE**

**CHECKED BY:  
MARIA ELISA COQUE  
DOCENTE UGT**

## **CAPÍTULO I**

### **TEMA**

# **“INSPECCIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-B5MP-3D DE ACUERDO A LA TAREA DE MANTENIMIENTO 61-00-39 APLICABLE AL AVIÓN PZL M28 02-W PERTENECIENTE AL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO N°44 “PASTAZA”**

## **1.1 Antecedentes**

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, en adición a su flota para operaciones de vuelo en el Grupo de Aviación del Ejército N° 44 “PASTAZA”, incorporó la primera aeronave M28 de la corporación aeroespacial POLSKIE ZAKŁADY LOTNICZE (PZL Mielec - Trabajos Aeronáuticos de Polonia), el mismo que cuenta con dos motores turbohélice Pratt & Whitney Canadá PT6A-65B, operación de despegue y aterrizaje corto (STOL) y dos hélices HC-B5MP-3D de la compañía Hartzell Propeller Inc.

Ruiz (2007) En el taller de Hélices del Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala N0.11 de Quito se realiza el trabajo de Overhaul de las hélices tipo Hartzell de la aeronave TWIN OTTER han tenido problemas en el mantenimiento de desarmado y armado del conjunto de los resortes de abanderamiento. Se han detectado otros problemas en otros tipos de mantenimiento de hélices como en el desmontaje de las Hélices Hartzell de la aeronave M28 02W perteneciente al Grupo de Aviación N°44 “PASTAZA”.

Las inspecciones de Hélices, así como otros componentes de una aeronave necesita de herramientas especiales para cumplir con una orden de trabajo, sin estas herramientas especiales los trabajos de mantenimiento son inseguros realizarlos y traen varias consecuencias para la operatividad de la aeronave y empresa como tal, así como pérdida de recursos.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El Grupo de Aviación del Ejército N°44 "PASTAZA" al haber adquirido una nueva aeronave, tiene la necesidad de brindar mantenimiento a la aeronave y sus componentes para su conservación y operabilidad en vuelo, dejando en cuenta que realiza operaciones de despegue y aterrizaje STOL y en pistas no preparadas que pueden causar daños por objetos extraños a las Hélice por lo que deberá ser inspeccionada.

En los diferentes tipos de inspección de la Hélice se encuentran las especiales, en donde una de ellas es daños por objetos extraños. Este tipo de daño refiere a que se debe desmontar la Hélice dependiendo de los indicadores que se revele en el Manual de la Hélice. (139-0000-R16).

El desmontaje se ha convertido en una condición insegura ya que no se cuenta con un soporte de Hélice en donde se pueda asegurar su estabilidad en tierra, es aquí que nace la necesidad de construir una herramienta que sea especialmente para el uso en este tipo de hélices como soporte y transporte de un lugar a otro al momento de desmontar, con esto se pretende que su mantenimiento y traslado sea eficiente y seguro.

### **1.3 Justificación e importancia**

Tomando en cuenta que el Grupo de Aviación del Ejército N°44 "PASTAZA", realiza varias operaciones de vuelo y es muy importante en el sector del Oriente, consume muchas horas de vuelo por lo cual es necesario que las inspecciones de mantenimiento sean continuas. Esto porque existe desgaste en todos sus componentes además de reportes inesperados ya sea por golpes por objetos extraños, rayos entre otros.

En base a lo anterior, la propuesta es realizar un soporte para la hélice cuando este en tierra y así poder dar seguridad y eficiencia en las tareas de mantenimiento a las que están sometidas, ya que donde se encuentra operando esta aeronave no cuenta con un soporte de Hélices que ayude y mejore el rendimiento de una inspección.

Debido a que el Grupo de Aviación del Ejército N°44 "PASTAZA" dispone de espacios que dificultan el transporte de componentes de aviación se fabricará un soporte el cual movilizará la Hélice HC-B5MP-3D por los alrededores del centro de mantenimiento.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 General**

Inspeccionar la Hélice Hartzell HC-B5MP-3D de acuerdo a la tarea de mantenimiento 61-00-39 aplicable a la aeronave PZL M28 02-W perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N°44 "PASTAZA" utilizando un soporte móvil y manuales de mantenimiento para tener un ambiente cómodo y seguro.

### **1.4.2 Específicos**

- Analizar los requerimientos y necesidades que tiene el Grupo de Aviación del Ejército N°44 “PASTAZA”, en cuanto a las tareas de mantenimiento realizado a la Hélice Hartzell HC-B5MP-3D de la aeronave M28 02W.
- Recopilar información acerca de herramientas especiales necesarias en una inspección de mantenimiento de la Hélice Hartzell HC-B5MP-3D de la aeronave M28 02W.
- Implementar una herramienta especial para el soporte de la hélice HARTZELL de la aeronave M28 02W perteneciente al Grupo de Aviación del Ejército N°44 “PASTAZA”.

### **1.5 Alcance**

El presente proyecto abarcará la implementación de un soporte móvil para la Hélice HC-B5MP-3D y así optimizar tiempo y recursos a través de la seguridad y confianza que brinda para las tareas de mantenimiento, así como mejorar la situación de traslado a través de las secciones de mantenimiento reduciendo el esfuerzo físico del personal de técnicos que realiza esta tarea, esto sirve para aumentar la operatividad de la aeronave M28 02w que realiza vuelos multipósitos alrededor del Territorio Ecuatoriano a favor de todos sus ciudadanos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Información general Aeronave PZL M28 02-W

La aeronave M28 STOL es un monoplano, bimotor, de ala-alta y con una estructura totalmente metálica con una cola vertical doble y una puerta trasera en forma de concha, siendo su diseño exclusivo que permite una rápida y fácil reconfiguración. (PZL Mielec, 2019)



**Figura 1.** Aeronave Sikorsky M28 stol

La plataforma del M28 fue probada en operaciones en condiciones extremas (de ambientes árticos a marinos y tropicales), ofreciendo alta capacidad de alcance y carga, junto con su capacidad de utilizar pistas de aterrizaje no preparadas. El M28 es valorado por sus capacidades de misión, seguridad, robustez, rendimiento y sus recursos. Actualmente, más de 100 aeronaves M28 operan en todo el mundo en configuraciones tanto comerciales como militares, soportando la amplia gama de misiones, incluyendo el

M28 "Bryza" de la Fuerza Aérea y de la Marina Polonesa, que es una variante militar del M28 dedicada a las funciones de vigilancia marítima.

Por otro lado (Sikorsky Company, 2019), una aeronave multifuncional como el M28 también realiza una variedad de otras misiones, como transporte de pasajeros y cargas, entrenamientos de paracaídas, patrulla de fronteras y evacuación de emergencia. Dependiendo de las características de la misión, el M-28 puede ser equipado con piezas mixtas de equipos especializados, incluyendo configuraciones de reconocimiento/pasajero o pasajero/carga.

### **2.1.1 Rendimiento Aeronave PZL M28 02-W**

La aeronave M28 es capaz de operar en cualquier tipo de pista y en casi cualquier condición climatológica, gracias a su ala alta, timón doble y tren de aterrizaje de tres ruedas, combinado con dos motores turbohélices con capacidad de reversa hacen que sea duradera, fiable y efectiva en condiciones hostiles y superficies no preparadas. (PZL Mielec, 2019)

Única en su clase con una puerta de cargamento trasera que sirve para embarcar a pasajeros o cargas, puede ser configurada como bodega de cargamento bajo fuselaje para carga extra. Su autonomía de vuelo es de hasta 6 horas con combustible interno, transportar 17 paracaidistas o 19 pasajeros, ofreciendo la mayor capacidad de carga en su clase: más de 5000 lbs (2300 kg). (Sikorsky Company, 2019)



## 2.1.2 Especificaciones técnicas Aeronave PZL M28 02-W

**Tabla 1**

*Especificaciones técnicas*

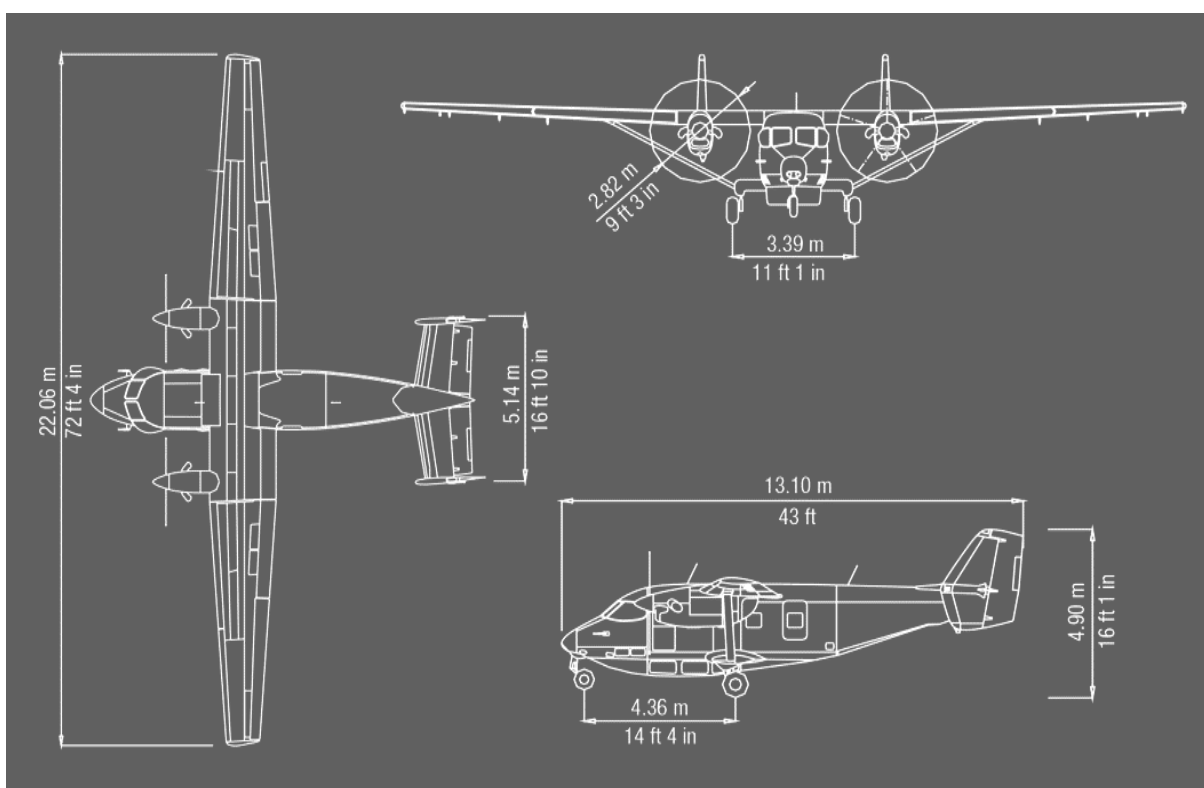
<b>Peso máximo al despegue</b>	<b>16,534 lb</b>	<b>7,500 kg</b>
<b>Peso vacío</b>	9,601 lb	4,354 kg
<b>Carga útil</b>	5,070 lb	2,300 kg
<b>Carga de combustible máxima</b>	3,894 lb/602 US Gal	1,766 kg/2,278 l
<b>Potencia de despegue</b>	2 x 1100 shp	2 x 820 kW
<b>Consumo promedio de combustible (10,000 ft)</b>	591 lb/h	268 kg/h
<b>Velocidad máxima de operación</b>	192 kts	355 km/h
<b>Velocidad de entrada en pérdida (MTOW)"</b>	65 kts	120 km/h
<b>Velocidad de crucero de largo alcance</b>	132 kts	244 km/h
<b>Régimen máximo de ascenso (MTOW)"</b>	2,420 ft /min	12.29 m/s
<b>Distancia de despegue</b>	1,800 ft	548 m
<b>Distancia de aterrizaje</b>	1,640 ft	499 m
<b>Techo de vuelo</b>	25,000 ft	7,620 m

**CONTINÚA** 

Alcance máximo (10,000 ft., 45 min. reserva)	860 NM	1,592 km
Resistencia (10,000 ft., 45 min. reserva)	6,2 hrs	

Fuente: (PZL Mielec, 2019)

### 2.1.3 Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W



**Figura 2.** Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

**Tabla 2***Dimensiones y áreas Aeronave PZL M28 02-W*

<b>Envergadura</b>	<b>72.38 ft</b>	<b>22.06 m</b>
<b>Longitud</b>	43.00 ft	13.10 m
<b>Altura</b>	16.08 ft	4.90 m
<b>Cabina de pasajeros</b>		
<b>Longitud</b>	17.25 ft	5.26 m
<b>Anchura</b>	5.66 ft	1.73 m
<b>Altura</b>	5.63 ft	1.72 m
<b>Puerta de cargamento</b>	L 8.53 ft x W 3.93 ft (máx)	L 2.6 m x W 1.2 m (máx)

Fuente: (PZL Mielec, 2019)

**2.1.4 Características cabina de mando Aeronave PZL M28 02-W**

La aeronave tiene una estructura tipo semi – monocasco de material metálico con un volumen de 485 pies cúbicos. Consta con una bodega de carga que se encuentra en la parte inferior del fuselaje con una capacidad de 300 kg. (PZL Mielec, 2019)

- **Dimensiones de la cabina:**

- Longitud: 17.25 ft.; 5.26 m
- Anchura: 5.66 ft.; 1.73 m
- Altura: 5.63 ft.; 1.72 m

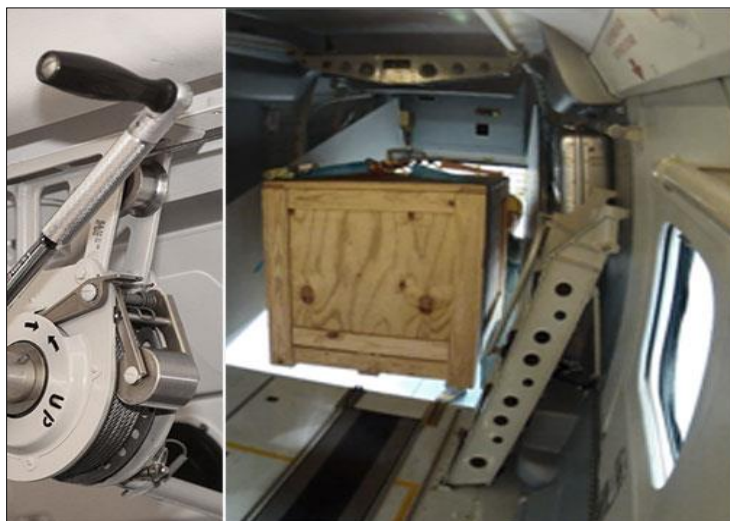


**Figura 3.** Cabina de mando de la Aeronave M28 02-W  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

#### **a. Área de carga de cabina de pasajeros**

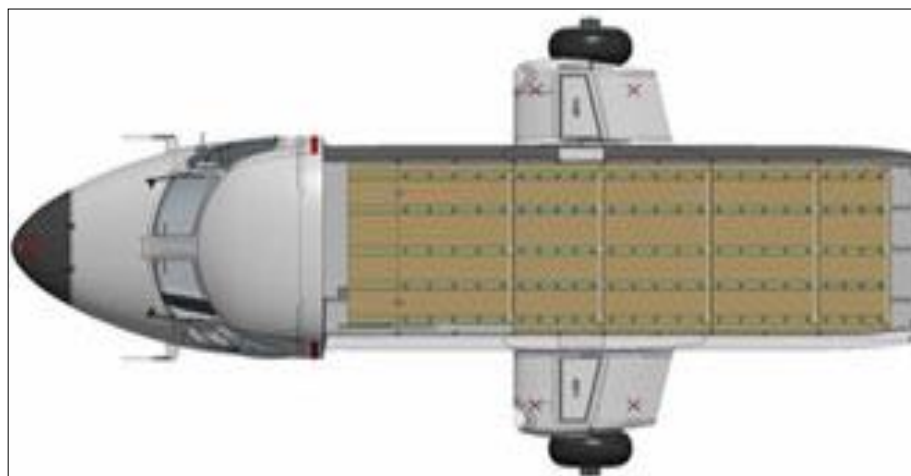
Siendo este el diseño para el transporte de bienes y no de pasajeros, debe tener una gran capacidad de almacenamiento para llevar un considerable número y de diferente categoría.

Según información tomada por (Sikorsky Company, 2019), puede mantener una carga máxima de 2300 kg que puede ser transportada al interior de la misma mediante unos rodillos ubicados en piso, con un dispositivo de carga de tipo montacargas integrado a la cabina para soportar un peso de 700 kg cuando la situación lo amerite para usarse.



