



# **ESPE**

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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO, A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS  
DE LA FEED RING, DE LAS PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-  
30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN EL  
LABORATORIO DE LA CARRERA DE MECÁNICA  
AERONÁUTICA”**

**AUTOR: CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**

**DIRECTOR: TLG. VALENCIA FUEL JOHNATAN FERNANDO**

**LATACUNGA**

**2016**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

### CERTIFICACIÓN

Certifico que le presente Trabajo De Graduación **“DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS DE LA FEED RING, DE LAS PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**, realizado en su totalidad por el Sr. **CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**, para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de Agosto del 2016

---

**TLG. VALENCIA JOHNATAN**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA**

#### **AUTORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**, con cedula de identidad N° **1803765013** declaro que este trabajo de titulación “**DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS DE LA FEED RING, DE LAS PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 25 de Agosto del 2016

---

**CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**

**C.C 1803765013**



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **AUTORIZACIÓN**

Yo, **CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**, a la Unidad de Gestion de Tecnologías sustentada a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicacion publicacion en la biblioteca virtual y fisica de la institución el trabajo; **“DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS DE LA FEED RING, DE LAS PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 25 de Agosto del 2016

---

**CHÁVEZ LÓPEZ RENATTO ISRAEL**

**C.C1803765013**

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien me supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelanté y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos y las buenas palabras para motivarme a seguir luchando para poder lograr mis objetivos cada día.

Dedico de manera muy especial a mí querido hijo pues él ha sido el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación para lograr darle un ejemplo de vida y lucha ante todos los obstáculos.

Gracias a mis padres Carlos Chávez y Marlene López por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyen éste. Me formaron con reglas pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige a quién me ha forjado mi camino y dirigido por el sendero correcto, a Dios el que en todo momento a esto conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez. Mi Dios tu eres el que guía el destino de mi vida.

Agradezco a mis profesores por tan buena experiencia dentro la de universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que me apasiona gracias a cada uno de mis maestros que hizo parte de este proceso integral de formación esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Renatto Israel Chávez López

## RESUMEN

El presente proyecto de grado surge con la necesidad que tiene la UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS-ESPE para cumplir a cabalidad la realización de estudios teórico-prácticos con las inspecciones de las palas de la Hélice Dowty RotoI del avión FAIRCHILD FH-227J, desarrollando además con el fin de brindar conocimientos técnicos para el mantenimiento de las palas.

Se expone en primera instancia el objetivo de construir una herramienta especial para el desmontaje de los rodamientos internos de la pala de la Hélice Dowty RotoI N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J se realizó el desmontaje de los rodamientos siguiendo la información que previamente se recolecto en la investigación, del Manual de Overhaul de la Hélice fue una guía de trabajo indispensable para el desmontaje, se utilizó la herramienta especial, además de la supervisión de mi tutor.

El desmontaje los rodamientos de la Blade Group sin ningún tipo de accidente, gracias a las normas de seguridad tanto técnicas como personales que se tomaron antes, durante y después del desmontaje y montaje.

Palabras claves:

- Hélice
- Overhaul
- Rodamientos
- Desmontaje
- Montaje

## ABSTRACT

This research originates due to the necessity that Unidad de Gestión de Tecnologías has to fulfill the realization of theoretical and practical studies with the inspections of the Dowty Rotol propeller blades from the FAIRCHILD FH-227J aircraft. It is also developed with the purpose to provide technical experiences for the blades maintenance.

First, it presents the objective which is to construct a special tool for the removal of the inner bearings of the 193/4-30-4/50 Dowty Rotol propeller blades from the FAIRCHILD FH-227J aircraft. The removal of the bearings using the information taken from the investigation was done. The Overhaul manual was an indispensable guide for the removal. It also took the special tool as the supervision of my tutor.

The removing of the bearings of the blade group without any kind of accident was made, thanks to the safety standards both technical and personal that were taken before, during and after of the assembly and removal.

Keywords:

- Propeller
- Overhaul
- Bearings
- Disassembly
- Assembly

Lic. Diego I. Granja Peñaherrera

Jefe secc. Dpto. Lenguas UGT.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii

### CAPÍTULO I

#### EL TEMA

1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 ALCANCE .....	3

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 LA HÉLICE.....	4
2.1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	4
2.1.2 Ángulo de la hélice.....	5
2.1.3 Características aerodinámicas de las hélices.....	5
2.2 Partes de la hélice.....	6
2.2.1 Las palas.....	6
2.2.2 Perfil aerodinámico de las palas.....	7
2.2.3 EL Cubo .....	8
2.2.4 El Barril.....	8
2.2.5 “P.C.U” El Gobernador .....	9

2.3.	TERMINOLOGIA DE LA HÉLICE .....	10
2.3.1.	El eje de rotación.....	10
2.3.2.	Plano de rotación .....	10
2.3.3.	Recorrido de la hélice .....	10
2.3.4.	Ángulo de la pala.....	10
2.4	Paso.....	11
2.5.	Paso geométrico.....	11
2.5.1	Paso efectivo. ....	11
2.5.2	Resbalamiento.....	12
2.5.3	Tracción de la hélice .....	12
2.5.4	Ángulo de ataque .....	12
2.5.5.	Ángulo de la hélice .....	13
2.5.6	Fuerza centrífuga de la pala.....	13
2.6.	Momento centrífugo de torsión .....	13
2.6.1	Momento de torsión aerodinámico .....	13
2.7	Tipos de Hélices .....	13
2.7.1	Hélice de paso fijo .....	14
2.7.2	Hélice de paso variable .....	15
2.7.3	Hélices de paso ajustable.....	16
2.7.4	Hélices con sistema de abanderamiento.....	16
2.7.5	Hélice reversible .....	17
2.7.6	Las hélices modernas .....	17
2.8	Funcionamiento de la hélice.....	18
2.8.1	Hélices DOWTY ROTOL.....	19
2.8.2	Precauciones .....	20
2.8.3	Necesidades del sistema.....	20
2.8.4	Generalidades .....	21
2.8.5	Revolución de la hélice.....	21
2.8.5.1	Revoluciones que se debe evitar en taxeo.....	21
2.9	Tipo de hélice.....	21
2.9.1	Velocidad constante.....	22
2.9.2	Paso variable.....	22
2.10.	Principales componentes .....	22
2.10.5	Conjunto del pitch lock.....	25
2.10.6	Conjunto del spinner .....	26
2.10.7	Conjunto de platos de control.....	27
2.10.8	Plato colector N°1 .....	27

2.10.9	Plato colector N°2.....	27
2.11	Conjunto de carbones.....	28
2.11.2	Conjunto del sincronizador.....	29
2.12	Freno de la hélice.....	29
2.12.1	Conjunto de la with drawn.....	30
2.13.1	Daños más comunes producidos en las hélices.....	32
2.13.2	Vibraciones en la hélice.....	33
2.13.3	Oscilación.....	33
2.13.4	Inspección para las hélices.....	34
2.13.5	Inspección diaria.....	34
2-13.5	Inspección periódica.....	34
2.14.	Flojedad en las palas.....	34
2.15	EQUIPOS DE SEGURIDAD PERSONAL.....	35
2.15.1	Requisitos de un E.P.P.....	35
2.15.2	Clasificación de los E.P.P.....	35
2.16.1	Caja de llaves, dada, hexagonal.....	37
2.16.2	Desarmadores planos y estrella.....	38

### CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1	PRELIMINARES.....	39
3.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	39
3.2.1	Factor técnico.....	40
3.2.2	Factor económico.....	40
3.3	MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS.....	40
3.4	Remoción de los pernos de sujeción y seguros.....	41
3.5	Elaboración de la herramienta en el software.....	43
3.5.1	Construcción del equipo.....	44
3.5.2	La copa.....	44
3.6	Elaboración en el torno.....	45
3.7	BLADE GROUP DESMONTAJE.....	47
3.8	BOLT BLADE DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES INTERNOS.....	51
3.9	Limpieza.....	53
3.10	Lubricación de los componentes.....	57
3.11	MONTAJE DE LA BLADE GROUP.....	60
3.12	DIAGRAMA DE DESARROLLO.....	64

3.12.1 DESCRIPCION DE LOS SIMBOLOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO.....65

CAPÍTULO IV  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES ..... 66  
4.1 RECOMENDACIONES:.....67  
GLOSARIO ..... 68  
BIBLIOGRAFÍA..... 69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Avión Fairchild FH-27J.....	4
Figura 2	Avión Fairchild FH-27J.....	5
Figura 3	Cubo de la hélice y sus elementos .....	6
Figura 4	La pala .....	7
Figura 5	Perfil aerodinámico de la pala.....	7
Figura 6	El cubo.....	8
Figura 7	Conjunto de barril o cruceta.....	9
Figura 8	Gobernador.....	9
Figura 9	Ángulo de la pala .....	10
Figura 10	Paso geométrico.....	11
Figura 11	Paso efectivo .....	11
Figura 12	Resbalamiento.....	12
Figura 13	Ángulo de ataque.....	12
Figura 14	Ángulo de la hélice .....	13
Figura 15	Hélice de paso fijo .....	14
Figura 16	Control manual .....	15
Figura 17	Velocidad constante. ....	16
Figura 18	Hélice reversible (normal, bandera, paso corto, reversa). ....	17
Figura 19	Perfiles y ángulos de incidencia.....	18
Figura 20	Hélice.....	19
Figura 21	Hélice DOWTY ROTOL .....	20
Figura 22	Componentes de la pala.....	23
Figura 23	Componentes de la cruceta .....	24
Figura 24	Conjunto de cúpula o domo.....	24
Figura 25	Tubos de transferencia .....	25
Figura 26	Componentes del pitch lock .....	26
Figura 27	Componentes del spiner .....	26
Figura 28	Platos de control de la hélice.....	27
Figura 29	Conjunto de carbones.....	28
Figura 30	Cut out switch. ....	29
Figura 31	Balanceo de la hélice.....	30
Figura 32	Balanceo de la hélice.....	31

Figura 33	Balanceo estático y dinámico .....	32
Figura 34	CAJA DE HERRAMIENTAS .....	38
Figura 35	Desarmadores. ....	38
Figura 36	Seguros de sujeción .....	41
Figura 37	Aflojamiento de los pernos.....	41
Figura 38	Sacamos los seguros y pernos.....	42
Figura 39	PIN OPERATING.....	42
Figura 40	Elaboración en el software función 360 .....	43
Figura 41	Elaboración en el software función 360 .....	43
Figura 42	Elaboración en el software función 360 .....	44
Figura 43	Acero SAE 705 .....	45
Figura 44	Medición de números de dientes .....	45
Figura 45	Herramienta finalizada.....	46
Figura 46	Perforaciones.....	46
Figura 47	Lubricación con W40 .....	47
Figura 48	Sujeción con la prensa .....	47
Figura 49	Sentido de marcación para aflojamiento.....	48
Figura 50	Copa y Palanca .....	48
Figura 51	Copa y palanca con extensión.....	49
Figura 52	Bolt Blade .....	49
Figura 53	Bolt Blade .....	50
Figura 54	Roscado interno de la Bolt Blade.....	50
Figura 55	Race Botton.....	51
Figura 56	Race Botton y los seguros.....	51
Figura 57	Cage assambly, centrifugal and rollers .....	52
Figura 58	RACE CENTRE .....	52
Figura 59	Cage assambly, pre-load and propeller .....	53
Figura 60	Limpieza de la race botton.....	53
Figura 61	Limpieza de la race botton .....	54
Figura 62	Cage assambly .....	54
Figura 63	Race Centre limpieza .....	55
Figura 64	Race Centre limpieza .....	55
Figura 65	Bolt Blade .....	56

Figura 66	Blade and bushes assambly limpieza.....	56
Figura 67	COMPONENTES LIMPIOS Y SECADOS .....	57
Figura 68	Lubricación de la race center.....	57
Figura 69	Lubricación de las case assambly .....	58
Figura 70	Lubricación de la race botton.....	58
Figura 71	Lubricación de la Blade and bushes assambly .....	59
Figura 72	Montaje de los case asammbly propeller en la Race center.....	59
Figura 73	Lubricación de la Bolt Blade .....	60
Figura 74	Montaje de la Race Center en el Blade and bushes assambly.....	60
Figura 75	Montaje del Race botton en la Blade and bushes.....	61
Figura 76	Montaje de los seguros de la Race Botton .....	61
Figura 77	Montaje Bolt Blade en la Blade and bushes assambly .....	62
Figura 78	Montaje en la prensa hidráulica.....	62
Figura 79	Ajuste de la bolt blade con la herramienta especial.....	63
Figura 80	Montaje de los seguros, pernos y Pin Operating de la blade .....	63

# **CAPÍTULO I**

## **EL TEMA**

**“DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS UBICADOS EN LA FEED RING PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías-Espe Latacunga disponen de un avión para realizar las actividades teóricas prácticas, con lo cual desarrollan sus habilidades y destrezas como parte primordial de sus estudios.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar los trabajos necesarios para el desmontaje y montaje de los rodamientos internos de la pala, lo que permite que los estudiantes entiendan de mejor manera el procedimiento para realizar un mantenimiento de sus componentes.

El proyecto actual tiene como antecedente el funcionamiento de los rodamientos internos de la pala de la hélice del avión Fairchild para lo cual fue necesario realizar un estudio en lo que refiere de- como realizar el desmontaje de los rodamientos internos de la pala de la hélice para no tener dificultades, manipular componentes que son de sumo cuidado en la aviación, manteniendo así un excelente nivel de conocimiento tanto práctico como teórico.

Es esencial que el desmontaje y montaje de los rodamientos se lleve a cabo en condiciones de rigurosa limpieza, para conseguir así un buen funcionamiento y evitar un fallo prematuro como con todos los componentes de precisión, la manipulación de los rodamientos durante su montaje se debe realizar con sumo cuidado. Es muy importante elegir el método de montaje y las herramientas apropiados.



## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El desarrollo de las clases teóricas-prácticas de la carrera de Mecánica Aeronáutica se han llevado a cabo desde hace tiempo atrás lo que facilita el aprendizaje en los alumnos, al no realizar el desmontaje y desarmado de los rodamientos internos colocados en las palas de la hélice del avión Fairchild no se tiene una idea clara de su funcionamiento y composición interna.

Este acontecimiento no permite desarrollar las clases de la manera más idónea dificultando el aprendizaje en dicha estructura. El desmontaje de la parte de la hélice permitirá investigar más a fondo su funcionamiento y composición, mejorando el desarrollo de la clase.

Al no dar solución a la problemática existente, se dificulta el aprendizaje del funcionamiento y la composición interna de la pala para la comunidad universitaria.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El siguiente proyecto está basado en la necesidad que tiene los estudiantes, docente para desarrollar habilidades y destrezas como parte primordial de la carrera de MECÁNICA AERONUÁTICA.

Esto permitirá ampliar los conocimientos, mediante ejercicios teóricos practico, para el desmontaje de los cojines internos de la pala de la Hélice N°193/4-30-4/50 del avión Fairchild.

Esto proyecto es viable por el fácil funcionamiento para el desmontaje y montaje de los rodamientos internos colocados en las palas de la hélice el manejo adecuado del manual.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

DESMONTAR LOS RODAMIENTOS INTERNOS COLOCADOS EN LA FEED RING DE LA PALA DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA, MEDIANTE EL USO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recolectar y clasificar la información técnica sobre el desmontaje de rodamientos de la pala.
- Elaboración de la herramienta para el desmontaje y montaje de los cojinetes de la pala.
- Implementar la herramienta para el desmontaje de la hélice.

## **1.5 ALCANCE**

El presente trabajo de grado está dirigido a estudiantes y docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores ya que mediante este proyecto de grado, se podrá observar y manipular el funcionamiento de los rodamientos internos colocados en la FEED RING palas de la hélice n°193/4-30-4/50 del avión FAIRCHILD FH-27j ubicado en los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica”.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA HÉLICE

##### 2.1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La hélice de un avión es el mecanismo que transforma el par motor que se aplica en su eje en fuerza longitudinal en la dirección de avance. La fuerza aerodinámica que desarrolla la hélice en su movimiento de giro se llama tracción de la hélice. La función básica de la hélice es proporcionar a máxima tracción al avión a partir del par motor suministrado por su eje.

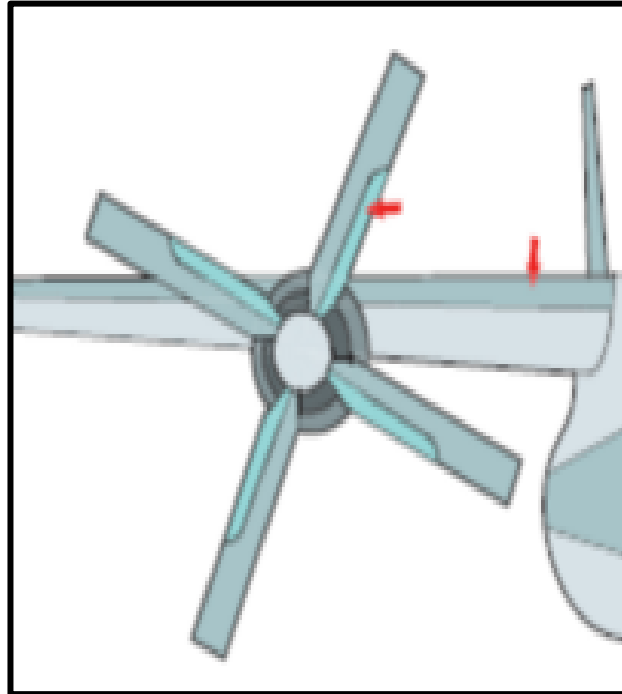
Estas hélices en su totalidad están construidas de aleación de aluminio duro son hechas de cuatro palas cuyo mecanismo de cambio de ángulo se opera por medio de una unidad reguladora y de una unidad de embanderamiento las cuales están montadas en el motor, al ángulo de la hélice puede variar desde  $0^\circ$  hasta completamente en Bandera, siempre unos pocos grados por debajo de  $90^\circ$ .



Figura 1 Avión Fairchild FH-27J

### 2.1.2 Ángulo de la hélice

Es el ángulo que forma la velocidad relativa del aire y el plano donde gira la hélice.



**Figura 2** Avión Fairchild FH-27J

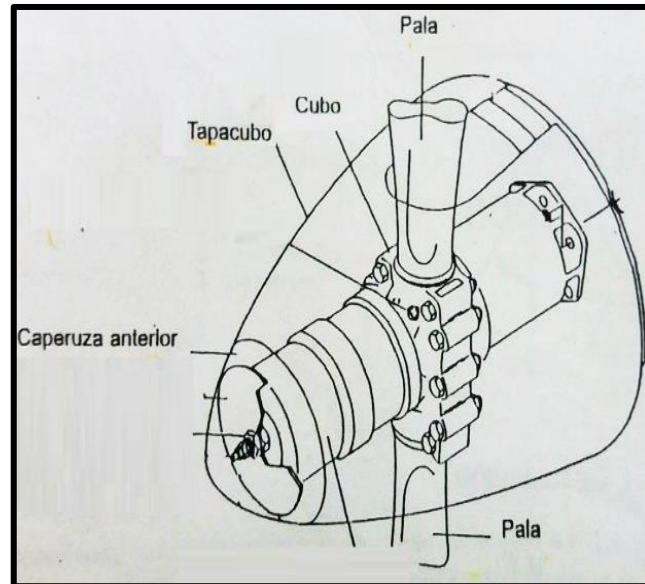
Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.1.3 Características aerodinámicas de las hélices

La hélice crea una fuerza de empuje fuera del poder proporcionado. La magnitud de esta fuerza no es constante para una hélice dada, pero depende de la velocidad del aire entrante y la velocidad rotatoria de la hélice misma. Así la prueba de hélices normalmente cubre un régimen ancho para operar en condiciones las hélices que tienen el mismo, pero la escala geométrica puede ser similar el flujo de aire y las alas, los características de las hélices pueden ser descritas por dimensión menos (normalizado) los coeficientes, mientras un flujo de aire puede ser caracterizado por la relación entre el ángulo de ataque.

## 2.2 Partes de la hélice.

La hélice tiene dos partes principales: buje y palas. El buje o cubo es la parte central de la hélice. Sirve de soporte a la raíz de la pala. La pala se empotra y se retiene en el buje. El buje se cubre con una caperuza de chapa o de fibra y adquiere así forma aerodinámica. La caperuza se llama tapacubos.