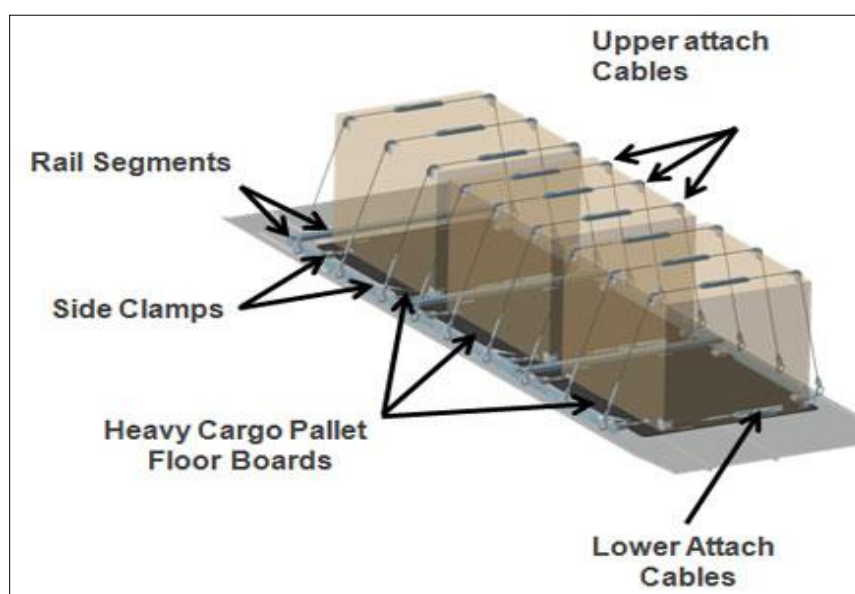
**Figura 4.** Área de carga  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

El piso con rodillos integrados para facilitar el traslado de carga de un punto a otro, se puede dividir en varias secciones dependiendo de las características de la carga, esto permite utilizar parcialmente la cabina como también para diferentes tipos de misiones o maniobras sincronizadas. (PZL Mielec, 2019)



**Figura 5.** Suelo de rodillos  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

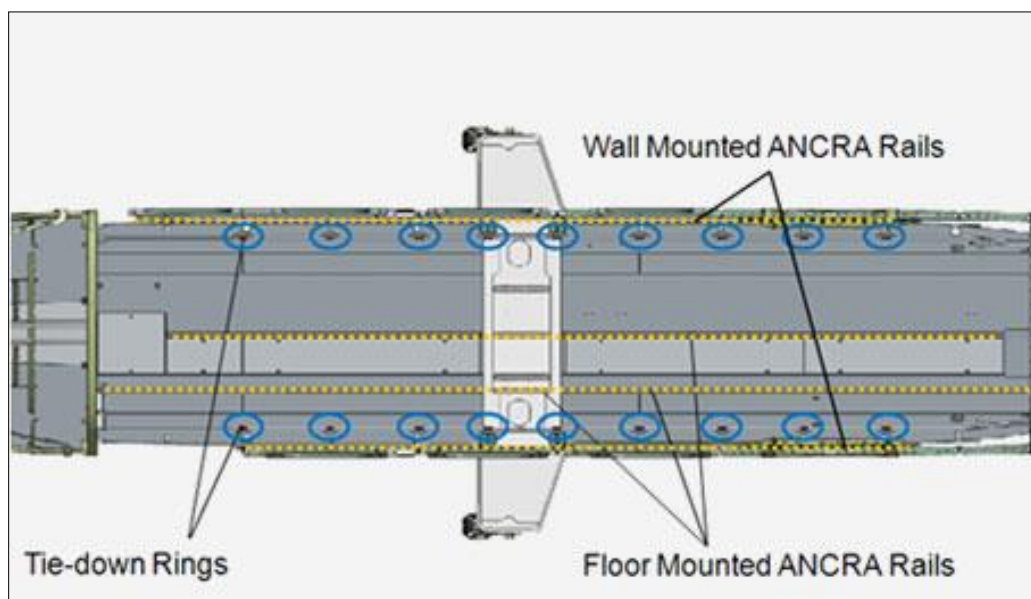
Consta de un sistema de seguridad para cargamento pesado, consiste en sujetar la carga hacia el piso mediante guías en el mismo, compuesto por tres cables de sujeción internos, dos segmentos de rieles, seis abrazaderas a los costados, nueve cables para la parte superior y tres plataformas de 3 palés para carga pesado de hasta 2000 kg. (PZL Mielec, 2019)



**Figura 6.** Sujeción cargamento pesado

Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

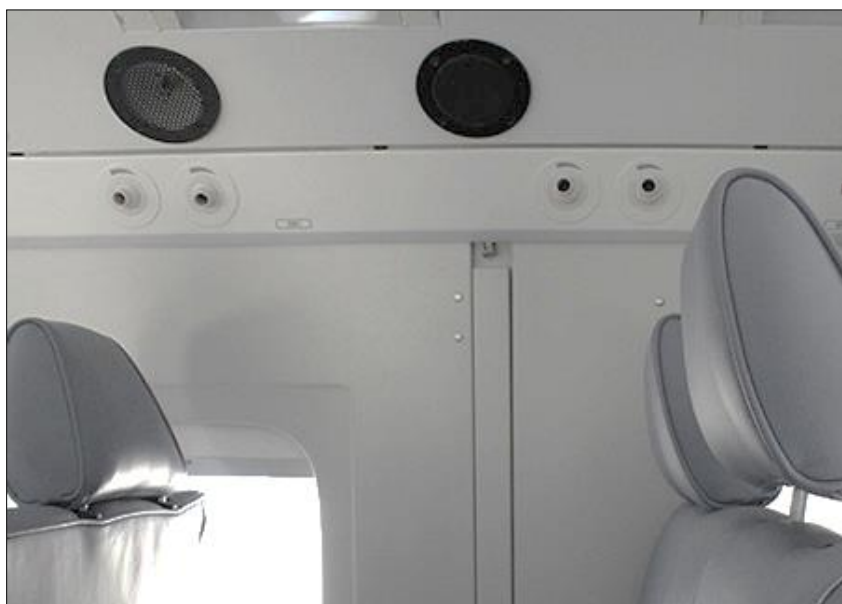
La configuración para transporte de pasajeros es de 18 sujetadores en el piso con dos rieles tipo ancla hacia la pared, los asientos son de tipo malla con tubo fijo de apoyo y la compuerta trasera para cumplir con misiones de carga, patrullaje o lanzamiento de paracaidistas. (PZL Mielec, 2019)



**Figura 7.** Puntos de anclaje  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

### **b. Confort de cabina**

El confort de la cabina en la aeronave es gracias al sistema de calefacción y ventilación controlable desde la cabina de mandos, el sistema garantiza aire acondicionado eléctrico de 20000 BTU dirigido a la cabina de mandos y pasajeros, de 10 a 12 °C de calor es proveniente del aire sangrado de los motores por medio de ductos que distribuyen el aire caliente y de ventilación hacia las cabinas de mandos y de pasajeros. (PZL Mielec, 2019)



**Figura 8.** Tomas de aire acondicionado

Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

### **2.1.5 Cabina de mandos o de pilotos**

Consta de un equipo de navegación BENDIX/KING certificado para realizar navegación por instrumentos o visual (IFR - VFR), en cualquier tipo de condiciones ya sean estas diurnas o nocturnas, consta de características de navegación mejorada para un sistema de control automático que incluye aproximación de precisión por GPS. (PZL Mielec, 2019)

El mando de pilotos es de tipo cabrilla acompañado de un sistema de control por cables y poleas que al mismo tiempo utilizan servos eléctricos para el control de las superficies de vuelo, indicadores que se intercalan entre pantallas multifuncionales y análogas por seguridad gracias a medidas de seguridad tomadas por el fabricante. (PZL Mielec, 2019)

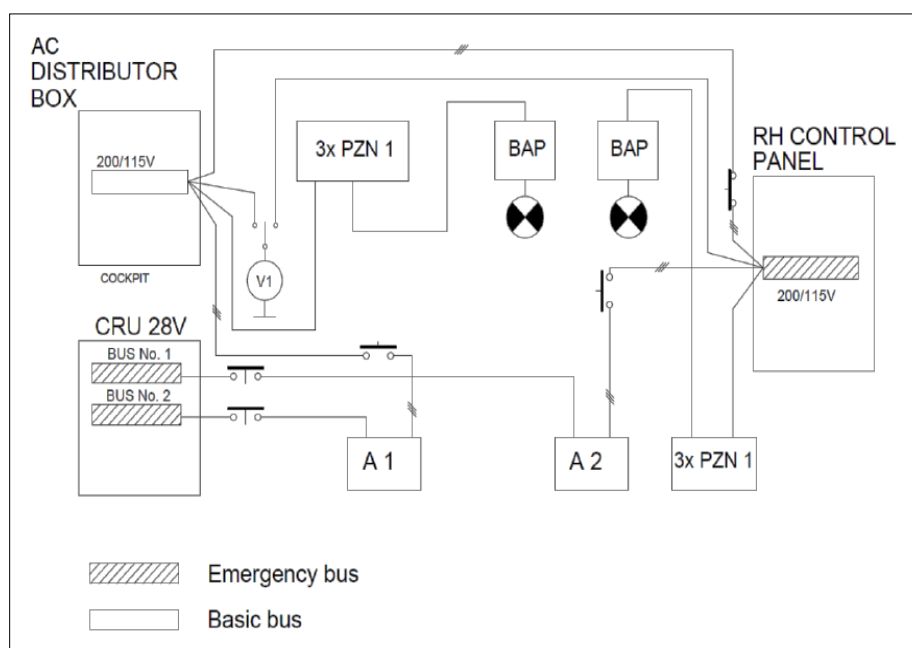




**Figura 9.** Cabina de control  
Fuente: (Sikorsky Company, 2019)

### 2.1.6 Generalidades del sistema eléctrico

El sistema consta de varias tecnologías, como baterías de ácido de 26 Ah con un rendimiento de hasta 30 minutos de corriente de reserva o iniciar el sistema para vuelo cuando este sufra un apagón o falla del sistema por varias situaciones, también consta de dos generadores de 28 VDC corriente continua, dos inversores de 115 VAC corriente alterna y una caja de relés ubicada en la cabina de mandos. (Sikorsky Company, 2019)



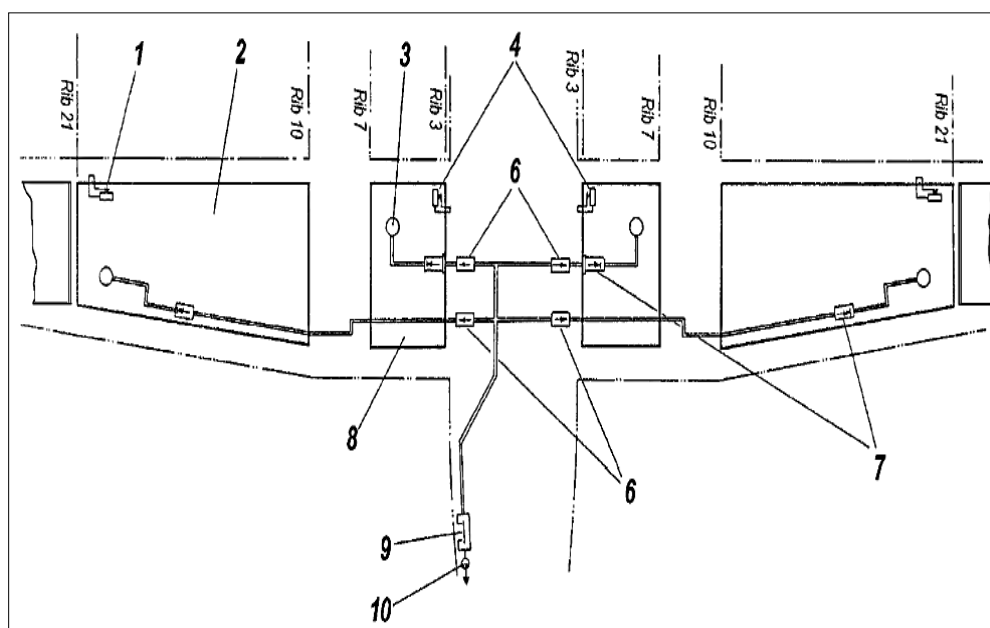
**Figura 10.** Sistema eléctrico

Fuente: (MIELEC, 1995)

### 2.1.7 Generalidades sistema de combustible

Según la información obtenida en (Sikorsky Company, 2019), se configura con seis tanques de combustible (uno principal y dos auxiliares en cada ala) con depósitos por gravedad y punto de presión central de reabastecimiento, con una cantidad de 602 galones estadounidenses de capacidad, conserva el habitual sistema de alimentación cruzada que permite transferir combustible entre las alas este combustible se suministra a los motores por medio de bombas eléctricas en cada tanque; compone sensores en cada tanque que muestran las indicaciones en los instrumentos análogos y digitales en la cabina de mandos y los manómetros de flujo de combustible duales muestran el consumo de los motores Ice de protección anti-lluvia.

1. Dispositivos de señalización de control de válvulas
2. Tanques principales en las alas exteriores
3. Válvulas
4. Dispositivos de señalización que controlan el 771700
5. Válvulas en las alas centrales
6. Válvulas de cierre
7. Válvulas de flotadores
8. Tanques en el ala central
9. Reabastecimiento de combustible a presión a bordo
10. Válvula de drenajes.

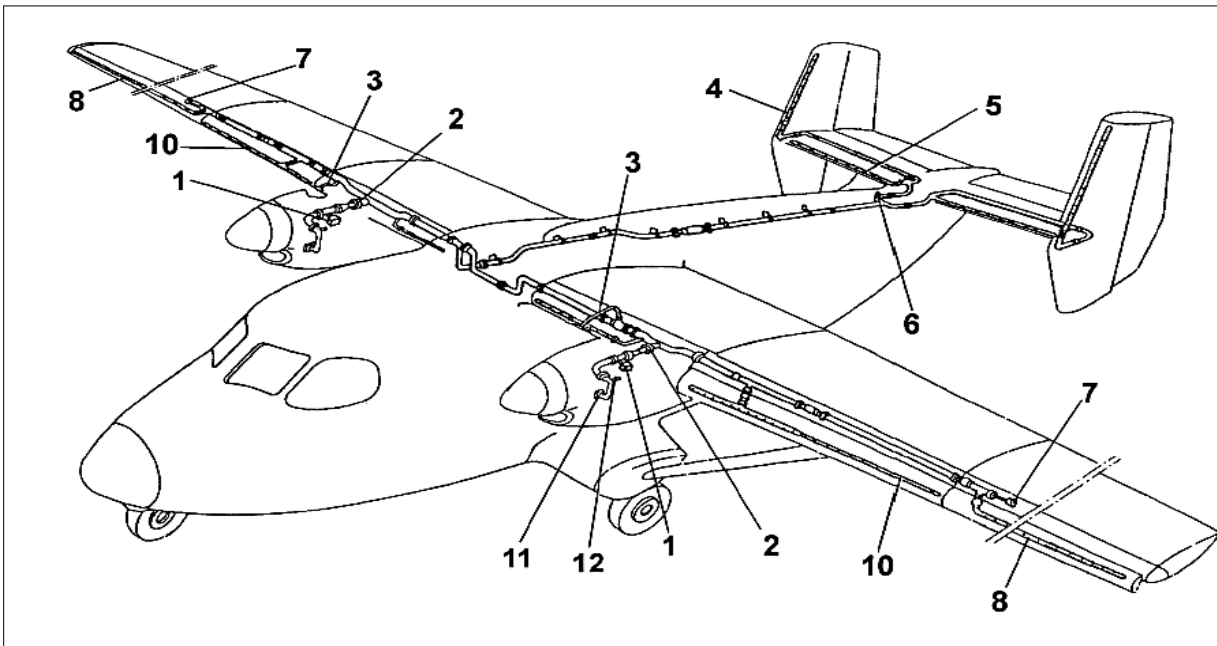


**Figura 11.** Sistema de combustible  
Fuente: (MIELEC, 1995)

### **2.1.8 Generalidad del sistema anti hielo y lluvia**

Como se hace notar en (Sikorsky Company, 2019), el sistema de protección contra hielo y lluvia utiliza aire de sangrado de los motores calentando los bordes de ataque de las alas, estabilizador horizontal, estabilizadores verticales, separadores internos del motor y entradas de aire o ductos; sensores del pitot estático descongelados - calentados eléctricamente, parabrisas del piloto y copiloto descongelado - calentado eléctricamente, hélices descongeladas por alfombras calentadas eléctricamente en cada pala y un sistema limpia parabrisas de dos velocidades.

1. 1919T válvula de corte
2. Válvula de retención 2
3. Tubería de calefacción de la cabina
4. Sistema de ventilación y ventilación
5. Toma de aire con aletas
6. Sistema de descongelación estabilizador horizontal
7. Sensor de presión PPCG-LP-25M
8. Sistema de deshielo
9. Listones
10. Aire de motores
11. Suministro de aire P3 del punto de purga del adaptador;
12. Instalación de suministro de aire del sistema de calefacción de cabinas



**Figura 12.** Sistema de aire de purga  
Fuente: (MIELEC, 1995)

### 2.1.9 Generalidad del sistema de luces

Según (Sikorsky Company, 2019), la iluminación de la cabina de mandos incluye el panel de instrumentos, el control del piloto y copiloto, los paneles y las luces del techo de la cabina de mandos, la iluminación de la cabina de pasajeros incluye las luces de salida, los indicadores del cinturón de seguridad, las luces del techo y las luces del techo de las escaleras de acceso y las luces exteriores incluyen las luces de taxi montadas en el morro, las luces principales de aterrizaje montadas en el soporte del tren de aterrizaje, las luces de navegación y las luces estroboscópicas.

## 2.2 Parte motopropulsora generalidades

Esta dispuesto de dos motores turbohélices de la marca Pratt & Whitney Canadá PT6A-65B con 1100 SHP, cada motor contiene hélices de cinco palas de velocidad constante con estabilizador y retroceso de la marca Hartzell Propeller Inc. con número de parte HC-B5MP-3D, que también incluye un sistema de protección contra incendios del motor con anunciadoras en la cabina de mando, tres juegos de detectores de llamas y extintores de dos descargas en cada nacela. (Sikorsky Company, 2019)

- Los instrumentos que se muestran en cabina del motor son:

ITT – Temperatura entre turbinas

Tú – Par motor

Np – Velocidad de la hélice

Hg – Velocidad del generador de gas

Indicador de la temperatura de aceite

Indicador de la presión de aceite

Indicador del flujo de combustible

## 2.3 Especificaciones técnicas motor PT6A-65B

La familia de motores PT6A incorpora tres series de modelos con niveles de potencia crecientes, denominados PT6A 'Pequeño', 'Medio' y 'Grande'. El aumento de los niveles de potencia se logra a través del aumento del flujo de aire del compresor y el aumento del número de etapas de la turbina de potencia. Los modelos más recientes

disfrutan de la ventaja de tecnologías avanzadas adicionales en materiales, enfriamiento de turbinas y diseño aerodinámico. (Pileggi, 2016)

**a. Compresor centrífugo.**

- Flujo inverso con entrada radial y pantalla de protección para daños por objetos extraños.
- Etapas axiales de 4 y 1 en los modelos grandes de alta potencia son incorporados en los PT6A.
- Los modelos más pequeños de PT6A incorporan centrífugas axiales de 3 y 1 etapa.

**b. Combustor de flujo inverso**

- De fácil arranque y mucha estabilidad.

**c. Turbina de compresor de una etapa**

- Mantiene una alta duración y estabilidad gracias a su forma de refrigeración por paletas.

**d. Turbina 'libre' con cuchillas cubiertas**

- Los motores PT6A medianos y grandes tienen 2 etapas de turbina de potencia axial.
- Los motores PT6A más pequeños tienen una etapa de turbina de potencia axial.
- La salida de sección caliente se encuentra orientada hacia la parte delantera y así renovarse rápidamente.

e. Reductor de velocidad epicicloidal

- Se instala y se compacta muy bien.
- Mejor velocidad de salida y con menos ruido.
- Su velocidad alcanza los 1.700 a 2.200 rpm.

f. Controles electrónicos en modelos PT6A

- La seguridad de vuelo se facilita por la operación y funciones que varios modelos tienen en sus diferentes tipos de controles.