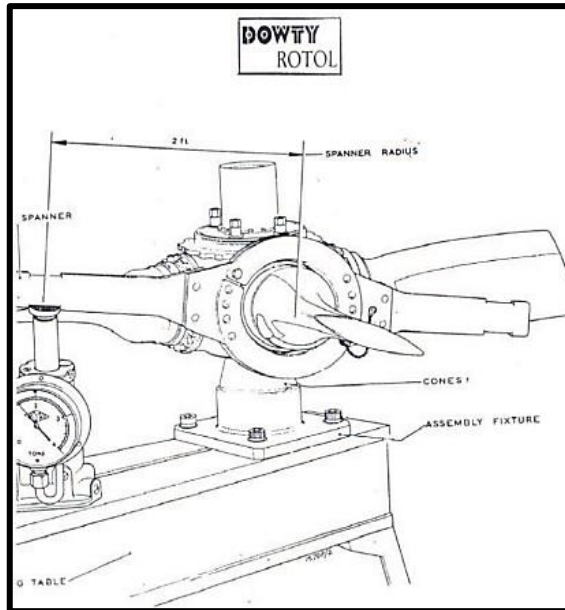


**Figura 3** Cubo de la hélice y sus elementos

**Fuente:** (Fundamentos de la hélice, 1987)

### 2.2.1 Las palas

La pala de la hélice es como una ala más, esto es, un perfil aerodinámico. La pala está formada por un número infinito de perfiles denominados elementos de la pala, uno a continuación del otro. Cada perfil, o elemento de pala, da una sustentación a la pala.

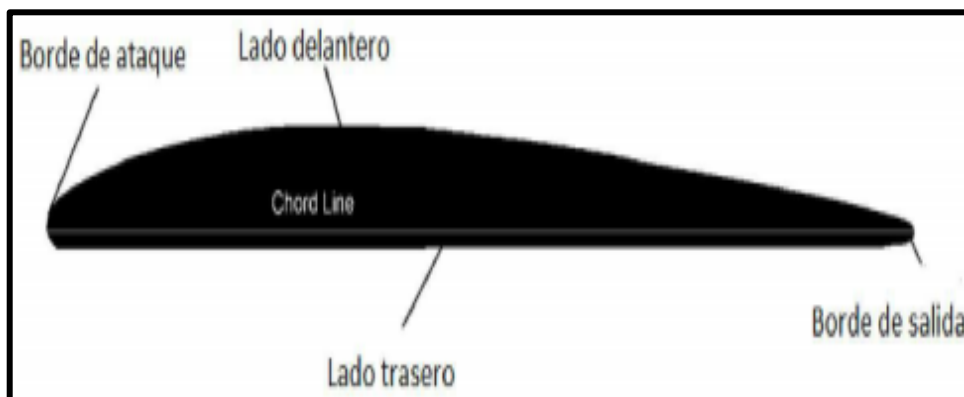


**Figura 4** La pala

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.2.2 Perfil aerodinámico de las palas.

Cada pala de la hélice tiene un perfil aerodinámico, tiene un lado curvo o delantero, una cara un borde de ataque y un borde de salida.

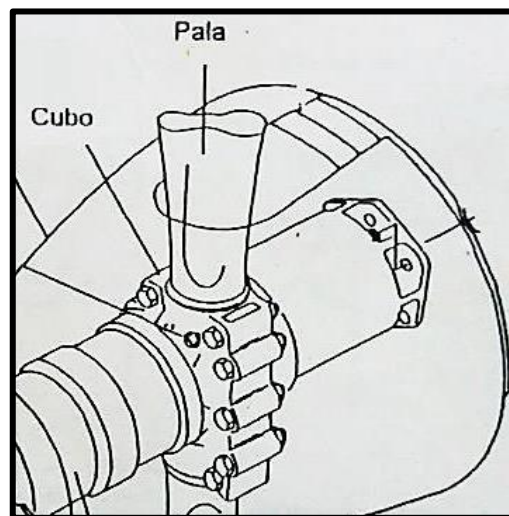


**Figura 5** Perfil aerodinámico de la pala.

**Fuente:** (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.2.3 EL Cubo

El cubo y la mayoría de sus componentes son hechos de acero. Tienen estrías internas que corresponden con las estrías externas del eje de la hélice y van asegurando a este mediante una tuerca de retención- algunas hélices tienen cubo de una sola pieza. Mientras que otras tienen un grupo de piezas llamado barril. Además el cubo puede estar encerrado en una caja cónica para darle contornos aerodinámicos.



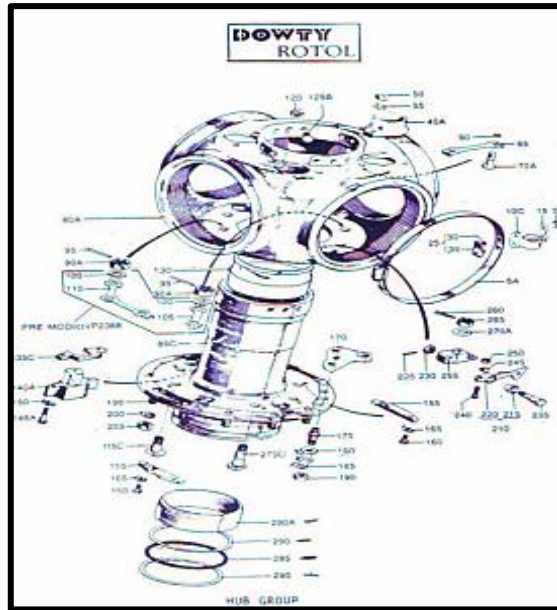
**Figura 6.** El cubo

**Fuente:** (Fundamentos de la hélice, 1987)

### 2.2.4 El Barril

Está construido de bronce acerado tiene cuatro orificios donde se acoplan las cuatro palas perfectamente aseguradas y frenadas para soportar la fuerza centrífuga al momento de su rotación.

En su parte delantera tenemos una manga en la misma que se desliza el pistón el cual recibe la presión de aceite, observamos también los cuatro orificios donde se desplazan las bielas que van aseguradas al pistón y engranadas con los pies que tiene cada pala; antes de instalar la cúpula debemos colocar el cono delantero y la tuerca de retención de la hélice la misma que lleva un torque de 1.200lbs/pies.

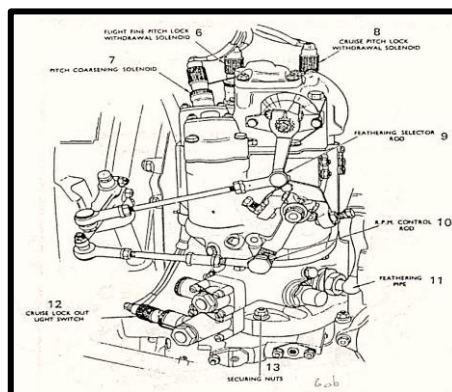


**Figura 7** Conjunto de barril o cruceta

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.2.5 “P.C.U” El Gobernador

El P.C.U. al cual conocemos como gobernador de la hélice trabaja conjuntamente en todos sus pasos con el conjunto del F.C.U. (unidad de control de combustible), varillas y cables eléctricos; para cambiar el ángulo de la hélice este envía controla la presión hidráulica de aceite del motor hacia las cámaras anterior y posterior del pistón conjuntamente con la velocidad que produce el plato de control No. 2 de la hélice.



**Figura 8** Gobernador

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)



## 2.3. TERMINOLOGIA DE LA HÉLICE

### 2.3.1. El eje de rotación

Es una línea axial imaginaria alrededor del cual gira la hélice.

### 2.3.2. Plano de rotación

Es el plano en el cual gira la hélice. Es perpendicular al eje de rotación.

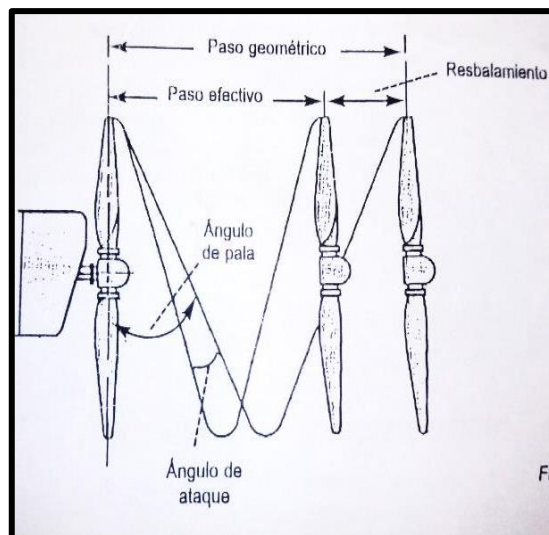
### 2.3.3. Recorrido de la hélice

Es la relación entre puntos iguales de todas las palas y su habilidad para girar en el mismo plano paralelo al de rotación.

### 2.3.4. Ángulo de la pala

Es el ángulo agudo que forma la cuerda de la sección de la pala con un plano perpendicular al eje de rotación.

El ángulo de la pala es la suma del ángulo de la hélice y ángulo de ataque. Se llama también ángulo de paso geométrico de la pala.



**Figura 9** Ángulo de la pala

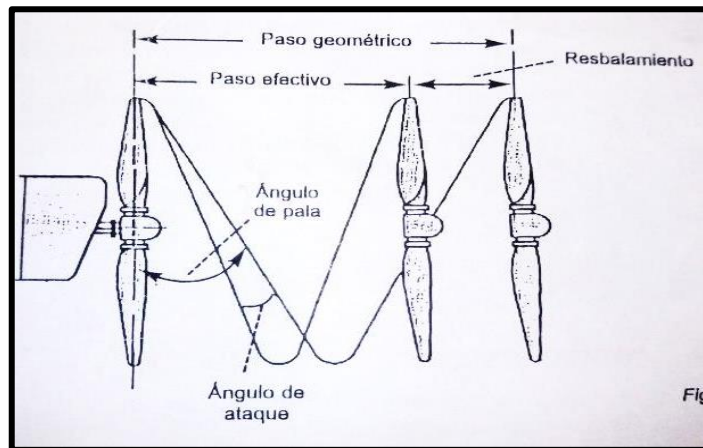
Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

## 2.4 Paso

Sin más adjetivos, el término paso tiene el mismo significado que ángulo de paso geométrico de la pala de hélice, y es la distancia de recorrido de la hélice.

## 2.5. Paso geométrico

Distancia teórica que recorre al avión por cada revolución completa de la hélice. Normalmente se define referido a la estación de la pala situada al 75% del eje de giro. Es la distancia que avanza la pala en una revolución si se desliza a lo largo de una hélice cuyo ángulo es igual al ángulo de pala.

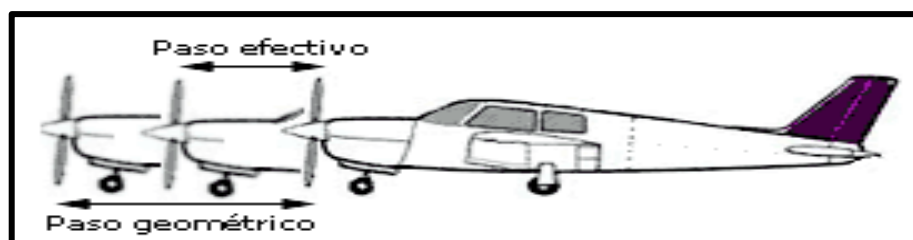


**Figura 10** Paso geométrico

Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.5.1 Paso efectivo.

Es a distancia real que recorre el avión durante el tiempo que la hélice efectúa una revolución completa.

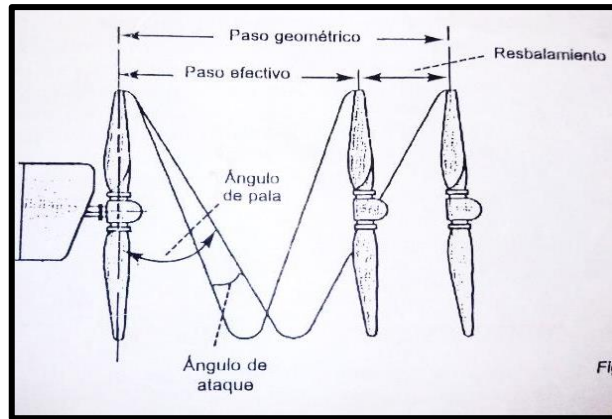


**Figura 11** Paso efectivo

Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.5.2 Resbalamiento

Es la diferencia entre el paso geométrico y el paso efectivo de la hélice. Es la “distancia perdida” de desplazamiento de la hélice como consecuencia de que esta se mueve en el seno de un fluido y no en un medio sólido.



**Figura 12** Resbalamiento

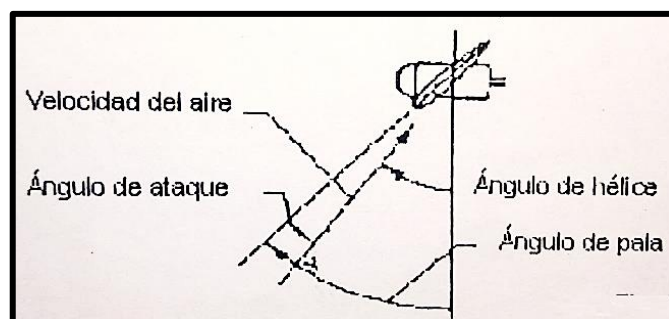
Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.5.3 Tracción de la hélice

Es la fuerza aerodinámica que actúa sobre la hélice en la dirección de aeronave.

### 2.5.4 Ángulo de ataque

Es el ángulo que forma la cuerda de la sección de la pala y el viento relativo.



**Figura 13** Ángulo de ataque

Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.5.5. Ángulo de la hélice

Es el ángulo que forma la velocidad relativa del aire y el plano donde gira la Hélice.

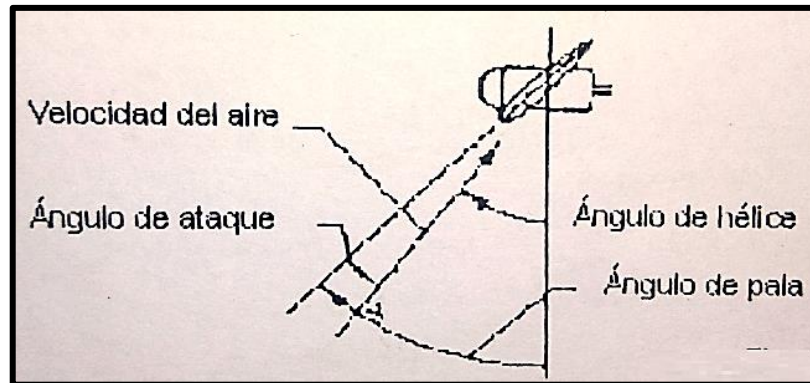


Figura 14 Ángulo de la hélice

Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.5.6 Fuerza centrífuga de la pala

Es la fuerza que actúa sobre las palas de la hélice en movimiento. Tiende a separar a las palas de su encastre. La fuerza centrífuga es debido al movimiento de rotación de la hélice, y crece con la velocidad angular al cuadrado de la hélice.

### 2.6. Momento centrífugo de torsión

Es el par que tiende a disminuir el ángulo de la pala.

#### 2.6.1 Momento de torsión aerodinámico

Es el par de torsión que tiende a aumentar el ángulo de pala de la hélice.

### 2.7 Tipos de Hélices

Las hélices se clasifican de acuerdo con dos criterios fundamentales: por el ángulo de pala y por su forma de construcción (digamos, por los materiales empleados en su fabricación). El primer criterio de clasificación es básico: según el ángulo de la pala. Puesto que el ángulo de la pala y ángulo de paso geométrico de la hélice son términos sinónimos en lo sucesivo nos referimos a

este ultimo de forma exclusiva, pues es el término que se emplea habitualmente.

En relación con el paso, las hélices se encuadran dentro de cuatro tipos:

- Hélices de paso fijo
- Hélices de paso variable
- Hélices de paso ajustable
- Hélices con bandera
- Hélices de paso reversible

### 2.7.1 Hélice de paso fijo

Es un tipo de hélice que se emplea en aviones monomotores con motores de baja potencia, son hélices muy simples y por tanto de mantenimiento fácil. En un principio las hélices de aviación estaban hechas de una sola pieza, a semejanza de las hélices de propulsión marítima. Estas hélices iban unidas al motor de manera prácticamente solidaria. La rotación del eje principal del motor era transmitida a la hélice directamente; en algunos modelos, mediante un conjunto de engranajes, se conseguía que la hélice girase a menos revoluciones que el motor, pero en cualquier caso, si el motor variaba sus revoluciones por minuto, en igual sentido variaban las de la hélice.



**Figura 15** Hélice de paso fijo

**Fuente:** (<http://www.hobbyarte.es/hobby/index.php?cPath=188291426>, 1992)

### 2.7.2 Hélice de paso variable

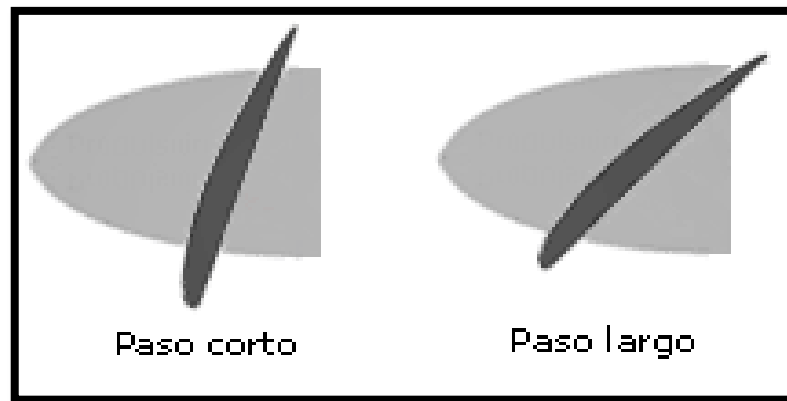
Esta hélice permite el ajuste en vuelo, la mayoría de estas se controlan de forma automática y se clasifican en tres grupos:

#### a. Hélice de dos posiciones

Paso corto para el despegue y ascenso, y paso largo para crucero.

#### b. Hélice de control manual

Cuenta con un mecanismo que permite al piloto cambiar el paso en vuelo. De esta forma se selecciona un paso corto para el despegue y conseguir un buen régimen de ascenso, y un paso largo cuando está en vuelo de crucero.



**Figura 16** Control manual

Fuente: (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

#### c. Hélice de velocidad constante

Consta con un regulador centrífugo que permite detectar y controlar las vueltas del motor, este mecanismo permite mantener el régimen de vueltas del motor seleccionado por el piloto.



**Figura 17** Velocidad constante

**Fuente:** (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### **2.7.3 Hélices de paso ajustable**

Las hélices de paso ajustable tienen un mecanismo que permite el ajuste del paso, en tierra, por parte del mecánico. El diseño de esta hélice corresponde a la idea de ajustar el paso para la fase de vuelo más representativa que hace el avión. Si es un avión que hace mayoritariamente vuelos de crucero interesa, como sabemos, un paso largo (mayor ángulo de la pala), ya que las fases de despegue y ascenso del avión ocupan un segmento de vuelo muy breve en comparación con el vuelo de crucero. Con estos fines la hélice tiene un mecanismo que permite el mecánico ajustar el ángulo de paso deseado. Las hélices de paso ajustable se pueden considerar obsoletas y se encuentran en algunos aviones ligeros.

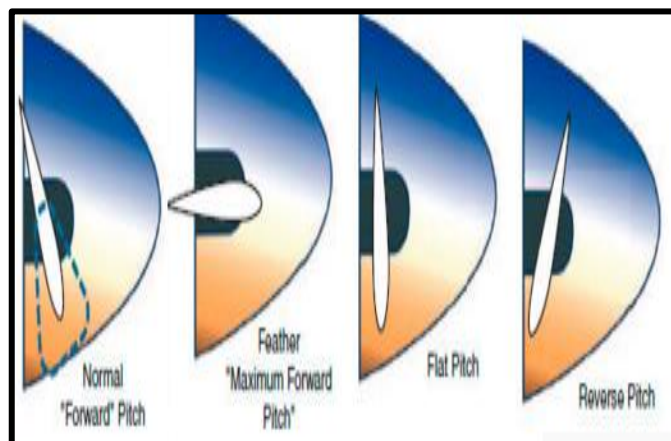
### **2.7.4 Hélices con sistema de abanderamiento**

Abanderar la hélice, o “poner en bandera, es el procedimiento de situar el borde de ataque de la pala alineado con la dirección de la velocidad de la corriente libre, en un ángulo de pala de  $90^\circ$ . Para este fin el mando de paso cuenta con un sector adicional de desplazamiento, en cuya posición la hélice entra en bandera.

En otras instalaciones la puesta en bandera se efectúa pulsando un botón.

### 2.7.5 Hélice reversible

La hélice reversible es de velocidad constante y con sistema de abanderamiento. Tiene, además, la capacidad de invertir el paso; es decir puede situar las palas más allá de las posición de paso corto, en sentido negativo.