**Figura 13.** Motor PT6A-65B

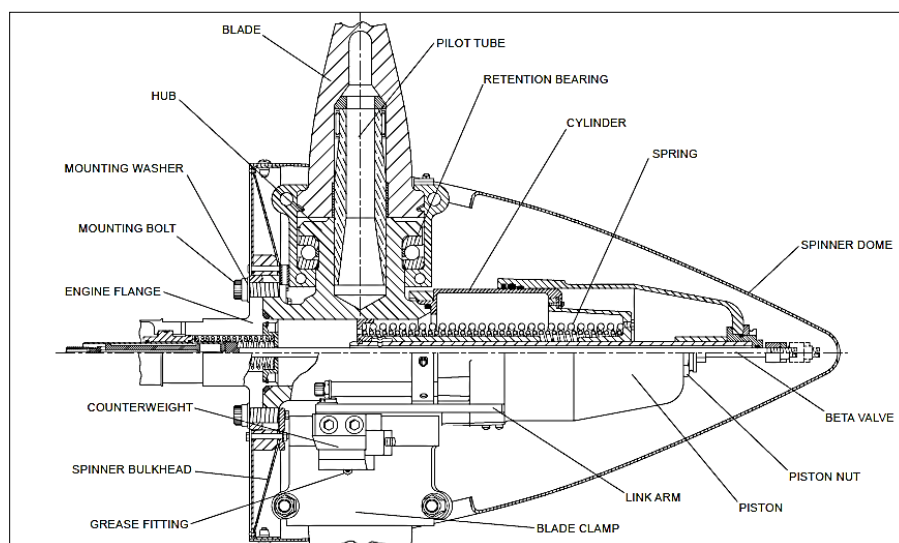
Fuente: (Pratt & Whitney Canada company, 2018)

### 2.3.1 Especificaciones técnicas hélice HARTZELL HC – B5MP - 3D

Las hélices HARTZELL son de velocidad constante, Embanderamiento y no reversible. Utilizan un solo suministro de aceite desde un dispositivo de gobierno para accionar hidráulicamente un cambio en el ángulo de la cuchilla. Las hélices pueden tener tres o cinco palas, y se utilizan principalmente en motores de turbina Pratt y Whitney.



Las palas y los conjuntos de cojinetes están montadas en los brazos de una unidad de cubo de acero y se mantienen en su lugar mediante abrazaderas de palas de dos piezas. Se rosca un cilindro en el cubo y se instala un conjunto de resorte de plumas en el cilindro.



**Figura 14.** Hélice HARTZELL HC-B5MP-3D

Fuente: (Pratt & Whitney Canada company, 2018)

Se coloca un pistón sobre el cilindro y se conecta mediante un brazo de enlace a cada abrazadera de la cuchilla. El cambio de ángulo de la pala de la hélice se logra a través del movimiento lineal del pistón accionado hidráulicamente que se transmite a cada pala a través de los brazos de enlace y las abrazaderas de la pala. (Pratt & Whitney Canada company, 2018)

### a. Descripción general de las siglas de la HÉLICE HARTZELL

El número de parte de la hélice se encuentra estampado en el cono o cubo de acero aerodinámico protector de los componentes de la hélice, su descripción viene determinada por el fabricante de acuerdo a la función y modelo de aeronave por operación con especificación de los elementos que le comprenden.

**Tabla 3**

*Descripción siglas HARTZELL HC – B5MP – 3D*

SIGLA	INDICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>HC</b>	Hartzell controlable	N/A
<b>B</b>	Diseño básico	A: Doble hombro de retención (Mango V) Individual hombro de retención (Mango MV) B: Individual hombro de retención (Mango T y M)
<b>3</b>	Numero de palas	3,4 o 5 palas depende del motor.
<b>T</b>	Mango básico	M- dos rodamientos aguja, abrazadera c-1977 T- dos rodamientos aguja, abrazadera c-1301 V-rodamiento aguja, abrazadera c-3, doble hombro de retención

**CONTINÚA** 

		MV-rodamiento aguja, abrazadera D-6831, mango V modificado, individual hombro de retención.
<b>N</b>	Brida montada	Espiga
		Letra Perno Numero Diá No. De metr pernos o o espárragos
		A 5,12 in. 2 5/8 12 (9/16")
		F 4,00 in. 2 1/2 6 (1/2")
		N/A 4,25 in. 2 1/2 8 (9/16")
		P 4,25 in. 4 1/2 8 (9/16")
		W 4,25 in. 4 1/2 8 (9/16")
<b>3</b>	Características especificaciones de diseño	2- Velocidad constante, envanderamiento, PT-6
		3- Velocidad constante, envanderamiento, reversa PT-6 & LTP101 & M601, Sello beta externo.
		6- Velocidad constante, envanderamiento, reversa, sistema beta interno, bloqueo de encendido, TPE-331.

**CONTINÚA** 

		7- Velocidad constante, envanderamiento, reversa, sistema beta interno, motores Allison, válvula beta C-3630.
<b>DY</b>	Modificaciones menores	Modificaciones de acuerdo a las especificaciones del fabricante

Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

El modelo de la Hélice es HC-B5MP-3D lo cual significa:

- HC- Hartzell Controlable
- B- Retención de hombre simple T y M
- 5- 5 Palas
- M- Dos Rodamientos de agujas, Abrazadera C-1977
- P- 8 Pernos de 4.25 in. (9/16) con 4 guías de ½
- 3- Velocidad constante, plumado, reversa PT6& Anillo Beta de Reversa
- D- Configuración de ángulo de hoja igual a 3

La designación del modelo de hélice está impresa en el cubo de la hélice.

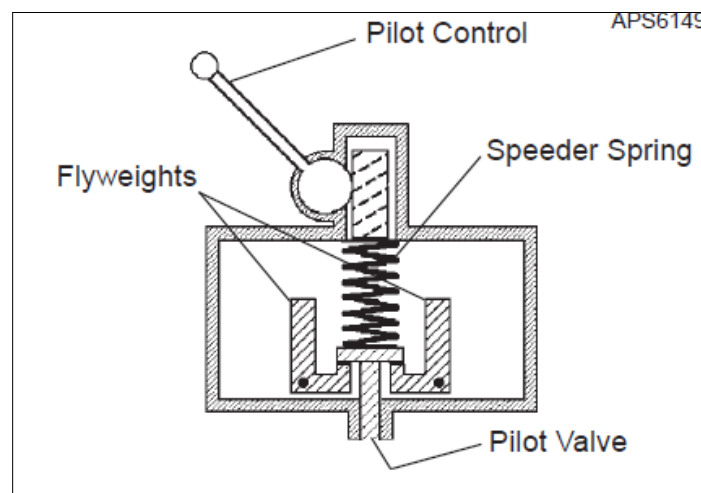
### 2.3.2 Regulador de la hélice

#### a. Teoría de operación del regulador (governor)

Un regulador es un dispositivo sensor de RPM del motor y una bomba de aceite de alta presión. En un sistema de hélice de velocidad constante, el regulador responde al

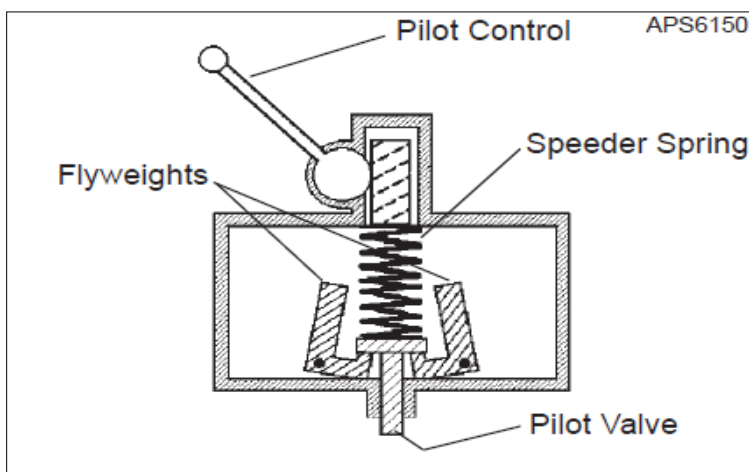
cambio en las RPM del motor dirigiendo el aceite bajo presión al cilindro hidráulico de la hélice o liberando aceite del cilindro hidráulico.

El cambio en el volumen de aceite en el cilindro hidráulico cambia el ángulo de la pala y mantiene las RPM del sistema de la hélice al valor establecido. El regulador está configurado para un RPM específico a través del control de la hélice de la cabina, que comprime o libera el resorte del regulador. (Hartzell Propeller Inc., 2017)



**Figura 15.** Regulador en condición de velocidad  
Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

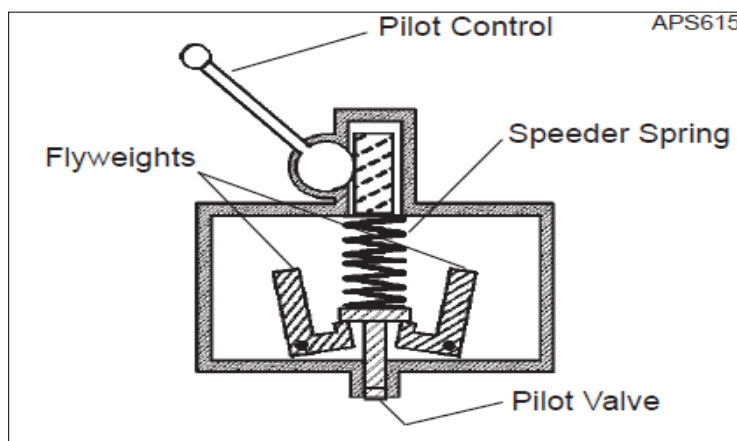
Cuando el motor está operando a las RPM establecidas por el piloto usando el control de la cabina, el regulador está operando a alta velocidad. En una condición de velocidad excesiva, la fuerza centrífuga que actúa sobre los pesos volantes está equilibrada por el resorte del deslizador, y la válvula piloto no dirige el aceite hacia el cilindro hidráulico de la hélice.



**Figura 16.** Condición de baja velocidad

Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

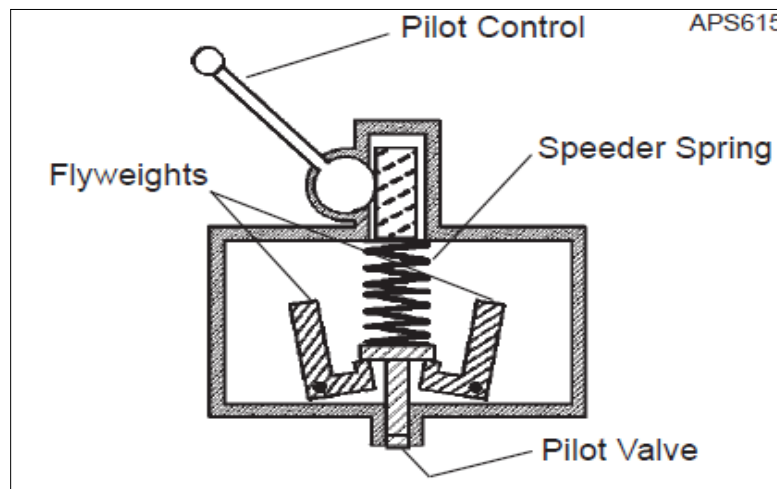
Cuando el motor está operando por debajo de las RPM establecidas el regulador está a baja velocidad. En esta condición los pesos volantes se inclinan hacia adentro porque no hay suficiente fuerza centrífuga para vencer la fuerza del resorte del deslizador. La válvula piloto mide el flujo de aceite para disminuir el paso de la hélice y aumentar las RPM del motor. (Hartzell Propeller Inc., 2017)



**Figura 17.** Condición normal de velocidad

Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

Cuando el motor está operando por encima de las RPM establecidas por el piloto usando el control de la cabina, el regulador está operando a exceso de velocidad. En una condición de sobre velocidad, la fuerza centrífuga que actúa sobre los pesos mosca es mayor que la fuerza del resorte del deslizador. Los contrapesos se inclinan hacia afuera y elevan la válvula piloto. La válvula piloto luego mide el flujo de aceite para aumentar el paso de la hélice y reducir las RPM del motor. (Hartzell Propeller Inc., 2017)

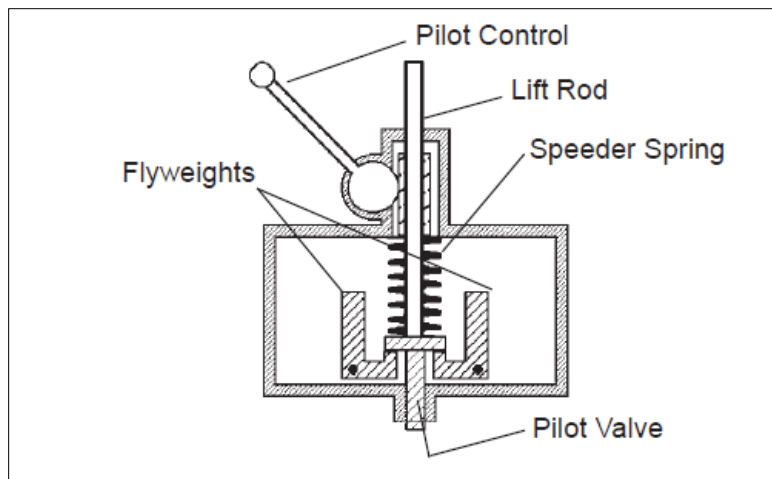


**Figura 18.** Condición de sobre velocidad  
Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

Los reguladores de embandera miento permiten empujar el aceite desde la hélice al drenaje del motor para aumentar el paso de la hélice al embandera miento. Algunos reguladores moverán la hélice al embandera miento accionando una válvula que se abre para drenar el suministro de aceite entre la hélice y el regulador.

Este regulador es operado por el piloto desde la cabina estableciendo el paso de aceite de la hélice para dejar en la posición de embandera miento. También es

aconsejable que no se mueva los controles de palancas en cabina sin la debida autorización del piloto, ya que si el motor no se encuentra en marcha puede conllevar a que sufra daños.



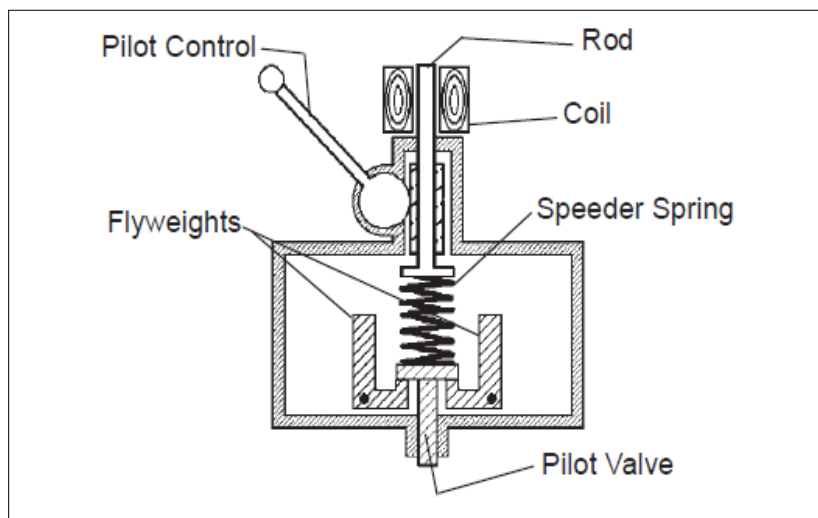
**Figura 19.** Condición de embanderamiento  
Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

Cuando se desea embanderar la hélice, el control de la cabina puede mover la barra de elevación para enganchar mecánicamente la válvula. La válvula levantada descarga aceite para aumentar el paso de la hélice hasta que la hélice se embandere.

Se puede utilizar un sistema de sincronización en una aeronave multimotor para mantener los motores funcionando a las mismas RPM. Un sistema de sincrofase no solo mantiene las RPM de los motores consistentes, sino que también mantiene las palas de la hélice en fase entre sí. Los sistemas de sincronización y sincrofase sirven para reducir el ruido y la vibración. (Hartzell Propeller Inc., 2017)



Los sincrofase instalados con hélices de turbina generan un campo electromagnético, ya sea en la varilla o en los pesos de vuelo. Un regulador como un componente de un sistema de sincronización o sincrofase que genera un campo electromagnético en la varilla.