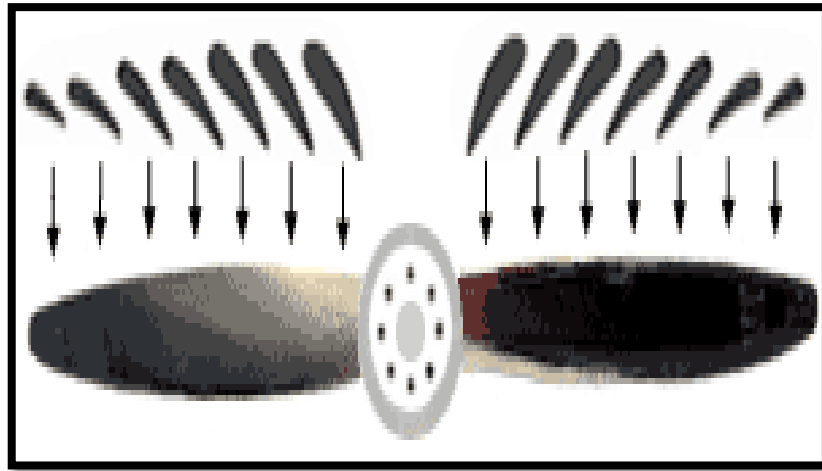
**Figura 18** Hélice reversible (normal, bandera, paso corto, reversa).

**Fuente:** (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

### 2.7.6 Las hélices modernas

Aquellas que equipan a aviones bimotores o comerciales, tienen un mecanismo que en caso de fallo de motor permite ponerlas "en bandera", es decir, presentando al viento el perfil de la hélice que ofrece menor resistencia. En algunos aeroplanos equipados con motores muy potentes, es posible invertir el paso de la hélice para ayudar en la frenada y hacer más corta la carrera de aterrizaje.



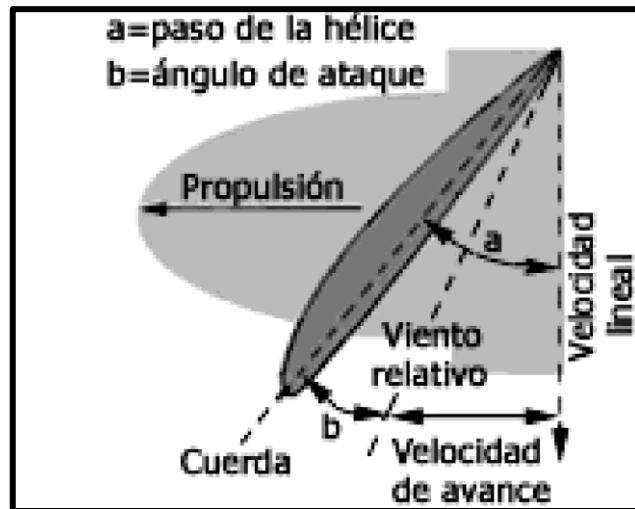


**Figura 19** Perfiles y ángulos de incidencia

**Fuente:** (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014).

## 2.8 Funcionamiento de la hélice

Los perfiles aerodinámicos que componen una hélice están sujetos a las mismas leyes y principios que cualquier otro perfil aerodinámico, por ejemplo un ala. Cada uno de estos perfiles tiene un ángulo de ataque, respecto al viento relativo de la pala que en este caso es cercano al plano de revolución de la hélice, y un paso (igual al ángulo de incidencia). El giro de la hélice, que es como si se hicieran rotar muchas pequeñas alas, acelera el flujo de aire hacia el borde de salida de cada perfil, a la vez que deflecta este hacia atrás (lo mismo que sucede en un ala). Este proceso da lugar a la aceleración hacia atrás de una gran masa de aire, movimiento que provoca una fuerza de reacción que es la que propulsa el avión hacia adelante.



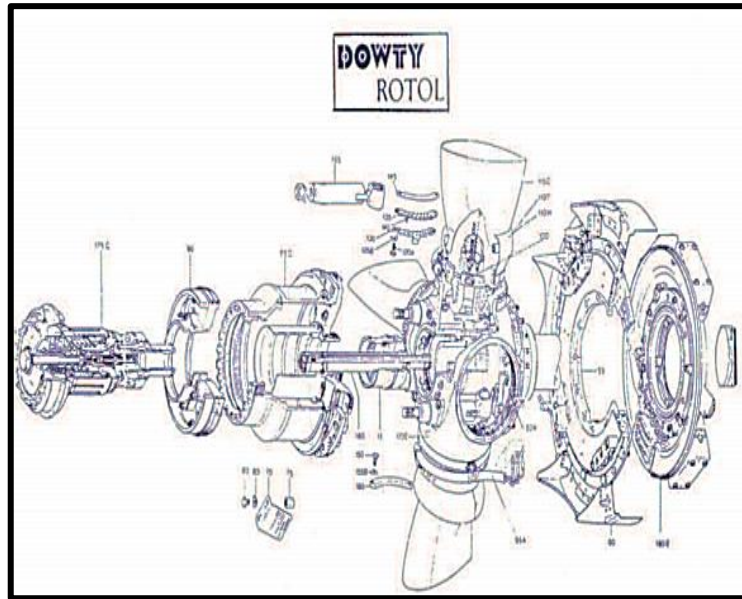
**Figura 20** Hélice

**Fuente:** (<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html> , 2014)

Las hélices se fabrican con "torsión", cambiando el ángulo de incidencia de forma decreciente desde el eje (mayor ángulo) hasta la punta (menor ángulo). Al girar a mayor velocidad el extremo que la parte más cercana al eje, es necesario compensar esta diferencia para producir una fuerza de forma uniforme. La solución consiste en disminuir este ángulo desde el centro hacia los extremos, de una forma progresiva, y así la menor velocidad pero mayor ángulo en el centro de la hélice se va igualando con una mayor velocidad pero menor ángulo hacia los extremos. Con esto, se produce una fuerza de forma uniforme a lo largo de toda la hélice, reduciendo las tensiones internas y las vibraciones.

### **2.8.1 Hélices DOWTY ROTOL**

Estas hélices en su totalidad están construidas de aleación de aluminio duro son hechas de cuatro palas cuyo mecanismo de cambio de ángulo se opera por medio de una unidad reguladora y de una unidad de embanderamiento las cuales están montadas en el motor, al ángulo de la hélice puede variar desde 0° hasta completamente en Bandera, siempre unos pocos grados por debajo de 90°.



**Figura 21.** Hélice DOWTY ROTOL

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### **2.8.2 Precauciones**

Es importante que se conozca y comprenda el funcionamiento básico de la hélice, así como las maniobras, pues la manipulación errónea del sistema de la hélice durante el vuelo puede poner en peligro la seguridad del avión y durante el funcionamiento en tierra puede traer consigo serias averías del motor.

### **2.8.3 Necesidades del sistema**

- a) Proporciona regulación de velocidad constante.
- b) Ofrece la mínima resistencia a la rotación durante la puesta en marcha del motor y la aceleración inicial desde la marcha lenta en tierra, y producir una elevada resistencia o arrastre al aterrizar para que obre a manera de freno.
- c) Topes de seguridad.
- d) Produce la mínima resistencia en un motor que haya fallado, es decir, colocación de la hélice en Bandera.
- e) También es posible sacar de Bandera una hélice si es necesario.

f) Proporciona indicaciones en la cabina para que pueda observarse que funciona satisfactoriamente el sistema de la hélice.

#### 2.8.4 Generalidades

**Tabla 2.1: Datos Generales de la hélice DOWTY ROTOL.**

<b>Diámetro</b>	12 pies
<b>Rotación</b>	Izquierda contra reloj
<b>Peso</b>	360 kilos (793lbs.)
<b>Paso fino de tierra</b>	0°
<b>Paso fino de vuelo</b>	16° a 18.5°
<b>Paso de bandera</b>	84°

#### 2.8.5 Revolución de la hélice

- En relantín de 6.000 a 7.000 R.P.M.
- De 11.000 a 11.500 R.P.M., entra a funcionar el paso fino de vuelo.
- De 11.050 a 17.000 R.P.M., funciona el gobernador de sobre velocidad por 20 segundos.
- De 15.000 R.P.M. potencia de decolaje

##### 2.8.5.1 Revoluciones que se debe evitar en taxeo

De 8.500 a 9.500 R.P.M. porque en este régimen engrosa el paso de la hélice causando vibración.

La relación de reducción de la turbina y la hélice es de 9 a 1; esto quiere decir que mientras la turbina gira nueve veces la hélice da una vuelta. La relación de reducción de la caja de engranajes (caja reductora de velocidad) y la hélice es de 3 a 1; igual quiere decir que la caja de engranaje gira tres vueltas, la hélice gira una vuelta.

#### 2.9 Tipo de hélice

Pertenece al grupo de hélices hidromáticas, velocidad constante, paso variable.

**Hidromática:** Es una hélice hidromántico porque trabaja por medio de

presión de aceite del motor.

### **2.9.1 Velocidad constante**

Porque es controlada por el P.C.U. (gobernador de la hélice) y el sistema eléctrico del mismo

### **2.9.2 Paso variable**

Porque la presión de aceite que envía el P.C.U. (gobernador) puede llevar a la hélice a tres posiciones que son:

- > Paso fino de tierra 0°
- > Paso fino de vuelo 16° a 18.5°
- > Paso de bandera 84°

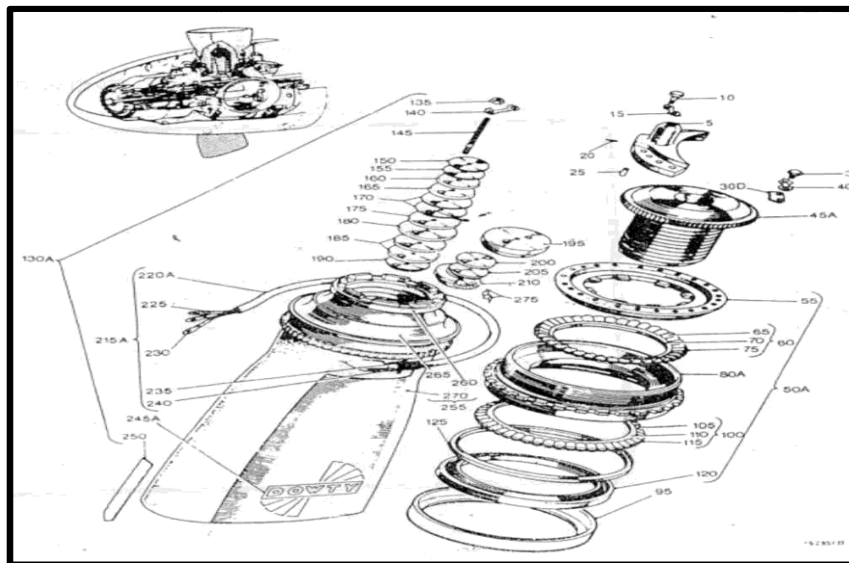
## **2.10. Principales componentes**

- > Conjunto de palas (4)
- > Conjunto de la cruceta
- > Conjunto de la cúpula o domo
- > Pitch lock
- > Spinner (2)
- > Platos de control (2)
- > P.C.U. (gobernador)
- > Conjunto de carbones
- > Cut out switch
- > Sincronizador
- > With Drawn
- > Freno de la hélice
- > Luces indicadoras

### **2.10.1 Conjunto de palas**

Consta de cuatro palas cada hélice, son construidas en aleación de aluminio duro, en sus bordes de ataque están previstas de botas de anticongelamiento (ANTI-ICING) que va desde la espiga de la pala hasta la estación 42, en su interior tiene elementos eléctricos que calientan a estos

bordes de ataque evitando así la formación de hielo; a este revestimiento le protegen unas láminas que igualmente van desde la espiga de la pala hasta la punta de la misma; estas sirven como protección contra daños por piedras o picaduras las cuales forman una superficie nivelada con la sección aerometálica; también podemos observar que en todas las cuatro palas llevan tres cables que envían corriente AC hacia las botas de las palas por medio del plato N°1. En la raíz de la pala tiene una parte hueca cuya finalidad es aliviar el peso de la pala y también sirve para colocar arandelas para el balanceo de las mismas, vienen con un tapón dentado en el que se aseguran los pines que acoplan directamente a las bielas del pistón, también se encuentra localizada la tuerca de rotación de la pala cuyo torque es de 2 ½ toneladas. En particular en la pala N°1 observamos una leva cuya finalidad es hacer contacto con el “Cut out switch” que va localizado en la posición en la pala N°1 en el lado posterior de la cruceta.



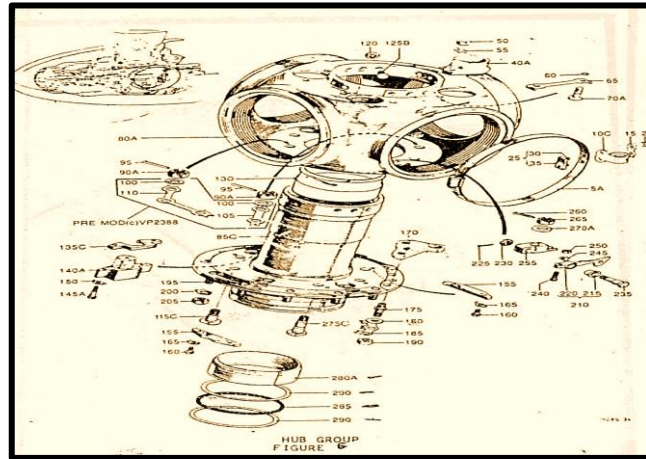
**Figura 22** Componentes de la pala

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.10.2 Conjunto de la cruceta o barril

En la parte posterior de esta cruceta encontramos el receptáculo donde va alojado el cono posterior y podemos ver los 14 pernos que sujetan al plato colector N°1. En el interior del barril o cruceta se encuentra unos empaques que de acuerdo a los boletines de servicio de la hélice deben ser

reemplazados cada 5.000 hrs., o caso contrario cuando mandamos a Overhaul de la a hélice, ya que si no se reemplazan estos paquetes, podría haber una fuga interna de aceite.

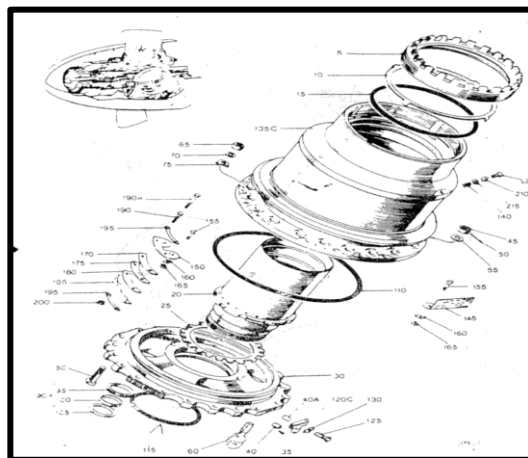


**Figura 23** Componentes de la cruceta

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.10.3 Conjunto de la cúpula o domo

Su construcción es de aleación de aluminio, es un conjunto en el cual se producen las diferentes presiones de aceite para los cambios de ángulo de las palas de la hélice, cuya presión es de 670 psi. En el interior de esta cúpula encontramos las siguientes partes: el pistón, el pitch lock y los tubos de transferencia.



**Figura 24** Conjunto de cúpula o domo

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

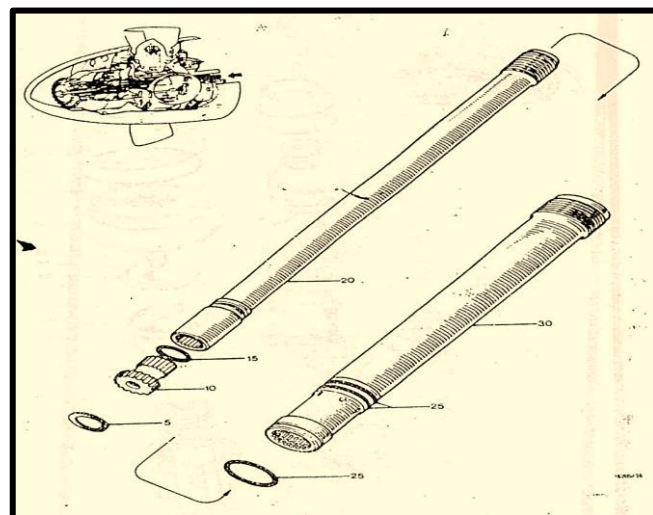
## 2.10.4 Tubos de transferencia

### ➤ Tubo exterior

En su parte delantera tiene seis orificios por donde pasa el aceite a la cámara posterior del pistón que es enviado desde el P.C.U., esto es para que suba el pistón y cambie el ángulo de las palas a un paso fino de tierra.

### ➤ Tubo interior

Transmite el aceite a la cámara anterior del pistón para que baje el mismo y cambie a un ángulo mayor de las palas que es hasta bandera. Estos tubos están provistos de empaques "O RINES" que no permiten el retorno de la presión de aceite, una vez instalados quedan los dos elementos asegurados por medio de un piñón asegurando el mismo que va fijado con un seguro tipo bincha.



**Figura 25** Tubos de transferencia

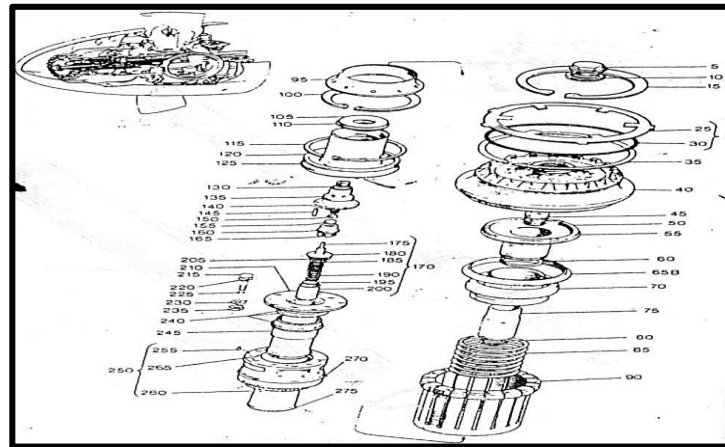
**Fuente:** (Manual de catálogos de partes DOWTY ROTOL, 1987)

## 2.10.5 Conjunto del pitch lock

Es un seguro de paso que va instalado en la cúpula, es una válvula que controla el paso fino de vuelo de  $16^{\circ}$  a  $18.5^{\circ}$  en vuelo y el control de abanderamiento que es de  $84^{\circ}$ . En tierra, este conjunto funciona para asegurar el ángulo de bandera y retornar el paso fino de tierra que es  $0^{\circ}$ . Es un seguro de paso que por medio de la presión de aceite del P.C.U. se abren las



uñetas que venciendo la tensión del resorte interno se expanden presionándose contra las paredes de la manga

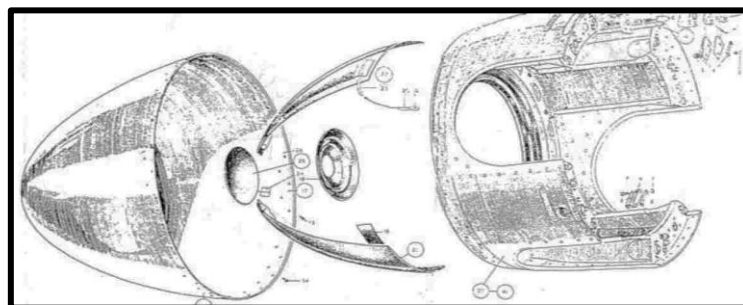


**Figura 26** Componentes del pitch lock.

**Fuente:** (Manual de catálogos de partes DOWTY ROTOL, 1987)

#### 2.10.6 Conjunto del spinner

Es un cobertor en forma de cono aerodinámico que permite que el flujo de aire de impacto que golpea en la parte frontal de la hélice pase sin afectar la resistencia al avance y asegura la eficacia máxima del flujo de aire hacia el motor y está construido con láminas de aluminio y provisto de resistencias eléctricas en el momento que se requiera se calienta cuando hay presencia de hielo; este spinner tiene un mecanismo de seguridad de liberación rápida tipo expulsor. Las marcas “rojas” pintadas en las espigas de las palas de la hélice se alinearon con las marcas “rojas” pintadas en el cono o spinner sirve para indicar la posición del ángulo preciso en tierra.