**Figura 20.** Regulador con sincrofase  
Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

## 2.4 Principios e historia de la hélice

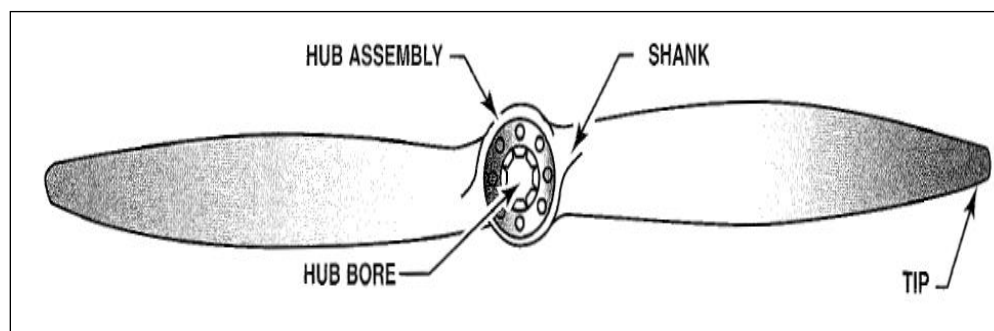
Casi todos los primeros diseños de aeronaves utilizaron hélices para crear empuje. A finales del siglo XIX, se probaron muchos diseños de hélice inusuales e innovadores en máquinas voladoras. Los primeros diseños de hélice incluían simples paletas de madera cubiertas de tela y elaborados diseños multipala con refuerzo de alambre. A medida que se desarrolló la ciencia aeronáutica, los diseños de las hélices evolucionaron desde tablas planas que empujaron el aire hacia atrás hasta las superficies de sustentación que

produjeron elevación para empujar las aeronaves hacia adelante. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

El diseño de la hélice se desarrolló con nuevos materiales que hicieron posibles secciones de superficie aerodinámica más delgadas con mayor resistencia debido a la resistencia estructural, las aleaciones de aluminio se han utilizado ampliamente como material estructural en la mayoría de las hélices de aeronaves. Sin embargo, hay varias variedades de hélices en servicio que están construidas de madera. Los diseños de hélice continúan mejorando mediante el uso de nuevas formas de superficie de sustentación, materiales compuestos y configuraciones de múltiples palas. Las mejoras recientes incluyen el uso de materiales compuestos para producir perfiles simétricos de flujo laminar y diseños de palas de hélice de cimitarra. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

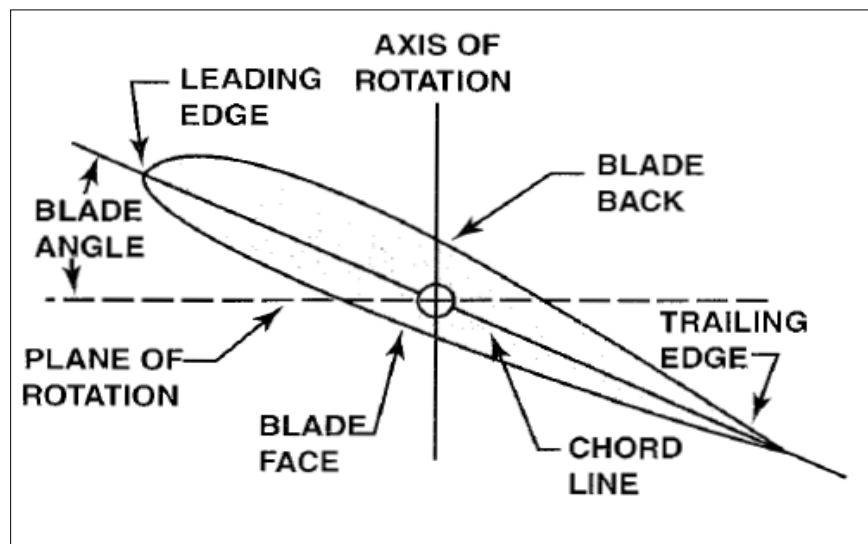
#### **2.4.1 Fundamentación de la hélice**

La familiaridad con algunos términos básicos y nombres de componentes es fundamental para comprender los principios de cómo una hélice produce empuje. Todas las hélices modernas consisten en al menos de dos palas conectadas a un eje central. La porción pala de una hélice que está más cerca del cubo se denomina vástago. El cubo de la hélice, o conjunto de cubo, está mecanizado para permitir el montaje en un cigüeñal del motor o un conjunto de engranaje reductor. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 21.** Hélice básica  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Cada pala de una hélice funciona como un ala giratoria que produce elevación para mover una aeronave por el aire. Como tal, las palas de la hélice comparten gran parte de la misma nomenclatura que un ala de la aeronave. Todas las palas de la hélice tienen un borde de ataque, un borde de salida y una línea de cuerda. Una línea de acorde es una línea imaginaria dibujada a través de una superficie de sustentación desde el borde delantero hasta el borde posterior. Sin embargo, algunos términos son exclusivos de las hélices. El lado curvo o curvado de una pala de hélice se llama la pala hacia atrás y el lado plano se llama cara de la pala. El ángulo de la pala de la hélice es el ángulo agudo formado por el plano de rotación de la hélice y la línea de cuerda de la pala. El plano de rotación de la hélice siempre es perpendicular al cigüeñal del motor. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

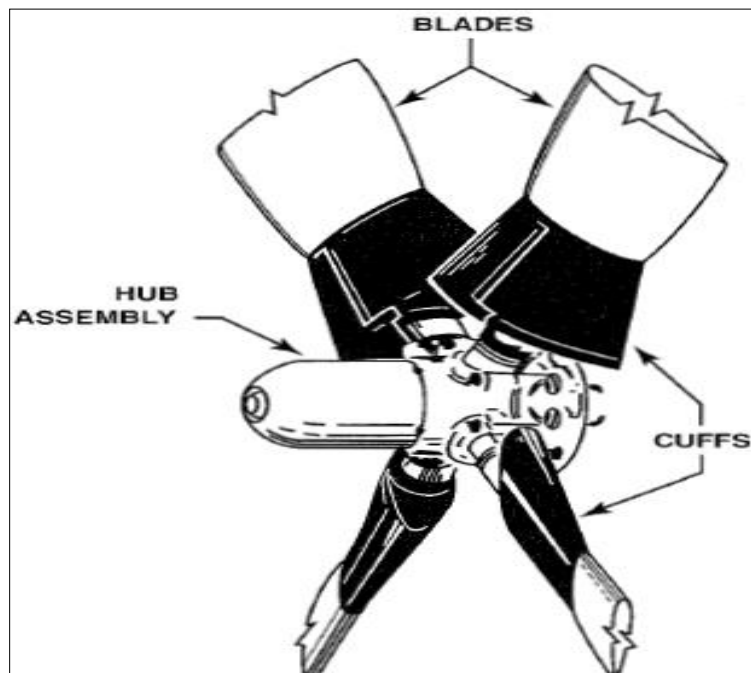


**Figura 22.** Nomenclatura hélice básica  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Las hélices con ángulos de pala ajustables usan palas removibles que están aseguradas a un conjunto de cubo por un conjunto de anillos de amortiguación. Cada raíz de la cuchilla tiene una culata u hombro con bridas, que se acopla con ranuras en el conjunto del cubo. El vástago de la cuchilla en este tipo de cuchilla es típicamente redondo y se extiende al menos hasta el extremo del conjunto del cubo; sin embargo, en algunos casos, el vástago puede extenderse más allá del conjunto del cubo y hacia la corriente de aire.

Cuando este es el caso, se pueden instalar puños de cuchilla para mejorar el flujo de aire alrededor del vástago de la cuchilla. Un manguito de cuchilla es un accesorio en forma de perfil aerodinámico hecho de láminas delgadas de metal, plástico o material compuesto. Los puños de las cuchillas aumentan el flujo de aire de enfriamiento hacia la

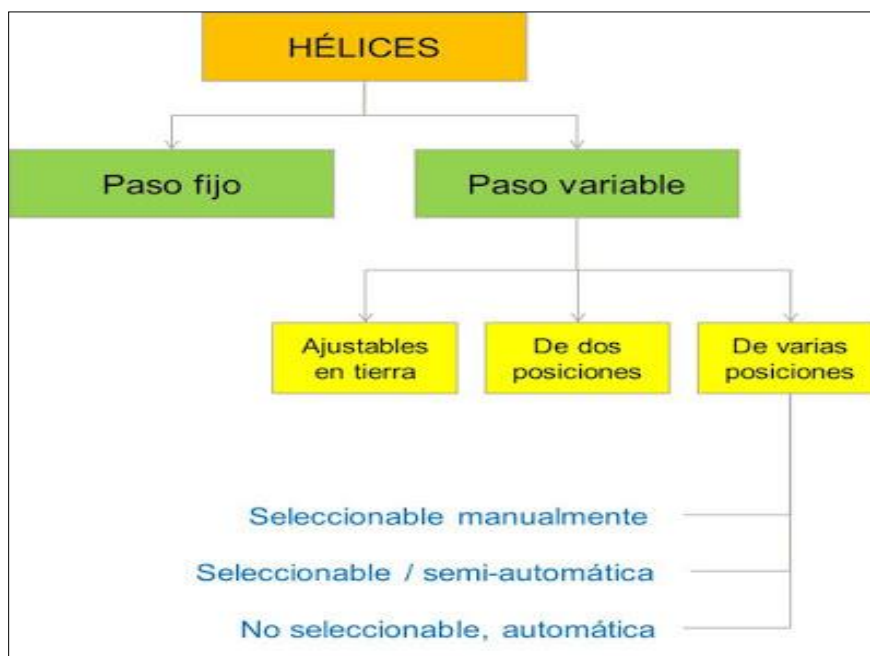
góndola del motor. Los dispositivos de sujeción mecánica y los agentes adhesivos de unión unen los puños a las cuchillas. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 23.** Hélice puños tipo cuchilla  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

## 2.5 Tipos de hélices

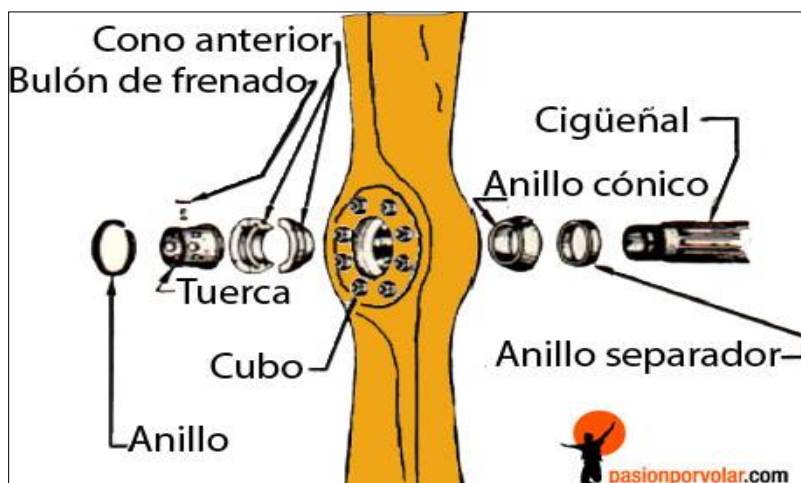
Existen varios tipos o clases de hélices, las más sencillas son las hélices de paso fijo y ajustable en tierra. La complejidad de los sistemas de hélices aumenta de estas formas más simples a los sistemas complejos de velocidad constante y paso controlable (sistemas automáticos). En los párrafos siguientes se analizan varias características de varios tipos de hélices, pero no se intenta cubrir todos los tipos de hélices. (Flight Mechanic, 2017)



**Figura 24.** Tipos de hélices  
Fuente: (Pasion por volar, 2016)

### 2.5.1 Hélices de paso fijo

El tipo más simple de hélice es una hélice de paso fijo. Las hélices de paso fijo permiten que una aeronave produzca una eficiencia óptima a una velocidad específica de rotación y avance. Una hélice de paso fijo con un ángulo de pala bajo, a menudo llamada hélice de ascenso, proporciona el mejor rendimiento para el despegue y el ascenso. Una hélice de paso fijo con un ángulo de pala alto, a menudo llamada hélice de crucero, está adaptada para cruceros de alta velocidad y vuelos a gran altitud. Tenga en cuenta que, con este tipo de hélice, cualquier desviación de la velocidad de rotación óptima o la velocidad del aire reduce la eficiencia de la hélice. (Pasion por volar, 2016)



**Figura 25.** Hélice paso fijo  
Fuente: (Pasion por volar, 2016)

#### a. Clasificación de la hélice de paso fijo

Una hélice de paso fijo típica instalada en una aeronave ligera tiene un diámetro entre 67 y 76 pulgadas y un paso entre 53 y 68 pulgadas. El fabricante de la aeronave especifica el diámetro exacto y el paso requerido para una aeronave específico. En algunos casos, los fabricantes, autorice múltiples hélices, cada una con un tono diferente. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

- **Hélice con el ángulo inferior de la pala:** proporciona el mejor rendimiento para el despegue y el ascenso; Esto a menudo se llama una hélice de escalada. Un ángulo de cuchilla bajo permite que el motor desarrolle su velocidad máxima a las velocidades aéreas más lentas asociadas con el ascenso. Sin embargo, después de que la aeronave alcanza su altitud de crucero y comienza a acelerar, el ángulo bajo de la pala es menos eficiente.

- **Hélice de paso fijo con un ángulo de pala ligeramente más alto:** se llama hélice de crucero. Una hélice de crucero está diseñada para ser eficiente a velocidad de crucero y en vuelo a gran altitud. Sin embargo, debido al paso más alto, las hélices de crucero son menos eficientes durante el despegue y el ascenso. Una hélice estándar es generalmente un compromiso entre una hélice de ascenso y una hélice de crucero.

Cada fabricante de aeronaves generalmente designa una hélice estándar diseñada para proporcionar el mejor rendimiento general en circunstancias normales. Cuando una combinación de aeronave y motor está certificada con una combinación específica de hélices estándar, de ascenso y de crucero, los operadores de aeronaves pueden elegir qué hélice funciona mejor para sus operaciones específicas. Por ejemplo, una aeronave con frecuencia la operación desde pistas cortas o elevaciones de campo altas generalmente funciona mejor con una hélice de ascenso. Por el contrario, las aeronaves que normalmente operan al nivel del mar desde aeropuertos con pistas largas pueden funcionar mejor si está equipado con una hélice de crucero. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

#### **b. Construcción de la hélice de paso fijo**

Las hélices de paso fijo generalmente están hechas de madera, aluminio o materiales compuestos. El aluminio es el más común, especialmente en aeronaves de producción.



Sin embargo, todavía se están fabricando nuevas hélices de madera y está aumentando el uso de materiales compuestos para hélices de paso fijo.

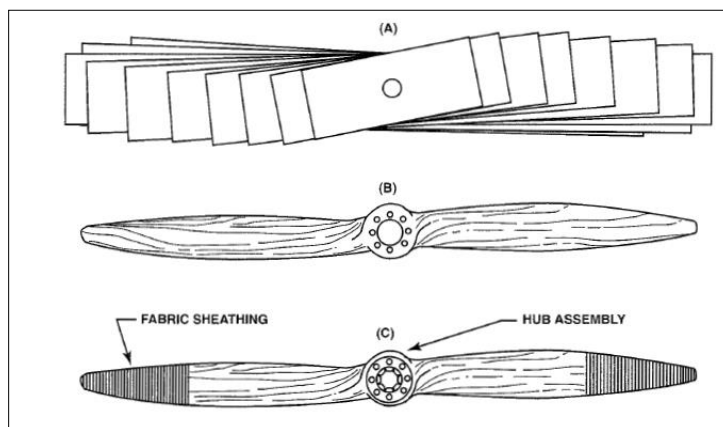
### **b.1. Hélices de madera**

Las hélices de madera todavía tienen un uso limitado en pequeñas aeronaves utilitarias. Las maderas duras como el fresno y el abedul se utilizan generalmente para construir una hélice de madera. Sin embargo, se han utilizado caoba, arce, cerezo, roble y nogal negro. Cualquier hélice de la que esté hecha la hélice debe estar libre de irregularidades en los granos, nudos, huecos y daños por insectos. Una hélice de madera se construye a partir de al menos cinco laminaciones de madera secada al horno unidas con adhesivo de resina impermeable. Cada laminación es normalmente del mismo grosor y tipo de madera; Sin embargo, los tipos se pueden alternar entre las laminaciones. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Se utiliza madera laminada en lugar de un bloque sólido de madera porque la orientación del grano hace que sea menos probable que se combe. Después de que las laminaciones se unen, forman una hélice en blanco. Durante la fabricación, una pieza en bruto se corta en forma aproximada y se permite sazonar. Este período de espera permite que la humedad en la madera se disperse por igual a través de todas las laminaciones. La pieza bruta de forma rugosa está acabada con las dimensiones exactas del perfil y el paso. Además, se perforan el orificio central y los orificios de los pernos y se inserta un

conjunto de cubo de metal a través del orificio del cubo para acomodar la placa frontal y los pernos de montaje.

Después de que una pieza en blanco de la hélice se termina y se lija suavemente, a veces se pega una tela de algodón a las últimas 12 a 15 pulgadas de la pala de la hélice para reforzar las secciones de punta delgada. Después de la aplicación, el tejido se dopa para evitar el deterioro causado por el clima y la radiación ultravioleta. Luego, toda la hélice se termina con un barniz transparente para proteger la superficie de la madera. En algunos casos, las hélices de madera pueden estar terminadas con un revestimiento de plástico negro para proporcionar protección adicional contra astillas.

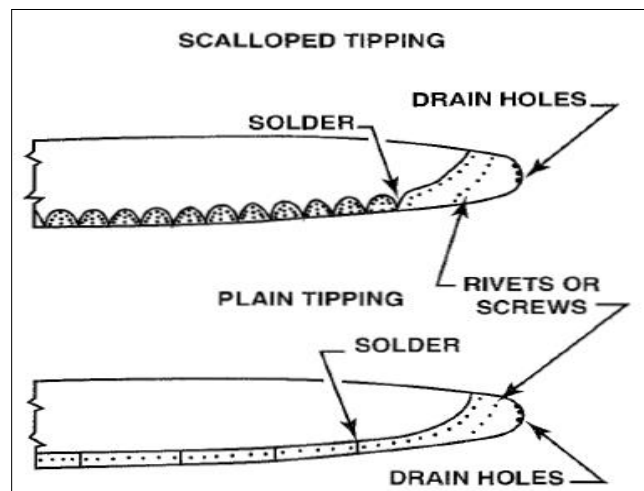


**Figura 26.** Hélice de madera

Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Se aplica una inclinación de Monel, latón o acero inoxidable al borde delantero y a la punta de la mayoría de las hélices de madera para evitar daños por piedras pequeñas. Para permitir que el borde metálico se adapte al contorno del borde de ataque, el metal tiene muescas. Para unir el borde a la cuchilla, se usan tornillos avellanados en las

secciones gruesas de la cuchilla, mientras que los remaches de cobre se usan en las secciones delgadas cerca de la punta. Después de que los tornillos y remaches estén en su lugar, se aseguran con soldadura. Usando un taladro número 60, se taladran tres agujeros pequeños de 3/16 de pulgada de profundidad en la punta de cada cuchilla. Estos orificios permiten que la humedad se drene detrás de la inclinación del metal y permiten que la madera respire. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 27.** Hélice de madera  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

## b.2. Hélice de paso fijo de metal

La mayoría de las hélices de paso fijo están fabricadas en aluminio. El uso de aluminio en lugar de madera permite que las cuchillas se hagan más delgadas y más eficientes sin comprometer la resistencia estructural. El aluminio tiene la resistencia y flexibilidad para acomodar los motores de alta potencia disponibles en las aeronaves pequeñas modernas.

Una gran ventaja de los propulsores de aluminio es su baja susceptibilidad al daño de la grava y los escombros que se encuentran a menudo durante las operaciones en tierra. Las cuchillas de aluminio son más fáciles de reparar que las de madera. El daño menor, como pequeñas muescas, se arregla fácilmente con archivos especiales. Además, una estación de reparación de hélices certificada puede cambiar las hélices de aluminio de paso fijo a un ángulo de pala aprobado. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Aunque las hélices de aluminio ofrecen varias ventajas sobre las hélices de madera, existen algunas desventajas. Por ejemplo, las hélices de aluminio son mucho más susceptibles al daño causado por la resonancia vibraciones. Debido a esto, las hélices de aluminio deben someterse a pruebas de vibración durante el proceso de certificación. Además, las hélices de aluminio suelen pesar más que una hélice de madera comparable. En una avioneta, esta diferencia puede ser de varias libras.

Casi todas las hélices de aluminio comienzan como una forja de aluminio de alta resistencia. Después de forjar la pieza en bruto, la hélice se mecaniza a la forma de perfil deseada por la máquina y la molienda manual. El paso final se establece girando las cuchillas a su ángulo deseado. Después de establecer el ángulo de la pala, la hélice se trata térmicamente para aliviar las tensiones internas. Para ayudar a prevenir la vibración excesiva, todas las hélices nuevas se equilibran horizontalmente, quitando el metal de la punta de la pala, y verticalmente, quitando el metal de los bordes delanteros y trasero de la pala. Algunos modelos de hélice se equilibran horizontalmente colocando lana de plomo en los orificios de equilibrio cerca del saliente y se equilibran verticalmente uniendo

pesos de equilibrio al lado del cubo de la hélice. Después de equilibrar la hélice, las superficies se terminan con anodizado y pintura. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 28.** Hélice de metal  
Fuente: (curiosfera, 2018)

### **b.3. Hélice de paso fijo materiales compuestos**

Las hélices compuestas se fabrican en un molde laminando capas de materiales compuestos, material del núcleo y un vástago de refuerzo con una resina termoestable de varios materiales compuestos avanzados, como fibra de vidrio y fibra de carbono.

Los materiales principales pueden ser madera maciza, espuma rígida o panel. Se puede instalar un borde de ataque resistente a la erosión durante el proceso de fabricación o después de curar la cuchilla. Después de curarse en una autoclave con presión y alta temperatura, la hélice debe protegerse con imprimación y pintura. Similar a la madera, los materiales compuestos deben protegerse de la radiación ultravioleta.

Las hélices compuestas son más livianas que las hélices de aluminio y madera y son resistentes a la corrosión y la vibración. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 29.** Hélice material compuesto  
Fuente: (curiosfera, 2018)

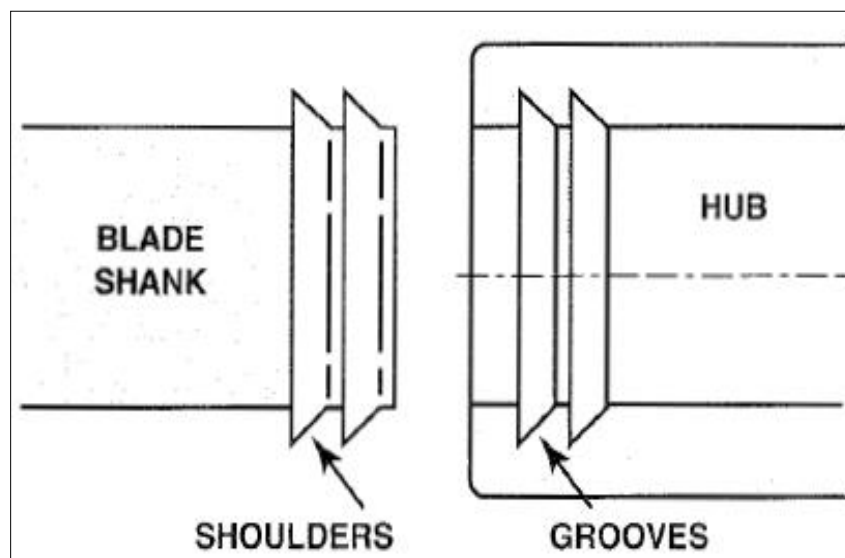
### 2.5.2 Hélice de paso ajustable

El diseño y la construcción de una hélice de paso ajustable le permiten al operador cambiar el ángulo de la pala de la hélice para lograr el mejor rendimiento. Aunque algunas hélices de paso ajustable más antiguas solo podían ser ajustadas en tierra por un técnico de mantenimiento, la mayoría de las hélices de paso ajustable permiten que un piloto cambie el paso de la hélice en vuelo. Los primeros sistemas de hélice de lanzamiento ofrecían dos configuraciones de inclinación: una configuración de inclinación baja y una configuración de inclinación alta. Hoy, sin embargo, casi todos los sistemas de hélice de paso ajustable son automáticos en toda la gama de configuraciones de paso. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

### a. Hélice ajustable en tierra

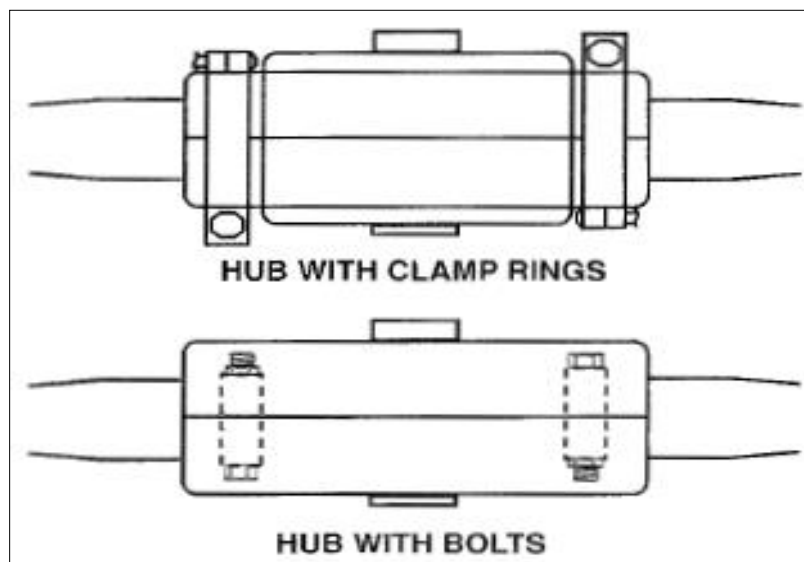
Las hélices ajustables en tierra permiten cambiar el ángulo de la pala cuando la aeronave está en el suelo y el motor no está funcionando. Este tipo de hélice rara vez se usa y generalmente se encuentra en aeronaves más antiguas equipados con motores radiales.

El cubo de una hélice consta de dos mitades de aluminio o acero. El interior de cada pieza está mecanizado con ranuras para recibir los hombros en el vástago de las palas de la hélice. Cuando se usan palas de madera, los hombros se moldean o mecanizan en una funda de metal que se sujeta al vástago de la cuchilla con tornillos de tracción.



**Figura 30.** Hélice ajustable en tierra  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Cuando se usan cuchillas de acero, los pernos generalmente aseguran las mitades del cubo. Sin embargo, cuando se usan cuchillas de aleación de madera o aluminio, se pueden usar pernos o anillos de sujeción para mantener juntas las mitades del cubo. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 31.** Hélice con abrazaderas  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

### b. Hélice de paso controlable

Con una hélice de paso controlable, un control de la cabina cambia el ángulo de la pala mientras la hélice gira. Esto permite al piloto seleccionar el ángulo de la cuchilla que proporciona el mejor rendimiento para una condición de vuelo particular. El número de posiciones de cabeceo puede ser limitado, como con una hélice controlable de dos posiciones, o automático e ilimitado entre los ajustes de cabeceo mínimo y máximo.





**Figura 32.** Hélice de paso controlable

Fuente: (curiosfera, 2018)

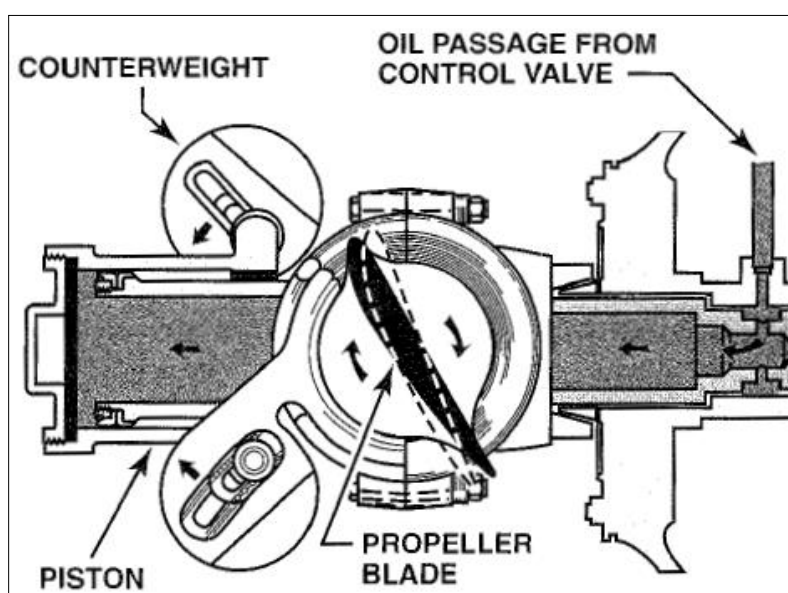
### **b.1. Hélice de paso controlable de dos posiciones**

Una de las primeras hélices de paso controlable que vio un uso generalizado fue la hélice de contrapeso Hamilton-Standard. Esta hélice, desarrollada en la década de 1930, permitió a un piloto seleccionar un tono bajo o alto. El ajuste de tono bajo se usó durante el despegue y el ascenso, por lo que el motor funcionó a su velocidad máxima y desarrolló su potencia nominal máxima. La configuración de tono alto se utilizó para obtener una operación más eficiente y una mejor economía de combustible durante el vuelo de crucero. Similar a una hélice ajustable al suelo, la hélice Hamilton-Standard utiliza un cubo de dos piezas para mantener las palas de la hélice en su lugar. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Para permitir que las palas de la hélice giren entre los topes de paso bajo y alto, cada pala se mueve sobre un conjunto de rodamientos de rodillos. Además, se instala un

soporte de contrapeso en la base de cada pala de la hélice. El ángulo de la pala en la hélice Hamilton-Standard se cambia usando una combinación de fuerzas hidráulicas y centrífugas. La fuerza hidráulica disminuye el ángulo de la cuchilla mientras que la fuerza centrífuga actúa sobre un conjunto de contrapesos para aumentar el ángulo de la cuchilla.

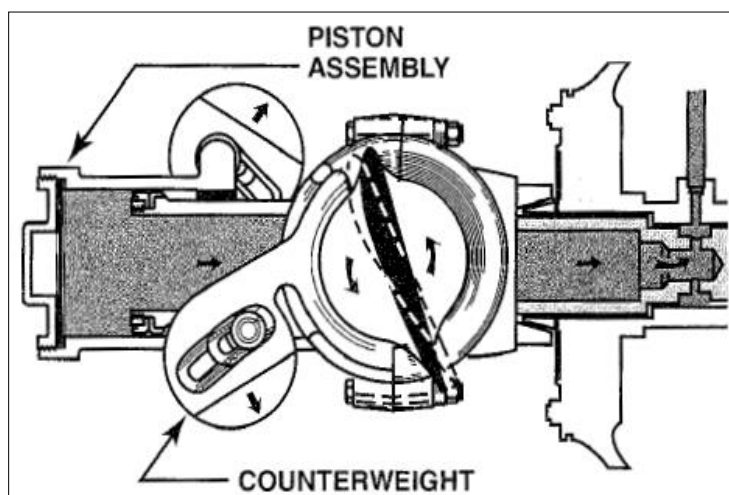
La fuerza hidráulica que disminuye el ángulo de la pala se deriva del aceite del motor que fluye fuera del cigüeñal y actúa sobre un conjunto de pistón en la parte delantera del cubo de la hélice. El flujo de aceite del motor en el conjunto del pistón se controla mediante una válvula selectora de tres vías que se monta en el motor y se controla desde la cabina. Cuando esta válvula se mueve hacia adelante para disminuir el ángulo de la pala de la hélice, dirige el aceite del motor hacia el conjunto del pistón para forzar el pistón hacia afuera. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 33.** Hélice de dos posiciones  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

El conjunto del pistón está vinculado a cada soporte de contrapeso de modo que, a medida que el pistón se mueve hacia afuera, atrae los contrapesos y disminuye el ángulo de la cuchilla. Después de que las cuchillas alcanzan su parada de paso bajo en el conjunto de contrapeso, la presión del aceite mantiene las cuchillas en esta posición. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

Para mover las cuchillas a una posición de tono alto, el control de la hélice palanca se mueve a popa, que hace girar la válvula selectora a la presión de aceite de liberación en el cubo de la hélice. Sin presión de aceite para contrarrestarlo, la fuerza centrífuga que actúa sobre los contrapesos los mueve hacia afuera, girando las cuchillas a su posición de cabeceo alto. A medida que las palas giran, el aceite sale del cilindro de la hélice y regresa al sumidero del motor. Las cuchillas dejan de girar cuando entran en contacto con sus topes de paso alto ubicados en el conjunto de contrapeso.



**Figura 34.** Hélice de dos posiciones de tono alto  
Fuente: (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

En la mayoría de los casos, las paradas de paso de una de dos posiciones de la hélice pueden ser ajustadas. Este ajuste se puede realizar sólo cuando el motor no está funcionando. Para hacer esto, gire una tuerca de ajuste de parada de paso hasta que se obtiene el ángulo de la cuchilla. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

### **c. Hélice de velocidad de constante**

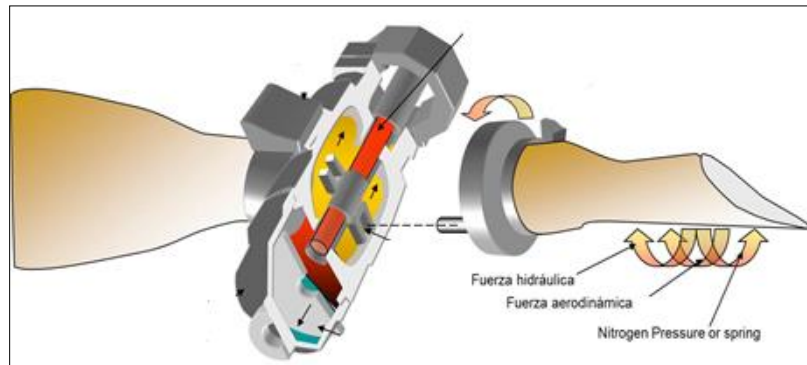
Una hélice de velocidad constante, a menudo llamada hélice de paso variable o de paso controlable, es la hélice de paso ajustable utilizada en la mayoría de las aeronaves. La principal ventaja de una hélice de velocidad constante es que convierte un alto porcentaje de la potencia del motor en empuje en una amplia gama de combinaciones de velocidad y velocidad del motor. La razón principal por la que una hélice de velocidad constante es más eficiente que otras hélices es porque permite al operador seleccionar la velocidad del motor más eficiente para las condiciones dadas.

Después de seleccionar una velocidad específica del motor, un dispositivo llamado gobernador ajusta automáticamente el ángulo de la pala de la hélice para mantener la velocidad del motor. Por ejemplo, después de seleccionar una velocidad del motor durante el vuelo de crucero, un aumento en la velocidad del aire o una disminución en la carga de la hélice hace que el ángulo de la pala de la hélice aumente según sea necesario para mantener la velocidad del motor seleccionada. De la misma manera, una reducción en la velocidad del aire o un aumento en la carga de la hélice disminuirá el ángulo de la pala de la hélice. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)

El rango de ángulos posibles de la pala para una hélice de velocidad constante se llama rango de velocidad constante de la hélice y se define por las paradas de paso alto y bajo. Siempre que el ángulo de la pala de la hélice esté dentro del rango de velocidad constante y no contra ninguna parada de cabeceo, se mantendrá una velocidad constante del motor. Sin embargo, si las palas de la hélice entran en contacto con una parada de paso, la velocidad del motor aumentará o disminuirá según corresponda, con cambios en la velocidad del aire y la carga de la hélice.

En las aeronaves que están equipadas con una hélice de velocidad constante, la potencia del motor se controla mediante el acelerador y se indica mediante un manómetro de presión múltiple. El ángulo de la pala de la hélice, por otro lado, está controlado por una palanca de control de la hélice; El cambio resultante en la velocidad del motor causado por un cambio en el ángulo de la cuchilla se indica en el tacómetro. Al proporcionar al operador los medios para controlar tanto la potencia de salida del motor como el ángulo de la hélice, la combinación más eficiente de ángulo de pala y potencia de salida del motor se puede mantener para una variedad de condiciones de vuelo.

Un punto importante que debe tener en cuenta al operar una hélice de velocidad constante es que, para un determinado r.p.m. ajuste, hay una presión máxima permitida del múltiple. Operar por encima de este nivel puede causar tensión interna del motor y posiblemente detonación. (JEPPESEN BOEING COMPANY, 2011)



**Figura 35.** Hélice de paso velocidad constante  
Fuente: (curiosfera, 2018)

### 2.5.3 Componentes de la Hélice

La hélice está compuesta por: cubo y palas sujetas entre sí y un gobernado de Hélice.

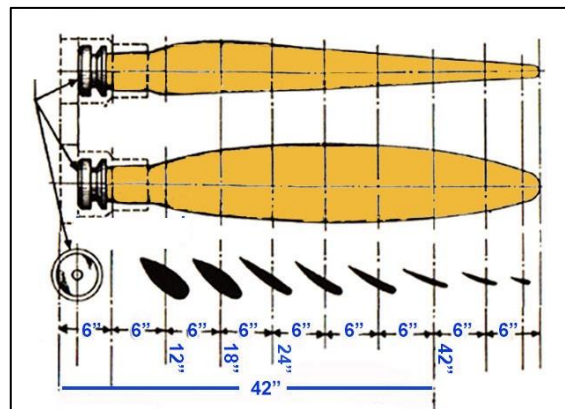
#### a. Pala de Hélice

Es un brazo con una superficie aerodinámica que al tener una fuerza con el giro produce un movimiento de empuje hacia delante. Este puede ser de diferentes materiales, tamaños y resistencias dependiendo del tipo de motor y aeronave al que será asignado. En la mayoría de las palas que se usan para bajas temperaturas incorporan un sistema de deshielo.



**Figura 36.** Pala de Hélice  
Fuente: (docalair, 2019)

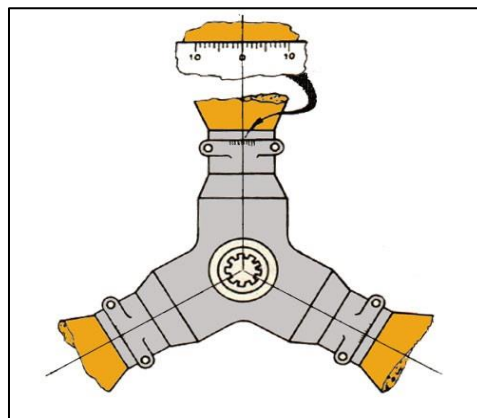
La pala tiene estaciones ubicadas a cada 6 pulgadas de distancia una de la otra. Estas estaciones no están marcadas físicamente sobre ninguna de ellas, pero tienen una referencia que marca las dimensiones de distancia. Esta referencia se encuentra ubicada a las 42, 54 o 72 pulgadas de distancia.