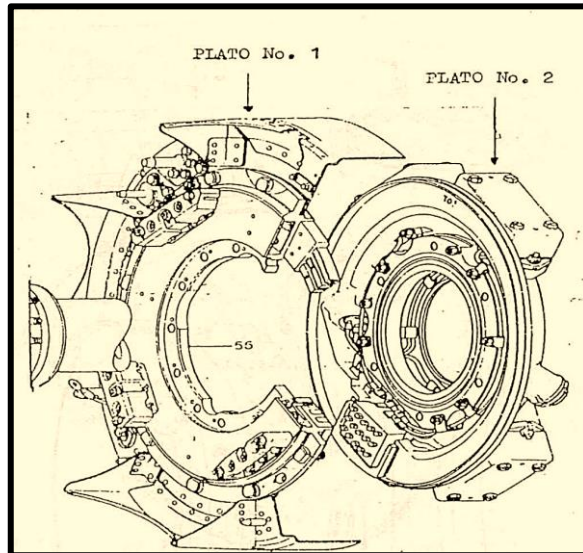


**Figura 27** Componentes del spinner

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.10.7 Conjunto de platos de control

Los platos de control son anillos que sirven para transmitir corriente A.C. 115V, en el momento que está girando la hélice hace contacto con el conjunto de escobillas y así producir la energía suficiente para el Anti-Ice del conjunto de la hélice y del motor.



**Figura 28** Platos de control de la hélice

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.10.8 Plato colector N°1

Se encuentra localizado en la parte posterior de la cruceta, en el lado de atrás observamos tres anillos colectores los mismos que sirven para transmitir corriente A.C. 115 V., fases A, B Y C de fuera hacia dentro, los cuales sirven para el anti congelamiento de las botas de las palas, spinner de la hélice y las tomas de aire del motor respectivamente, en el momento que gira y hace contacto con el conjunto de escobillas que son fijas y están localizados en el plato N°2; en la parte frontal del mismo encontramos los puntos del contacto eléctrico de cada pala.

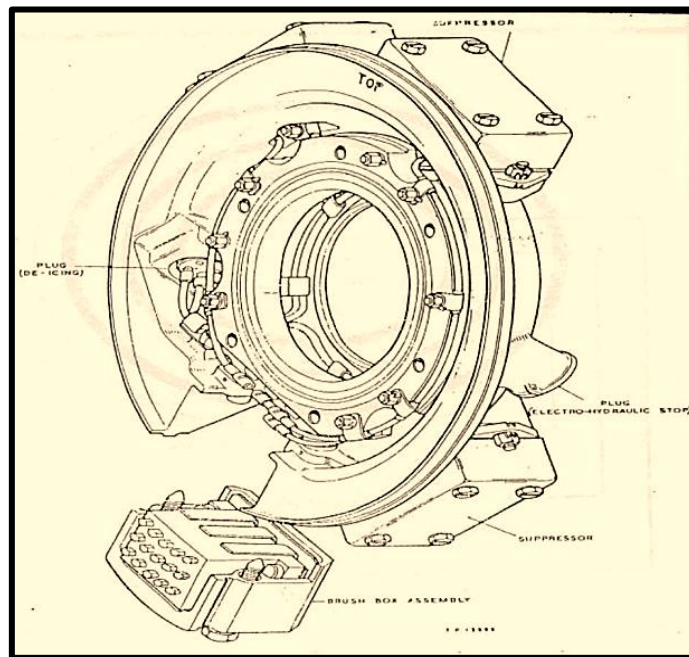
### 2.10.9 Plato colector N°2

Este plato colector se encuentra ubicado y asegurado en la parte frontal de la caja reductora de velocidad, el cual tiene dos anillos colectores que al hacer contacto con el HOT SWITCH envía la señal a la cabina de vuelo indicando que las palas han entrado en posición de paso fino de vuelo, y

también cuando las palas de la hélice son llevadas a la posición bandera, en este está localizado el conjunto de escobilla.

## 2.11 Conjunto de carbones

Está localizado en el plato de control N°2, este conjunto tiene 15 carbones al momento de hacer contacto con los anillos colectores del plato N°1, que está girando con la hélice, produce la corriente A.C. para el anti-ice del spinner, toma de aire y conjunto de palas (botas).



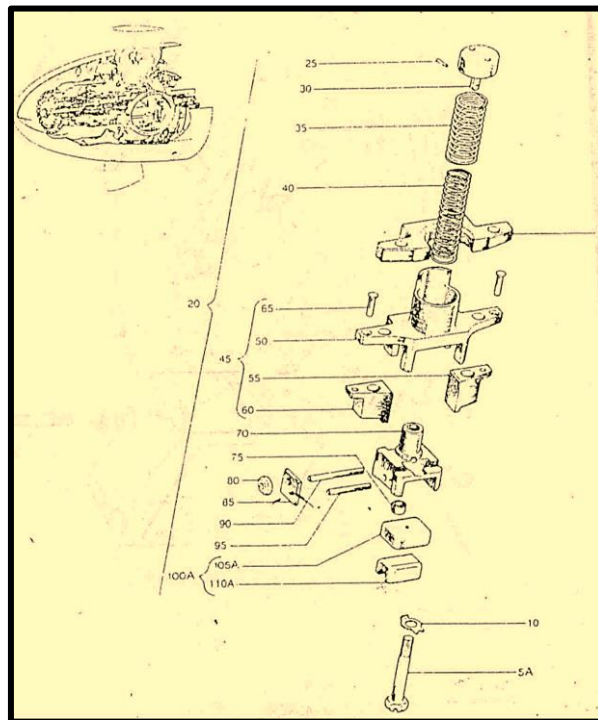
**Figura 29** Conjunto de carbones.

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.11.1 Conjunto del cut out switch

Es un switch mecánico eléctrico que se encuentra localizado en el lado posterior de la cruceta y en la posición de la pala N°1, consta de un resorte y un carbón que hace contacto con los anillos colectores del plato N°2, el cual envía la señal a la cabina del piloto indicando que la posición de las palas de la hélice han sido puestas en paso fino de vuelo que es de 16° a 18.5° o han sido colocadas en paso de banderas 84°, todo este procedimiento lo hace al comprimirse el resorte del “hot switch” con la leva de la pala N°1; ésta

indicación podemos observar en las 6 luces ámbar del panel del piloto.



**Figura 30** Cut out switch.

**Fuente:** (Manual de catálogo de partes DOWTY ROTOL, 1987)

### 2.11.2 Conjunto del sincronizador

Como su nombre lo indica, sincroniza las R.P.M. de la hélice en el rango de 14.500 a 14.200 R.P.M., el alcance de sincronización máximo es de 100 a 200 R.P.M. Se encuentra localizado en el motor N°1 y en las cajas accesorias se incorporan dos sincronizadores alternadores, siendo el del lado izquierdo el maestro y el derecho hace de esclavo.

### 2.12 Freno de la hélice

Es un sistema de seguridad que se encuentra localizado en la caja de accesorios del motor N°1, trabaja con presión hidráulica de 1.600 a 1.800psi, actúa bajo los 3.000 R.P.M., este tiene dos pistones que empujan a sus respectivos tejos y presionan al disco el eje de la caja de accesorios que está a su vez conectado con el eje de la hélice haciendo que se detenga en el menor tiempo posible la rotación de la hélice; éste actúa accionando la palanca que se encuentra en el pedestal central del lado izquierdo. Para

instalar el freno debemos tener la precaución de aliviar la presión hidráulica del avión. La razón por la que se encuentra localizado en el motor N°1, es porque en este lado del fuselaje se encuentran localizadas las puertas de acceso al avión.

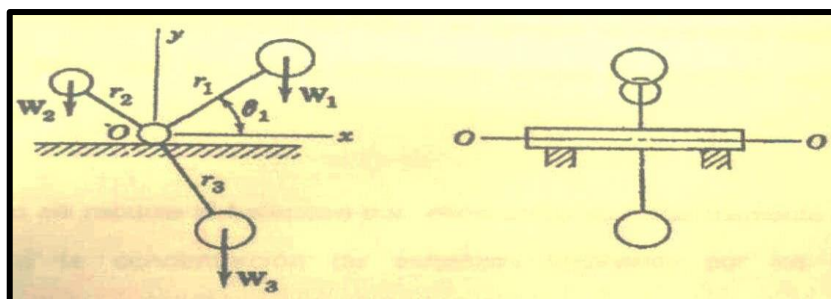
### 2.12.1 Conjunto de la with drawn

Es una traba mecánica que en tierra no permite que los aceleradores se vayan adelante acelerando bruscamente los dos motores, esto sucede por el seguro del control puesto, sin embargo, acelerando un motor a la vez, las palancas llegan hasta las 15.000 R.P.M. No sucede así cuando el seguro del control lleva las dos palancas (aceleradores), hacia adelante nos topamos con la traba y las revoluciones llegan hasta 11.500 R.P.M. (paso fino de vuelo).

### 2.12.2. Balanceo estático de la hélice

El balanceo estático es un balanceo de fuerzas debidas a la acción de la gravedad, es un proceso de pesado en el que se aplica a la pieza una fuerza de gravedad o una fuerza centrífuga. Si el rotor está en balance estático, no rueda bajo la acción de la gravedad sin importar cuál sea la posición angular del rotor. Para obtener balance estático se requiere que el centro de gravedad del sistemas de masas este en el eje 0-0 de rotación.

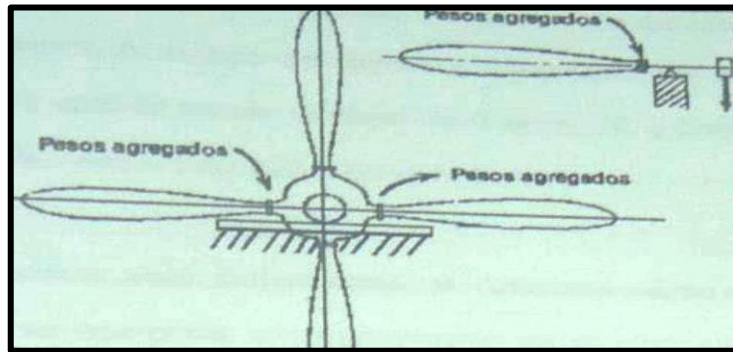
Para que el centro de gravedad este en el 0-0, se requiere que los momentos de masas alrededor del eje se las  $x$  y del eje de las  $y$  respectivamente sean cero.



**Figura 31** Balanceo de la hélice

**Fuente:** (Maintenance Training manual, 1992)

El uso de guías paralelas como en la figura es un método sencillo de balancear en el taller o grandes volúmenes de rotores que tiene masas en un plano radial común. El balanceo dinámico de las hélices de un aeroplano se prueba en esta forma a partir de una prueba estático. Se logra un alto grado de balance.