**Figura 37.** Estaciones de la Pala  
Fuente: (Pasion por volar, 2018)

#### b. Cubo

Se encuentra en el centro de la Hélice en donde se unen las palas y con un agujero que es donde se acopla con el eje del motor.



**Figura 38.** Cubo  
Fuente: (Pasion por volar, 2018)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminar**

En este capítulo procederemos a detallar lo que se realizó para la inspección de la Hélice Hartzell de la Aeronave M28 de acuerdo al manual de mantenimiento de la Hélice tarea 61-00-39 tomando todas las medidas de necesarias de seguridad. Se procedió a la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías y con la ayuda y tutorías del Sr. Tlgo. Andrés Arévalo encargado del proyecto para tener un desarrollo seguro del mismo. El proyecto fue realizado en base de los manuales de herramientas de la Aeronave en vista que para inspección de la Hélice Hartzell es necesario un soporte para cuando se encuentre desmontada, por lo que se realizó este soporte para el momento de la remoción e instalación de la Hélice y poder realizar las tareas de mantenimiento con seguridad en Tierra manteniendo la Aeronavegabilidad y contribuir a las operaciones de vuelo que lleva el Grupo de Aviación N°44 “Pastaza” en bienestar de los ciudadanos.

#### **3.2 Medidas de Seguridad**

La importancia de la seguridad al realizar una actividad se ha vuelto esencial en la industria de aviación ya que es la forma de mantener el bienestar del personal y aeronavegabilidad de las aeronaves por lo que se debe tener en cuenta:

- El uso de Equipo de Protección Personal



- Seguridad del Aeronave en Tierra
- Correcto uso de herramientas y equipos especiales
- Señalética en zonas de precaución e identificación
- Manuales de mantenimiento actualizados
- Pruebas del soporte de la Hélice
- Comprobación del funcionamiento del soporte.

### **3.3 Carro soporte de la hélice**

El soporte se realizó de acuerdo al manual ilustrado de herramientas y equipos especiales de la Aeronave PZL M28 02-W de la corporación aeroespacial POLSKIE ZAKLADY LOTNICZE (PZL Mielec - Trabajos Aeronáuticos de Polonia) del ATA 12-50-30 con número de parte 28.14.9062.100.000, que utiliza un soporte para la hélice HC-B5MP-3D en su remoción e instalación según las tareas de mantenimiento.

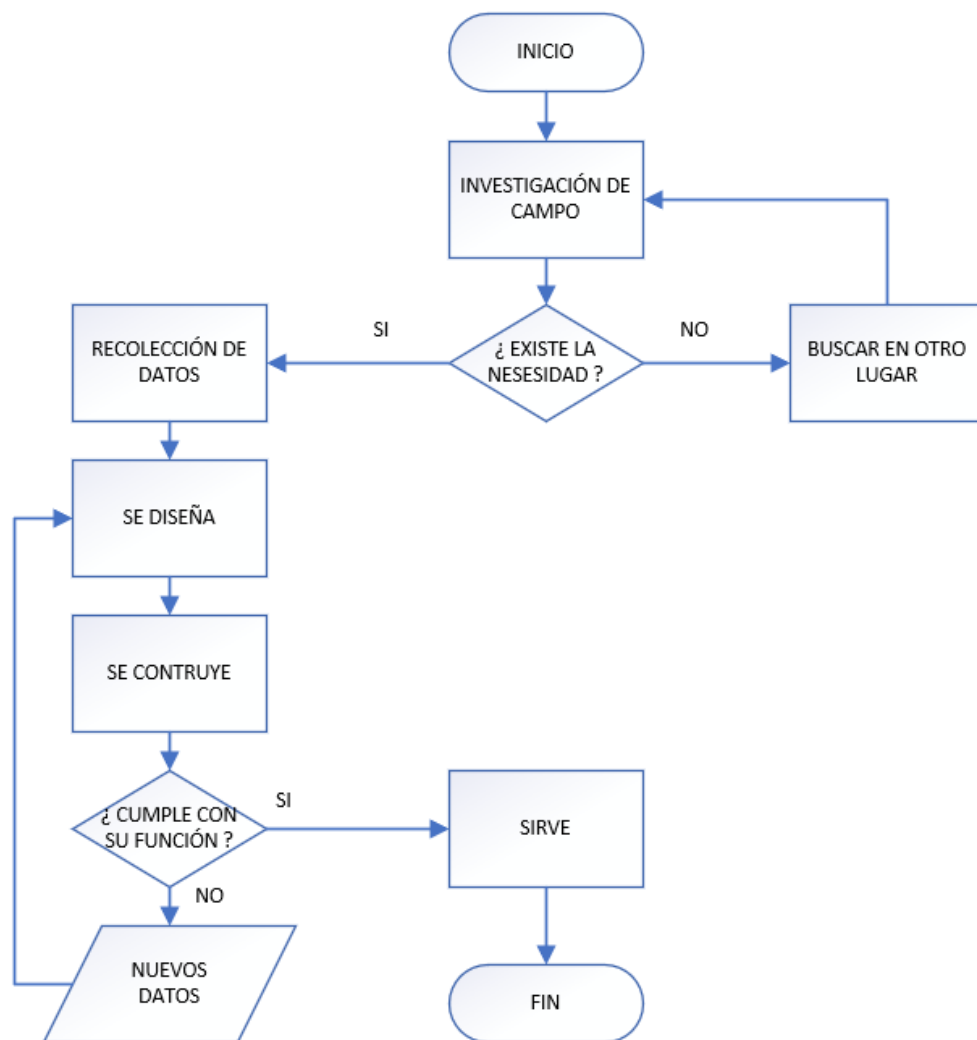
Este soporte nace de la necesidad del Grupo de Aviación del Ejército N°44 "PASTAZA", donde se adquirió la Aeronave PZL M28, pero con herramientas y equipos de apoyo limitados por lo que se procedió a realizar una réplica del soporte de acuerdo al gráfico que se encuentra ilustrado en el manual de herramientas de la Aeronave.

Para esto se utilizó el boceto y medidas tomadas de la misma Hélice para luego ser utilizadas en la construcción de la réplica del soporte.

Para llegar a este fin fue necesario elaborar un diseño con SOLID WORKS, utilizando todos los datos que se obtuvieron para determinar la resistencia en muchos aspectos y fuerza a soportar, así como esfuerzos que nos calcula el software para tener un soporte

con unas buenas bases de construcción. Aquí también nos brinda los materiales que debemos utilizar y planos para su construcción. Es gracias a esto que se puede lograr la construcción del soporte que la aeronave necesita, para el mantenimiento de la hélice con toda la seguridad que es necesaria para mantener la aeronavegabilidad de la misma.

### 3.3.1 Procedimientos para la construcción del soporte de la hélice

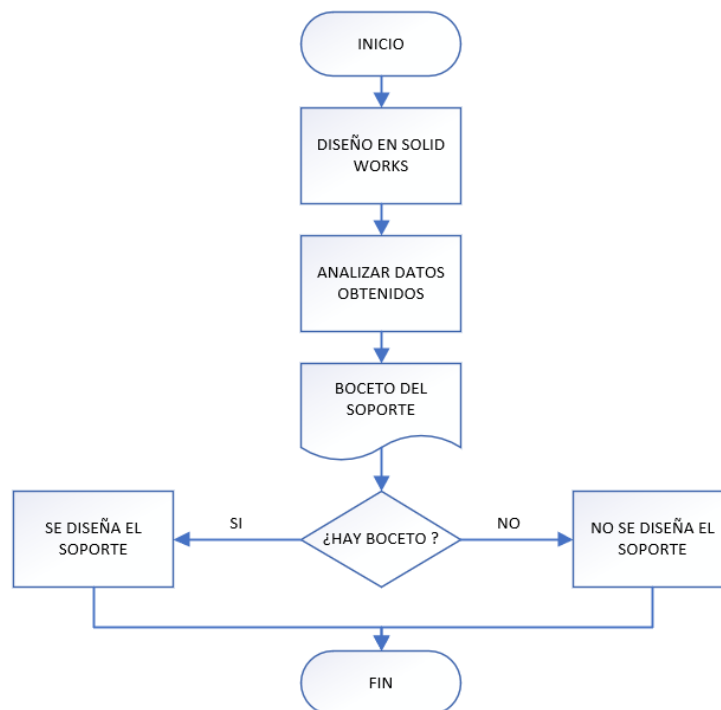


**Figura 39.** Construcción del soporte de la Hélice

El proceso se realizó de la siguiente manera:

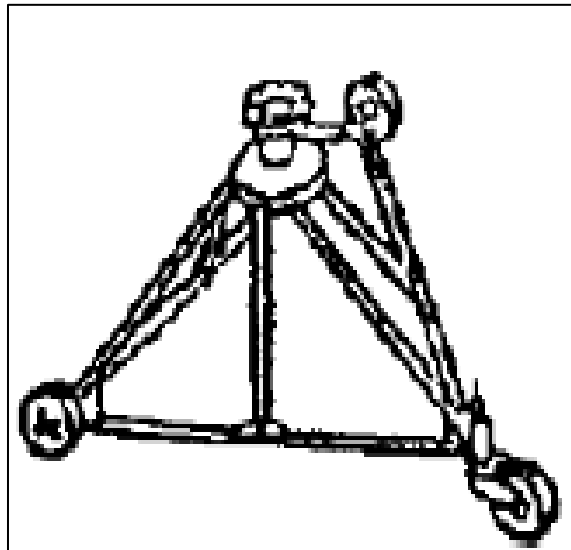
- a. Se realizó investigación de campo, para ver necesidades del Grupo de Aviación del Ejército N°44" Pastaza" en el área de mantenimiento.
- b. Se evaluó que existe la necesidad del soporte móvil para la Hélice.
- c. Se recopiló datos técnicos de la Aeronave M28-02W necesarios para la realización del soporte de la Hélice.
- d. Se diseño el soporte de Hélice en el software Solid Works.
- e. Se adquirió los materiales y herramientas necesarias para la construcción.
- f. Se procedió con la construcción del soporte.

**a. Procedimientos de diseño SOLID WORKS**



**Figura 40.** Diseño del soporte de la Hélice

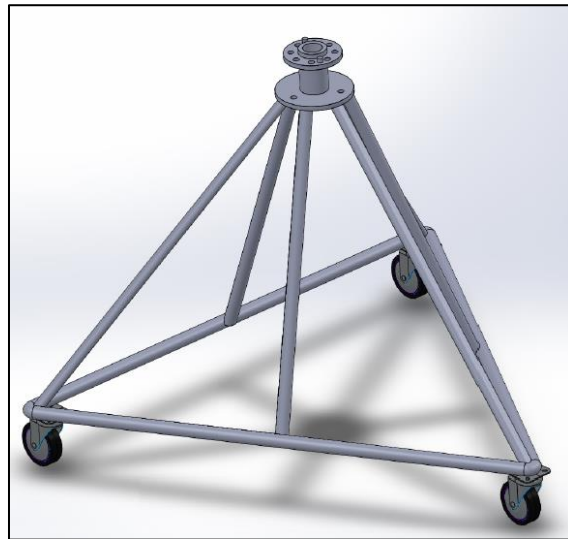
- a. Se analizó los datos obtenidos de la investigación sobre el motor, hélice y herramientas para ser ingresados en el software y tener los planos de diseño para la construcción del soporte.
- b. Se investigó la existencia de un boceto del soporte móvil, que nos permitió conocer la forma a visualizarse cuando se diseñe en el software. Este gráfico ilustrativo lo obtenemos del manual de herramientas de la aeronave.



**Figura 41.** Boceto carro soporte

- c. Se analizó la estructura para que sea capaz de tener la movilidad, espacio, fuerza y necesidades correspondientes para soportar hasta ciento once punto cincuenta y ocho kilogramos de peso de la hélice.
- d. Se diseñó el soporte con las medidas reales y la forma equivalente al boceto.
- e. Se ingresó los datos en el programa SOLID WORKS para comprobar mediante simulaciones los esfuerzos y cargas que debe soportar.

- f. El software nos ayuda a conocer el material a utilizarse para soportar dichas cargas y asegurar que el soporte sea efectivo al realizar su trabajo asegurando su funcionalidad.
- g. El resultado final del diseño se observa que las medidas son correctas y su diseño es el adecuado.



**Figura 42.** Diseño en SOLID WORKS

#### **b. Diseño por mallados elementos finitos**

El software nos permite desarrollar simulaciones y dar las características que debe tener para soportar los esfuerzos. Estas características van a ser las que nos permitan la construcción del soporte de una manera segura.

Se definir la condición estructural con el diseño a utilizar y las cargas externas de acuerdo a las condiciones que va a ser expuesta la estructura durante el trabajo a realizar. Al utilizar el ensamblaje de los cuerpos, componentes y grupos de contacto en el software

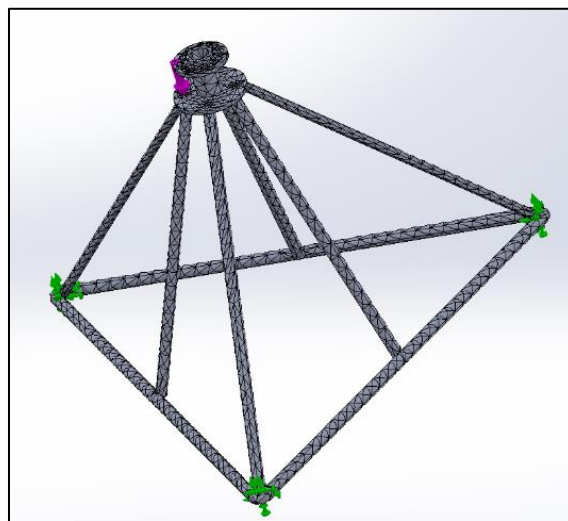
para definir la simulación y comportamiento del soporte conoceremos si el soporte cumple con los requisitos para lo que será construido.

Estos elementos finitos se conectan entre sí por nodos o puntos nodales para formar la denominada malla debido a las subdivisiones geométricas.

Se realiza el análisis de mallados elementos finito que es donde se muestra el punto donde se genera más este esfuerzo para 246 libras siendo este el peso de la hélice.

Se genera la simulación con una fuerza de 246 libras equivalente a 1095 Newtons acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.

La resultante indica la fabricación en factores de mallados Elementos finitos en todas sus partes.



**Figura 43.** Mallados tubular y disco

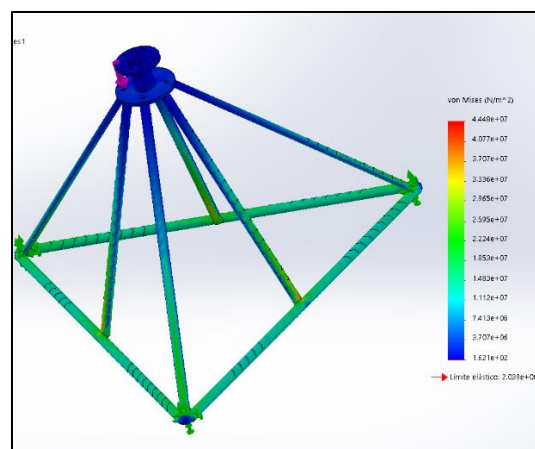
### c. Diseño por tensión de VonMises

VonMises nos ayuda a conocer el esfuerzo que genera la estructura sobre el soporte.

El software nos provee de un análisis de tensión VonMises para verificar donde se genera más este esfuerzo durante su uso. Una vez generado la malla de simulación con una fuerza que nos da SOLID WORKS podemos ver en donde se genera el esfuerzo de tensión que va a tener el soporte.

El resultado de la simulación indica una gama de colores donde se especifica la generación de tensión VonMises, mostrando que no existe el color rojo en la simulación que es donde se presta atención para mejorar el diseño.

La resultante indica que las tensiones (fuerza) no afectan la estructura tubular como se observa en el color azul en factores de tensión. El diseño es correcto y no necesita de modificaciones gracias a la simulación.



**Figura 44.** Tensión VonMises

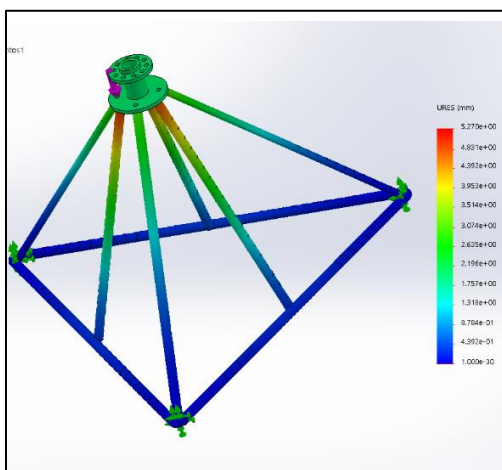
#### d. Diseño por desplazamientos URES

Es el vector que indica la dirección de desviación de objeto en los tres ejes de coordenadas, acompañado de una escala donde se indica el grado de desviación.

URES nos ayuda a conocer la resultante final de desplazamiento. Se realiza el análisis de desplazamiento para verificar el desplazamiento y genera la malla de simulación con el desplazamiento de acuerdo a lo seleccionado en el software dando un resultado de la simulación que luego ayuda a conocer si hay que mejorar el diseño o no.

La simulación indica colores que especifican la generación de desplazamiento URES, en donde el color rojo es donde se presta mayor atención para mejorar el diseño si fuera necesario.

La resultante indica que no existen desplazamientos que afecten la estructura.



**Figura 45.** Desplazamiento URES

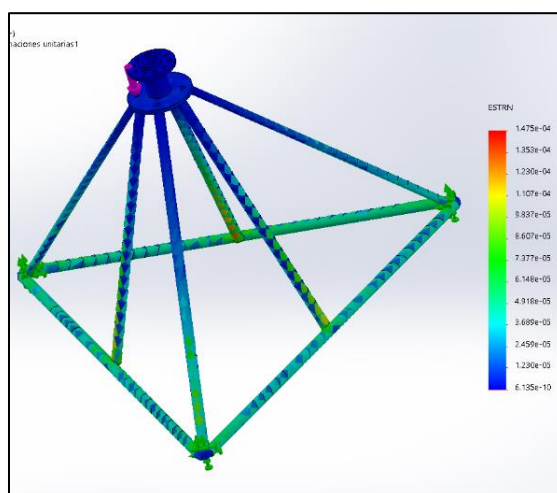


### e. Diseño de deformación ESTRN

El análisis de deformación ESTRN es para verificar donde se genera más esta energía de deformación unitaria. De acuerdo a la malla de simulación con una fuerza acorde a lo mencionado y seleccionado en el software dando como resultado la estructura simulada.

La deformación unitaria no es más que la relación entre la deformación axial y la longitud del elemento. La longitud axial es la relación entre la el producto de carga aplicada con la longitud de selección y el módulo de elasticidad y el área de selección.

La resultante indica los colores donde se especifica la deformación ESTRN, siendo el color rojo donde se presta atención para mejorar el diseño y la resultante de conformidad con un rango de deformación inexistente aceptable de color azul.



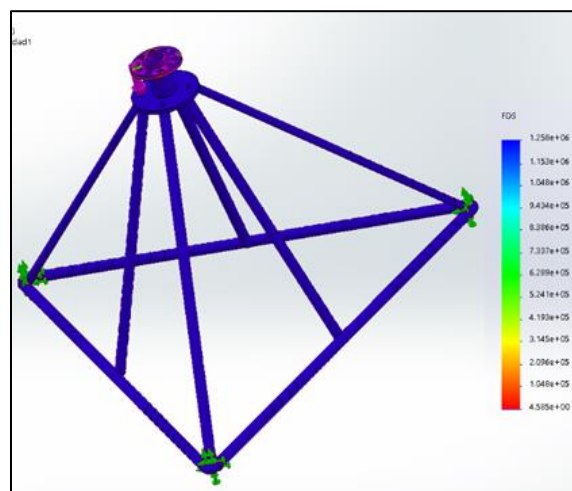
**Figura 46.** Deformación ESTRN

#### f. Diseño factor de seguridad

El análisis de factor seguridad para verificar donde se genera más este esfuerzo. Se genera la malla de simulación con una fuerza acorde a lo mencionado en el software dando como resultado la estructura simulada en el software.

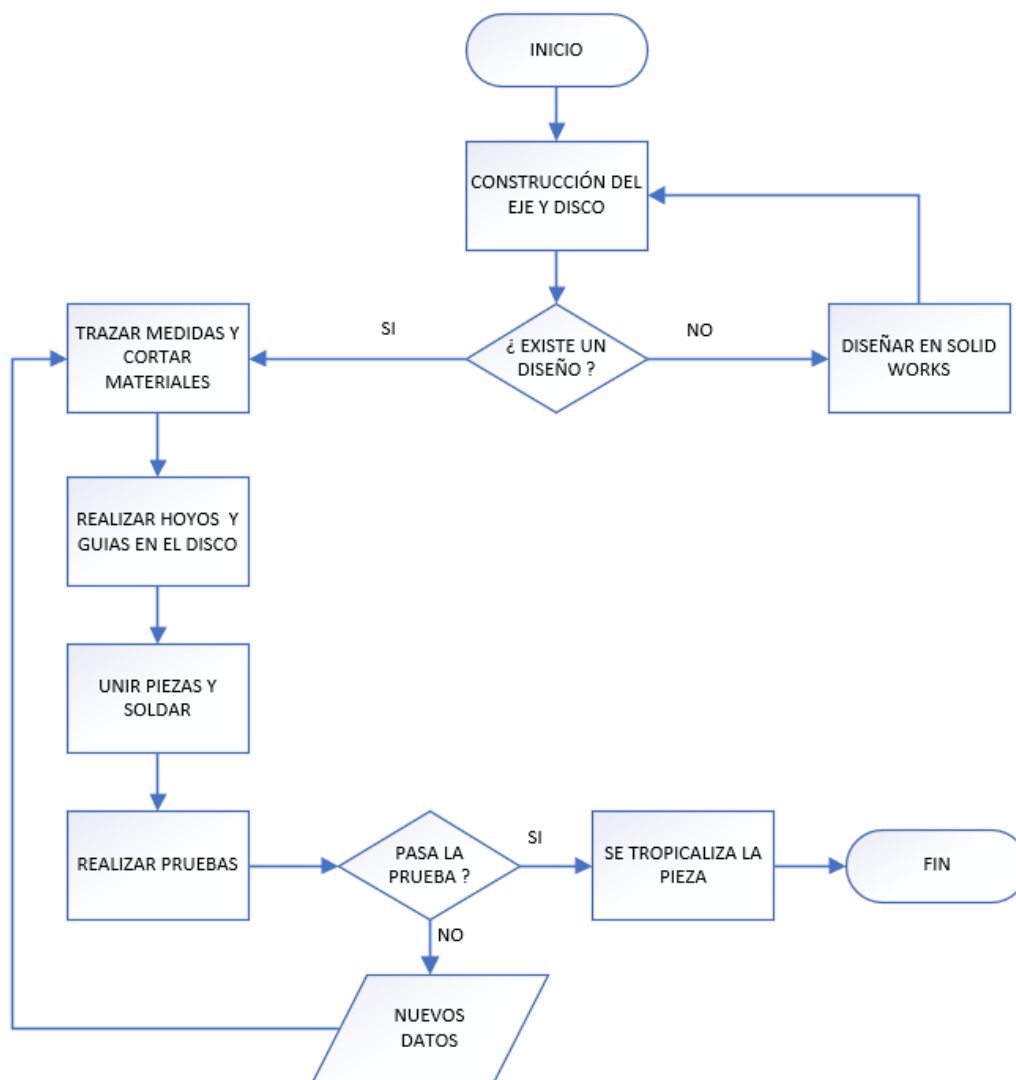
La resultante muestra los colores donde se especifica el factor de seguridad en donde el color rojo es donde se presta mayor atención para mejorar el diseño y donde el color azul indica mayor seguridad de diseño para este caso.

La resultante un rango de factor seguridad aceptable de 4,6 FDS de acuerdo a la simulación realizada, mostrando que el diseño será seguro para su construcción y utilización.



**Figura 47.** Factor seguridad FDS

### 3.4 Proceso de construcción del eje de disco



**Figura 48.** Construcción de eje

Para sostener la hélice Hartzell HC-B5MP-3D en un soporte móvil, se debe tener en cuenta la seguridad de la misma cuando se encuentre en tierra, para lo cual se procede a construir un eje de disco similar al eje del motor PT6-A65B con las medidas exactas del mismo.

Se realizó las mediciones del eje del motor PT6-A65B con la ayuda de un pie de rey para trazar un boceto con las medidas.

1. Con las medidas y las características de material obtenidas en el software SOLID WORKS, se procedió a realizar los cortes según el diseño de los discos y eje.
2. Se realizó los cortes por separado y con la ayuda de un torno se procedió a dar forma a los discos que asegura la hélice, torneando las guías de eje y las inserciones para los pernos que sirven para asegurar la hélice al eje que se encontrara unido al soporte móvil.



**Figura 49.** Eje y discos

3. Se procedió a soldar las piezas torneadas, cada una de ellas constan con sus respectivas medidas y se asegura el eje para que no tenga desviación al centrar los discos.



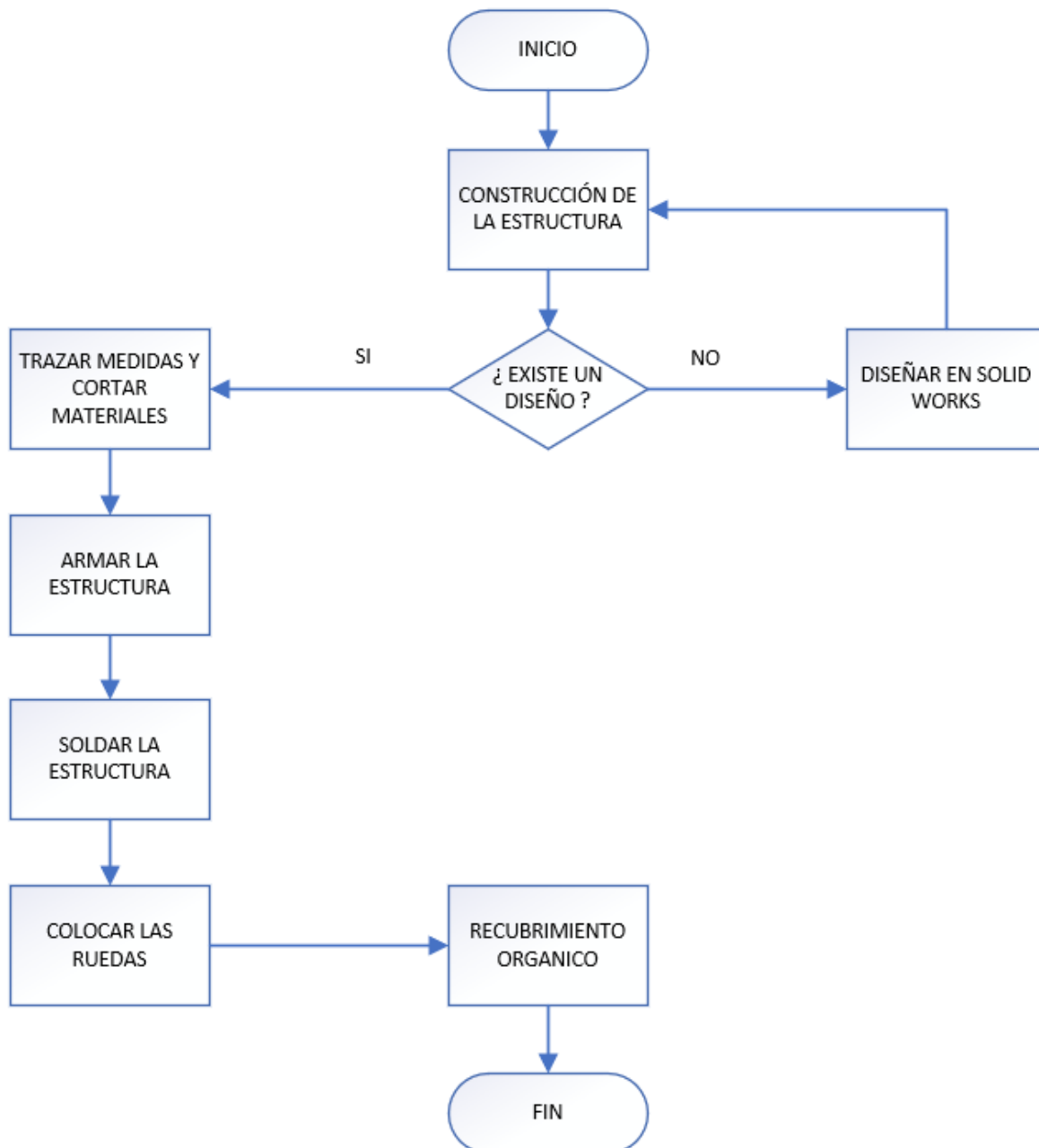
**Figura 50.** Eje disco soldado

4. Se realiza las pruebas necesarias de seguridad del soporte.
5. Se realiza un proceso térmico de tropicalización al mismo para mantener la resistencia a la corrosión y prolongar la vida útil.



**Figura 51.** Disco Tropicalizado

### 3.5 Proceso de construcción de la estructura del soporte



**Figura 52.** Construcción del Soporte

### 3.5.1 Elementos usados para la construcción

La seguridad es muy importante al momento de realizar un proyecto, por eso hay que tener el equipo necesario para seguridad y herramientas a utilizarse durante la construcción del soporte, ya que es parte primordial en todo entorno de trabajo para cumplir con los objetivos establecidos sin consecuencias negativas que lamentar por las tareas realizadas sin los mismos.

El proyecto tiene varios niveles de seguridad, que de acuerdo a la tarea a realizar se debe tener en cuenta ya que algunas necesitan mayor énfasis en él.



**Figura 53.** Elementos de seguridad

Es importante tener en cuenta que la seguridad en un proceso y forma de construcción que determina un buen estado de trabajo gracias a las normas establecidas para evitar incidentes o accidentes.

Las herramientas nos ayudan a elaborar un trabajo práctico de construcción, cada una tiene su función específica y momento para ser usada.



**Figura 54.** Herramientas de metalistería

### 3.5.2 Trazo y corte

1. Utilizando una de las herramientas más común como es el flexómetro se trazó las medidas adecuadas en el tubo redondo de 30 mm de acuerdo a los planos de la estructura. (véase anexo A)
2. Antes de realizar los cortes sobre los tubos se debe estar completamente seguro de donde se va a cortar para no tener desperdicio de material que afectan en los costos y tiempo del proyecto.
3. Una vez realizado el trazo se procedió a cortar con la ayuda de una sierra manual ya que por su función para realizar cortes en metales hierro utilizando nuestra fuerza física y tener cortes exactos debemos también determinar los ángulos necesarios en las esquinas.





**Figura 55.** Corte con sierra manual

4. Una herramienta muy importante para la contracción de equipos y herramientas es la sierra circular la misma que nos ayudó a realizar cortes más rápidos que la de uso manual, con esta herramienta se realizó los cortes diagonales para la unión entre los mismos tubos que forman las estructura y así evitar algún tipo de desperfecto o falla al momento de unir los mismos con suelda ya que una vez soldadas las piezas se desperdicia material y tiempo al momento de desprenderlas por algún error que se cometa . Estos tubos deben estar asegurados en un lugar donde no exista peligro de dañar o lastimar a otras personas ya que se utilizará la herramienta eléctrica de disco que puede desprenderse la misma y causar algún accidente.



**Figura 56.** Corte con sierra electrica

5. Todo tipo de corte realizado en hierro ya sea con herramienta manual o eléctrica deja limallas o rebabas, estas deben ser eliminadas para cuando necesitemos soldar no tener imperfecciones de suelda.
6. Después de tener todas las piezas cortadas a la medida, procedemos a la unión por suelda de la estructura tomando en cuenta el diseño.

### **3.5.3 Unión de la estructura por suelda**

1. Ya con los tubos con las medidas adecuadas para formar la estructura se procedió a unir por medio de una suelda eléctrica utilizando las medidas de seguridad adecuadas para el caso.



**Figura 57.** Unión por punto de suelda

2. Se utilizó punto de suelda para realizar la construcción de la estructura y esta poder ser moldeable hasta conseguir la forma, alineación y nivelación adecuada utilizando la escuadra y niveles mientras se va colocando los puntos de suelda para cuando se asegure la suelda quede fuerte la construcción realizando un cordón de suelda de alta calidad sin rajaduras y no tener desperfectos o desprendimientos de componentes en un futuro.
3. Terminado el proceso de suelda para la estructura del soporte, se debe dejar limpio si limallas ni rebabas eliminándolos con la ayuda de un cepillo metálico para dejar una superficie libre de impurezas y con un terminado de calidad.



**Figura 58.** Estructura soldada

### 3.5.4 Ubicación de las ruedas

1. De acuerdo al plano estructural el soporte de la hélice en la parte inferior de la estructura contiene elementos para poder ser movilizado de un lugar a otro sin mayores dificultades conocido como rueda loca.



**Figura 59.** Estructura con ruedas

2. La unión por suelda en la base del soporte se realizó en con un cordón de calidad ya que esto evitara que la base de la rueda se fracture o desprenda de su base cuando se transporte inclusive con el peso de la hélice sobre el mismo.

### **3.6 Proceso de pintura**

#### **3.6.1 Aplicación del primer o protección de fondo**

Como el material utilizado es tubo galvanizado, se procede a lijar el tubo completamente quitando la superficie galvanizada del tubo y así tener una mejor adherencia de la pintura. Se elimina el exceso de suelda y se da una pulida del soporte con una lija fina, para proceder a realizar el acabado de pintura con materiales industriales de alta calidad que nos dé una buena textura y resistencia a la corrosión.

1. Antes de pintar la estructura se preparó las materias a utilizar, como pintura de color amarillo caterpillar, pintura de fondo, compresor de aire, mangueras, pistola pulverizadora y los equipos de seguridad como guantes y mascarilla ya que la pintura contiene plomo y al estar expuesto a él es perjudicial para la salud del ser humano.
2. Se aplica un fondo de revestimiento como capa protectora contra la corrosión, para tener una buen a adherencia de la pintura y brindar un toque estético al terminado final del soporte.



**Figura 60.** Pintura utilizada para el fondo y acabado

3. Para aplicar el revestimiento de protección se llenó la taza del soplete por gravedad con un cuarto de fondo, se calibró el atomizador para tener un buen acabado y así aplicar el fondo de forma homogénea en todas las secciones de la estructura.
4. Una vez aplicado el fondo se esperó que esté completamente seco y se verificó que se haya cubierto totalmente el soporte.
5. Se preparó el recubrimiento orgánico de color amarillo caterpillar, utilizado para trabajos que deben ser llamativos a la vista y significa precaución.
6. Se realizó el revestimiento de pintura al soporte utilizando un soplete limpio de impurezas y calibrado para tener un buen terminado homogéneo en toda la estructura del soporte y una vez seco cuidamos su estética cubriéndolo con cinta de embalaje plástica.



**Figura 61.** Revestimiento de pintura

7. Una vez seca la pintura y embalado con plástico se procedió a instalar el eje disco para soporte de la hélice sobre la estructura y colocamos un empaque sintético entre ellas para que no sufran fatiga al rozar entre ellas.



**Figura 62.** Revestimiento Terminado

### 3.7 Prueba de diseño del soporte

Cuando se terminó el soporte después de todo el proceso de construcción como el trazado, corte, unión, pulida y pintura de la estructura debe pasar a su ensayo para determinar el motivo de su construcción con los estándares de calidad para evitar danos o rajaduras en la estructura.

Se montó la hélice en el soporte de acuerdo al manual verificando que cumplía con su propósito y necesidades para lo que construido.

La hélice sobre el soporte y asegurado fue almacenada en la bodega de abastecimientos del Grupo de Aviación del Ejercito N°44 "PASTAZA", debido a que la aeronave se encontraba sin motor por discrepancias encontradas en la etapa de compresor, por lo que se envió a reparación a la casa fabricante.



**Figura 63.** Montaje de la Hélice en el Soporte



## **3.8 Inspección de la hélice**

### **3.8.1 Información general**

Las hélices pueden ser afectadas por vibración en combinaciones con el fuselaje y motor, para lo cual existen pruebas o análisis de instalaciones que se realizan. Estos datos han demostrado que los niveles de tensión de la hélice se ven afectados por la configuración del fuselaje, la velocidad del aire, el peso, la potencia, la configuración del motor y las maniobras de vuelo aprobadas. Las modificaciones de la Aeronave que pueden afectar la tensión de la hélice incluyen, entre otras: cambios aerodinámicos delante o detrás de la hélice, realineación del eje de empuje, aumento o disminución de los límites de velocidad, aumento o disminución de los límites de peso (menos significativo en los motores de pistón), y La adición de maniobras de vuelo aprobadas (utilitario y acrobático). (véase anexo D)

La hélice puede operar dentro de los ángulos de ataque negativos (reversa). El movimiento lineal desde la posición de paso bajo hacia atrás se transmite desde el conjunto de cubo giratorio al motor fijo a través de un conjunto de anillo Beta y bloque de carbono

Las inspecciones detalladas a continuación se realizan de manera regular, ya sea antes del vuelo, durante las inspecciones periódicas requeridas o si se observa un problema. Las posibles correcciones a los problemas descubiertos durante las

inspecciones, las inspecciones adicionales y los límites se detallan en los siguientes procedimientos de inspección.

- Daño de palas
- Grasa o fuga de aceite
- Vibraciones
- Corrosión
- Daño en el cono de la hélice
- Daños en el sistema eléctrico anti-ice

### **3.8.2 Herramientas, equipos y materiales**

Cada modelo de hélice requiere una llave calibrada, alicates de alambre de seguridad (alternativo: herramienta de cable de seguridad) y las herramientas específicas del modelo que se enumeran a continuación:

- Llave de Torque (Hartzell Propeller Inc. P/N AST-2877)
- Dado 5/8 pulgadas
- Medidor de espesor
- Extractor de sistema Beta (Hartzell Propeller Inc. P/N CST-2987)

### **3.8.3 Consumibles**

- Metil-etil-cetona (MEK)
- Compuesto antiadherente (MIL-PRF-83483)

### 3.8.4 Expendables

- Cable de seguridad para Aeronaves de acero inoxidable de 0.032 pulgadas (0.81 mm)
- O-ring, Brida de la hélice
- O-ring, Junta para espaciador

Flange O-ring	Part Number
A flange	C-3317-239-2
F flange	C-3317-228
N/P flange	C-3317-230
W flange Hub-to-Engine	C-3317-230
HC-B(3,4)( )/W-3( ) Hub-to-Spacer	C-3317-233

**Figura 64.** Tabla de O-rings de hélice  
Fuente: (Hartzell Propeller Inc., 2017)

### 3.8.5 Inspección Periódica

1. Se completo los procedimientos detallados de inspección de 400 horas, detallados a continuación que no exceden los doce (12) meses calendario.
  - a. La inspección y el mantenimiento especificados por el programa de mantenimiento de un fabricante de fuselaje y aprobados por la agencia de aeronavegabilidad aplicable pueden no coincidir con el intervalo de tiempo de inspección especificado.

- b. En esta situación, el cronograma del fabricante de la célula puede aplicarse con la excepción de que el límite del calendario para el intervalo de inspección no puede exceder (12) meses calendario.
  - c. Se debe consultar los procedimientos de inspección para obtener información adicional de inspección y posibles correcciones a cualquier discrepancia descubierta como resultado de la Inspección periódica.
2. Se retiro la cúpula giratoria de la hélice.



**Figura 65.** Abrir cono de Hélice

3. Se realizó la inspección visual de toda la pala en busca de mellas y grietas. En caso de haber encontrado algún daño se debe consultar la sección de Reparaciones de palas en el capítulo Prácticas de mantenimiento del manual para obtener información adicional.



**Figura 66.** Revisión visual de Palas

- a. Una pala agrietada debe remitirse a un centro de reparación de hélices debidamente autorizado. Para lo cual se procederá a desmontar la misma y colocarla en un soporte para luego ser empacada y enviada.
4. Se realizó la inspección todas las partes visibles de la hélice en busca de grietas, desgaste o condiciones inseguras.
5. Se procedió a verificar si hay fugas de aceite y grasa, las cuales no fueron encontradas. En caso que se encuentre fugas de este tipo se debe consultar en la sección Procedimientos de inspección Fugas de aceite y grasa en el manual de mantenimiento de la hélice.



**Figura 67.** Inspección de fugas de aceite y grasa

6. Si sospecha que hay un problema en la pala, se verifica y consulta la guía de la pala en la sección Procedimientos de inspección.
7. Se realizó una entrada en el libro de registro para verificar esta inspección. (véase anexo B, C)

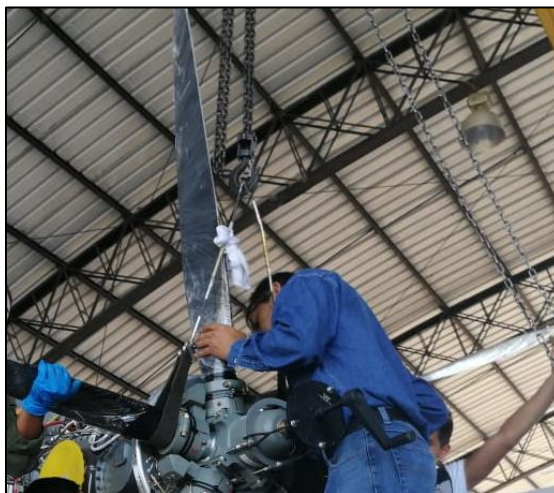
### **3.8.6 Procedimiento para desmontar la hélice**

- 1) Se retiró el Spinner con cuidado para garantizar sus condiciones de almacenamiento adecuadas.
- 2) Se desconectó el sistema de enlace Beta y el conjunto de bloque de carbono del anillo Beta.
- 3) Se usó una herramienta especial para comprimir el sistema Beta y jalar el anillo Beta hasta las cabezas de apoyo hexagonales dobles donde los pernos de fijación están expuestos.



**Figura 68.** Extractor de sistema Beta

- 4) Se cortó y retiró el cable de seguridad de los pernos de montaje de la hélice.
- 5) Se apoyó el conjunto de la hélice con una eslinga.



**Figura 69.** Hélice con eslinga

- 6) Se Retiró los pernos y arandelas de montaje de la hélice.
- 7) Se usó la eslinga de soporte para levantar la hélice de la brida de montaje.



**Figura 70.** Hélice levantada con eslinga

- 8) Se retiró la junta tórica de montaje de la hélice.
- 9) Se descomprimió y retiró el extractor del sistema beta.



**Figura 71.** Extractor de sistema Beta fuera

- 10) Se colocó la hélice en un carro móvil adecuado para el transporte de la misma.



### 3.9 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto era un presupuesto con valores promedios que rodeaba 700 USD y no eran valores fijos, pero durante todo el tiempo en el que se desarrolló el proyecto se llegó al valor total.

#### Costos primarios

- Materiales y herramientas

#### Costos secundarios

- Trámites de solicitudes de graduación
- Protocolización de documentos de legalización
- Varios

#### 3.9.1 Costos primarios

**Tabla 4**

*Costos primarios*

DESCRIPCIÓN (material)	CANT.	P / U	VALOR TOTAL
<b>Tubo Redondo 1 ½ pul.</b>	4	25,00	100,00
<b>Suelda</b>	4 libras	2,50	10,00
<b>Soportes Torneados</b>	3	50,00	150,00
<b>Amoladora</b>	1	60,00	60,00
<b>Pintura</b>	2 litros	5,00	10,00

**CONTINÚA** 

<b>Gastos de Ferrería</b>	Varios	60,00	60,00
<b>Ruedas con seguro</b>	3	10,00	40,00
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>\$ 430.00</b>

Fuente: Cbop. Reinoso Luis

### 3.9.2 Costos secundarios

**Tabla 5**

*Costos Secundarios*

<b>DESCRIPCIÓN (material)</b>	<b>CANT.</b>	<b>P / U</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>Útiles de escritorio</b>	Varios	-	30,00
<b>Transporte y Alimentación</b>	-	-	150,00
<b>Imprevistos</b>	30%	-	55,80
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>\$ 235,00</b>

Fuente: Cbop. Reinoso Luis

### 3.9.3 Costo total del proyecto de grado

**Tabla 6**

*Total de costos del proyecto*

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor total (USD)</b>
1	Gastos primarios	\$ 430,00
2	Gastos secundarios	\$ 235,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 665,00</b>

Fuente: Cbop. Reinoso Luis

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Según el análisis realizado como investigación de campo en el Grupo Aéreo del Ejército N°44 “PASTAZA”, se evidencio que la nueva Aeronave M28 adquirida no dispone de un soporte para la hélice cuando esta se encuentre desmontada del motor de la aeronave.
- En el manual de servicio de mantenimiento de la aeronave M28 contiene las herramientas y equipos necesarios para el mantenimiento y conservación de la misma, en donde se encuentra el equipo de soporte para la hélice con número de parte 28.14.9062.100.000 que debe ser usado según la tarea de mantenimiento.
- La construcción de un soporte para la hélice con estándares de calidad es de gran utilidad para el mantenimiento de la misma, ya que gracias a este equipo especial se optimizan recursos económicos, de personal y tiempo, manteniendo la operatividad de la aeronave necesaria para que el Grupo Aéreo N°44 “PASTAZA”, cumpla con su misión dentro del Territorio Ecuatoriano.

## 4.2 Recomendaciones

- Es recomendable tener el conocimiento necesario sobre la utilización y manejo de los manuales de mantenimiento de la Aeronave, para realizar las diferentes tareas de mantenimiento necesario en una inspección, además tener en cuenta los documentos necesarios como orden de trabajo, bitácoras de vuelo, equipo de trabajo y materiales a utilizarse.
- Cumplir con las medidas de seguridad cuando se realice el mantenimiento de la hélice, utilizando las herramientas y equipos especiales exclusivos de la aeronave y para ese tipo de tarea, que se encuentran ilustrados en el manual de mantenimiento.
- Cumplir con los pasos establecidos en la tarea de mantenimiento y utilizar el manual de operación de herramientas y equipos especiales, para evitar que el personal, equipo y material tenga daños durante la ejecución de la tarea de mantenimiento.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### C

#### ***Combustor***

Un combustor es un componente o área de un motor de turbina de gas, donde tiene lugar la combustión. También se conoce como quemador, cámara de combustión o soporte de llama. En un motor de turbina de gas, la cámara de combustión o de combustión es alimentada con aire de alta presión por el sistema de compresión.,

21

#### ***Comprobación***

Hace referencia a la acción y también al efecto de comprobar, la veracidad o realidad de algo a través de someter la hipótesis a la experimentación o la crítica racional.,

56

### D

#### ***Deformación***

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos externos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o a la ocurrencia de dilatación térmica., 65

## E

### ***Elementos finitos***

Elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas utilizado en diversos problemas de ingeniería y física., 62

### ***Embanderamiento***

Embanderar la hélice es ponerla en un ángulo que ofrece la menor resistencia (drag) al avance del aeronave. Cuando un motor se apaga la hélice sigue girando (ringleteando) y eso significa menos avance por la resistencia. Hay que "pararla" como se dice coloquialmente, es decir embanderarla para que no hay resistencia al flujo del aire, 22

## H

### ***Hélice***

Mecanismo compuesto por varias palas o aspas ladeadas que al girar con fuerza alrededor de un eje desplazan el fluido en el que están., 2

## I

### ***Inspección***

Es examinar una Aeronave o componente de Aeronave para establecer la conformidad con un dato de mantenimiento., 81

**M*****Mantenimiento***

Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la Aeronavegabilidad de las Aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas, reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos., 1

**O*****Overhaul***

Tarea compleja de mantenimiento que abarca el trabajo en estructuras, interiores, sistemas y aviónica. Los elementos que componen la aeronave se montan y se desmontan, ateniéndose a un procedimiento de revisiones que siguen normativas nacionales e internacionales y tomando como variable fundamental la cantidad de horas de vuelo., 1

**P*****Paso de la hélice***

Es el ángulo que forman sus palas con respecto al vector de movimiento del aire en relación al avión, o simplificando, al eje longitudinal de la Aeronave (en este caso suponiendo que el plano de la hélice es perpendicular al eje longitudinal del avión).,

## S

### ***Sincrofase***

El sincrofase es una evolución del sistema de sincronización, utilizándose incluso en pequeñas aeronaves como la Cessna 337, 31

### ***STOL***

Del inglés Short Take-Off and Landing, «despegue y aterrizaje cortos»)1 es el concepto usado en aviación para referirse a capacidades especiales de los aeronaves, gracias al aprovechamiento directo de las leyes de la inercia., 1

## T

### ***Tensión VonMises***

Es una magnitud física proporcional a la energía de torsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles., 62

### ***Tropicalización***

consiste en cromar una pieza previamente galvanizada, se realiza por procesos químicos, electro-químicos o térmicos., 69



## ABREVIATURAS

**FT.** - Pies

**GAE.** - Grupo Aéreo del Ejército

**RPM.** - Revoluciones por minuto

**R16.**- Revisión 16

**Lbs.** - Libras

**Kg.** - Kilogramos

**P/N.**- Numero de parte

**MTOW.** - Peso máximo de despegue

**VFR.** - Reglas de vuelo visual

**IFR.** - Reglas de vuelo por Instrumentos

**ITT.** - Temperatura entre turbinas

**Np.** - Velocidad de la hélice

**Hg.** - Velocidad del generador de gas

**FDS.** - Ficha de Datos de Seguridad

**FOD.** - Daños por objetos extraños

**ATA.** - Asociación de Transporte Aéreo

**MEK.** - Metil-etil-cetona

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aircraft, C. R. (2003). *POWER PLANT CHAPTER 71*. Wichita, Kansas, U.S.A.
- Aviation, A. F. (2012). *Aviation Maintenance Technician - Powerplant*.
- Bakers, D. (13 de Diciembre de 2008). *SYSTEM AND SOFTWARE ENGINEERING*.  
 Recuperado el 02 de Mayo de 2018, de SYSTEM AND SOFTWARE  
 ENGINEERING: <http://www.gtd.es/es/blog/como-funciona-un-motor-reaccion-i>
- Camacho, J. (12 de Febrero de 2003). *SELEWEE AVIATION*. Recuperado el 02 de  
 Mayo de 2018, de SELEWEE AVIATION: <http://www.sandglasspatrol.com/IIGM-12oclockhigh/Motores%20a%20Reaccion.htm>
- Cuesta, J. G. (2003). *Terminología Aeronáutica*. Madrid: Díaz de Santos. S.A.
- curiosfera. (28 de 9 de 2018). *curiosfera.com*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018,  
 de <https://www.curiosfera.com/como-se-hacen-las-helices-de-los-aviones/>
- Curtis king Blvd. (7 de julio de 2005). *Propellers parts market*. Recuperado el Abril de 10  
 de 2018, de <http://propellerpartsmarket.com/about-us/>
- docalair. (2019). *docalair.net*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2018, de  
[http://docalair.net/epages/9c4c8d01-dddd-4e9b-a88a-2e3be3a7e7ab.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/9c4c8d01-dddd-4e9b-a88a-2e3be3a7e7ab/Products/319](http://docalair.net/epages/9c4c8d01-dddd-4e9b-a88a-2e3be3a7e7ab.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/9c4c8d01-dddd-4e9b-a88a-2e3be3a7e7ab/Products/319)
- Flight Mechanic. (7 de agosto de 2017). *Flight Mechanic*. Recuperado el 2 de Octubre  
 de 2018, de <http://www.flight-mechanic.com/types-of-propellers/>

Golpe, A. (2013). *AMILARG*. Recuperado el 29 de Mayo de 2018, de

<http://www.amilarg.com.ar/hawker-125-400.html>

Hartzell Propeller Inc. (2017). *Propeller Owner's Manual and LogBook*. Piqua.

JEPPESEN BOEING COMPANY. (2011). *A & P TECHNICIAN POWER PLANT*

*TEXTBOOK*. TEXAS: JEPPESEN.

Jewell, B. (24 de Enero de 2003). *Power Jets*. Recuperado el 30 de Abril de 2018, de

Power Jets: <http://www.powerjets.co.uk/Viper%20theory.htm>

MAINTENANCE, R. -R. (1970). *IGNITION*.

MANENE, L. M. (28 de JUNIO de 2011). *LUIS MIGUEL MANENE*. Recuperado el 18 de

Abril de 2018, de LUIS MIGUEL MANENE:

<http://www.luismiguelmanene.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>

MIELEC. (1995). *MAINTENANCE MANUAL*. MIELEC: ul. Wojska Polskiego 3.

Pasion por volar. (8 de abril de 2016). *Pasion por volar*. Recuperado el 10 de Mayo de

2018, de <http://www.pasionporvolar.com/la-helice-aerea-cap-7/>

Pasion por volar. (28 de 7 de 2018). *pasionporvolar.com*. Recuperado el 18 de Mayo de

2018, de <http://www.pasionporvolar.com/la-helice-aerea-cap-8/>

Pileggi, V. (Enero de 2016). *desarrollodefensaytecnologiabelica.blogspot*. Recuperado

el 22 de Octubre de 2018, de [desarrollodefensaytecnologiabelica.blogspot](http://desarrollodefensaytecnologiabelica.blogspot):

<https://desarrollodefensaytecnologiabelica.blogspot.com/2016/01/motor-de-aviacion-pratt-whitney-pt6a-62.html>

Pratt & Whitney Canada company. (14 de agosto de 2018). *PWC united technologies company*. Recuperado el 14 de Agosto de 2018, de <http://141.119.184.204/en/home>

PZL Mielec. (Enero de 2019). Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de m28aircraft: <https://m28aircraft.com/spa/generalInformations/performance>

PZL Mielec. (Enero de 2019). Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de m28aircraft: <https://m28aircraft.com/spa/generalInformations/performance>

Sikorsky Company. (01 de enero de 2019). *m28 aircraft*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2018, de <http://m28aircraft.com/news/news/view/aeronave-multifuncional-m28>

Sikorsky Company. (01 de enero de 2019). *M28aircraft*. Recuperado el 02 de Mayo de 2018, de <https://m28aircraft.com/spa/generalInformations/interior>

*TakeOffBriefing - Powered*. (09 de Diciembre de 2012). Recuperado el 29 de Mayo de 2018, de <http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-un-motor-a-reaccion/>

Thai technics. (23 de 8 de 2002). *Thai technics.com*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2018, de [https://www.thaitechnics.com/propeller/prop\\_type.html](https://www.thaitechnics.com/propeller/prop_type.html)

# ANEXOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor CBOP. DE A.E REINOSO IBARRA, LUIS SEGUNDO.

En la ciudad de Latacunga a los 27 días de Enero del 2020.

Aprobado por:

Tlgo. Arévalo Rodríguez Andrés Esteban  
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Rodrigo Bautista  
DIRECTOR DE CARRERA



Abg. Santa Plaza  
SECRETARIA ACADÉMICA