**Figura 32** Balanceo de la hélice

**Fuente:** (Maintenance Training manual, 1992)

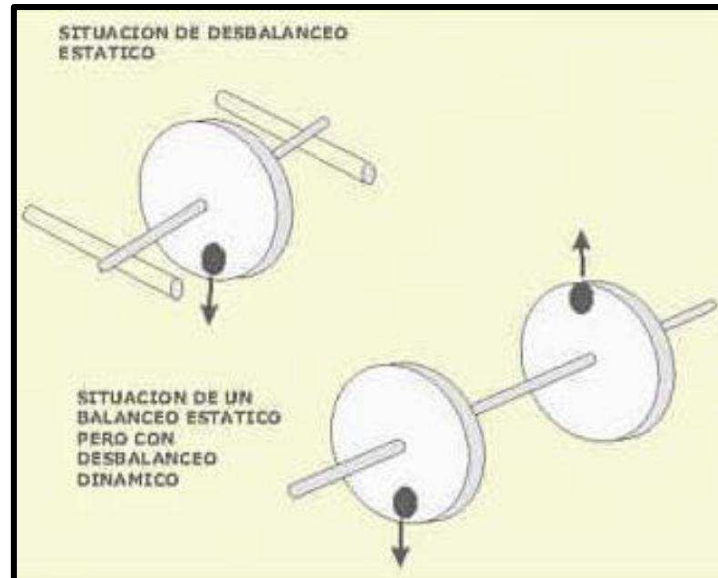
Adicionalmente, como se indica, se agregan las rodela al vástago de la hoja, al balancear las aspas individuales contra un momento estándar de balance

### **2.13. Balanceo estático de la hélice Dowty Rotol**

Dentro del procedimiento de Overhaul existe un paso mandatorio del fabricante que se realiza a todo tipo de hélices, es realizar el Balanceo Estático a la hélice. Las hélices pueden ser balanceadas estáticamente en forma apropiada solamente desmontando la hélice del avión y haciendo una evaluación del balanceo horizontal y vertical sobre un dispositivo especial, y comprobar que el peso sea similar en las dos o más palas de la hélice.

Cuando la hélice esta balanceada el funcionamiento del motor es correcto y el avión se comporta adecuadamente en el aire, cuando la hélice esta desbalanceada provoca vibración la misma que afecta a la marcha del motor acortando así la vida útil de este, y se puede producir daños a la estructura de la aeronave debido a la vibración.

Una vez realizado el balanceo según la Orden Técnica al momento de instalar la hélice al avión, no se va a tener la presencia de vibración. El balanceo estático de la hélice debe realizarse únicamente en un taller específicamente habilitado.



**Figura 33** Balanceo estático y dinámico

**Fuente:** (Maintenance Training manual, 1992)

### 2.13.1 Daños más comunes producidos en las hélices

- Picaduras por objetos extraños
- Esfuerzos de la hélice
- Vibración
- Oscilación

Los daños más comunes producidos en las hélices son las picaduras por objetos extraños que se encuentran en las pistas cada una de las pala de la hélice tiene características que deben ser iguales entre si para que no produzca un desbalanceo entre toda la hélice y como resultado de esto la vibración. Como más frecuencia la picadura de la hélices se produce en pistas que son lastradas o en su defecto en las pistas de asfalto que tienes objetos extraños en la superficie, llamamos objeto extraño o trozos de metal, tornillos, tuercas, etc., que han sido olvidados en la plataforma de circulación de las aeronaves.

Cuando la aeronave aterriza tiende a levantar el lastre de la pista al impactar estos objetos extraños y con la velocidad de la hélice se producen hundimientos y el material de la hélice se desprende afectando las características técnicas de cada pala produciendo vibraciones.

### **2.13.2 Vibraciones en la hélice**

La hélice es sensible a ciertas frecuencias de las fuerzas del motor o aerodinámicas, principalmente porque la hélice posee ciertas frecuencias naturales. Cuando las frecuencias naturales de vibración de la hélice coinciden o se aproximan a las frecuencias de las fuerzas excitadoras, se producen combinaciones críticas que involucran la potencia, r.p.m. actitudes del avión, etc. Si no hubiera aumento de la excitación debido a los modos naturales de vibración de hélice generalmente no alcanzarían valores que provocarían tensiones que excedan los límites de seguridad. Una hélice tiene un número infinito de frecuencias naturales o modos de vibración pero, debido a distintos factores involucrados, sólo los primeros modos de vibración son un problema en una instalación de aeronave dada. La hélice puede vibrar en ambos modos, simétrico y asimétrico, ya sea en el eje mayor o menor. Los modos simétricos son aquellos en los que todas. Debido a la combinación de los modos de vibración simétricos y asimétricos que reaccionan con las fuerzas de flexión y de traslación del motor o aeronave, se hace virtualmente imposible calcular los esfuerzos de vibración de la hélice para determinar la aeronavegabilidad de los mismos. Con la posibilidad de que estas distintas combinaciones se produzcan simultáneamente, una pala de la hélice podría manifestar una alta tensión de vibración, mientras otra pala de la misma hélice en el mismo momento, manifestaría una baja tensión de vibración. Esto se aplica principalmente a aquellas hélices accionadas por motores alternativos que no están equipados con reductor.

### **2.13.3 Oscilación**

La oscilación u ondulación de la hélice es producida en vuelos a altas velocidades en picada o en el de colaje para este defecto la corrección tiene que ser realizada por el piloto debe volar a menor velocidad o a un mayor ángulo de ataque. Se puede producir oscilación por el des-balanceo de los



ángulos entre hélices es decir que si se tiene 3 palas de una hélice puede ser que una de estas palas este dando un ángulo diferente a las 2 palas restantes o en su defecto que todas las palas de la hélice tengan distinto ángulo.

#### **2.13.4 Inspección para las hélices**

#### **2.13.5 Inspección diaria**

Realizada antes y después de cada vuelo, es un chequeo visual que implica la revisión de los siguientes aspectos:

- Perdida de material en la hélice
- Golpes o hendiduras
- Dobladuras y rajaduras
- Inspección de corrosión
- Inspección de acumulación de grasas o fluidos.

#### **2-13.5 Inspección periódica**

Realizada en función de los manuales de procedimientos y ordenes técnicas, necesariamente se tiene que hacer una remoción de la hélice, inspeccionar todo su conjunto mecánico y sistemas que permitan su funcionamiento para determinar ciertos desperfectos y/o fugas de algún líquido hidráulico o grasas. Una vez corregido el daño, se procede nuevamente a montar la hélice en el avión con los torques y seguros recomendados por el fabricante. Por último se inspecciona el sistema en sí, así como su instalación eléctrica para después colocar los seguros del mecanismo.

#### **2.14. Flojedad en las palas**

Para examinar la flojedad de las palas se debe proceder de la siguiente manera:

- Girar las hélices hasta que la pala a examinarse este en forma perpendicular
- Cerca de la 42" coloque la mano en el borde de ataque, y otra en el borde de salida, trate de girar la pala en el cubo.

- No se confunda con el juego normal en las palas en hélices de paso variable, con una condición anormal.

## **2.15 EQUIPOS DE SEGURIDAD PERSONAL**

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo controlados por otros medios como por ejemplo: Controles de Ingeniería. (PROTECCION, 2014)

### **2.15.1 Requisitos de un E.P.P**

- Proporcionar máximo confort y su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- No debe restringir los movimientos del trabajador.
- Debe ser durable y de ser posible el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
- Debe ser construido de acuerdo con las normas de construcción.
- Debe tener una apariencia atractiva.

### **2.15.2 Clasificación de los E.P.P**

- Protección a la Cabeza (cráneo).



- Protección a los Oídos.



- Protección de las Vías Respiratorias.



- Protección de Manos y Brazos.



- Protección de Pies y Piernas.



- Ropa de Trabajo.



## 2.16 HERRAMIENTAS

### 2.16.1 Caja de llaves, dada, hexagonal

La aviación es el diseño, la producción y operación de aeronaves para el transporte de personas y mercancías en todo el mundo. Los tipos de máquinas voladoras pueden ser muy diferentes, pero no importa qué modelo de avión, el servicio no se debe tomar a la ligera. Los motores de los aviones y los mecánicos son únicos y requieren herramientas que se adapten a las necesidades de mantenimiento adecuadas.



**Figura 34.** CAJA DE HERRAMIENTAS

**Fuente:** [http://www.ehowenespanol.com/lista-herramientas-mecanica-lista\\_88480/](http://www.ehowenespanol.com/lista-herramientas-mecanica-lista_88480/)

### 2.16.2 Desarmadores planos y estrella

Un destornillador o atornillador es una herramienta que se utiliza para apretar y aflojar tornillos y otros elementos de máquinas que requieren poca fuerza de apriete y que generalmente son de diámetro pequeño.



**Figura 35.** Desarmadores

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Caja\\_de\\_herramientas](http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_de_herramientas)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

**“DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS INTERNOS DE LA FEED RING, DE LAS PALAS DE LA HÉLICE N°193/4-30-4/50 DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-27J UBICADO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**

#### **3.1 PRELIMINARES**

Se realizó un análisis económico detallado sobre las partes y componentes que se requería comprar para el montaje, la infraestructura, la información necesaria para realizar el proyecto tomando en cuenta el tiempo que llevara en realizar el desmontaje de la pala de la hélice del avión Fairchild que se encuentra en las instalaciones de los laboratorios de la Universidad totalmente inspeccionada lista para el desmontaje de los rodamientos de la pala de la hélice.

Una vez recopilada toda la información sobre el desmontaje mediante los manuales técnicos tanto de la aeronave y de la hélice; y de haber seleccionado las herramientas, equipo de protección y aplicando todas y cada una de las normas de seguridad establecidas se procederá a su respectivo desmontaje.

El objetivo principal de este proyecto de grado es poner teórica y prácticamente el funcionamiento de los rodamientos internos de la BLADE GROUP.

#### **3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Para el estudio de factibilidad se debe considerar los siguientes factores:

- Factor técnico

- Factor económico

### **3.2.1 Factor técnico**

Es considerado las normas establecidas en los manuales del fabricante para verificar que los componentes puedan acoplarse correctamente al equipo. De acuerdo al análisis e investigación desarrollada se logró establecer como factible el uso de materiales y partes disponibles en stock de mantenimiento.

### **3.2.2 Factor económico**

Este factor sin duda se convierte en un elemento decisivo que permite determinar la inversión total en el proyecto, es necesario analizar los costos de cada uno de los componentes y materiales que se utilizaron para obtener el gasto total, se considerara también los gastos personales como los pasajes, hospedaje y alimentación diaria durante el proceso de armado del motor.

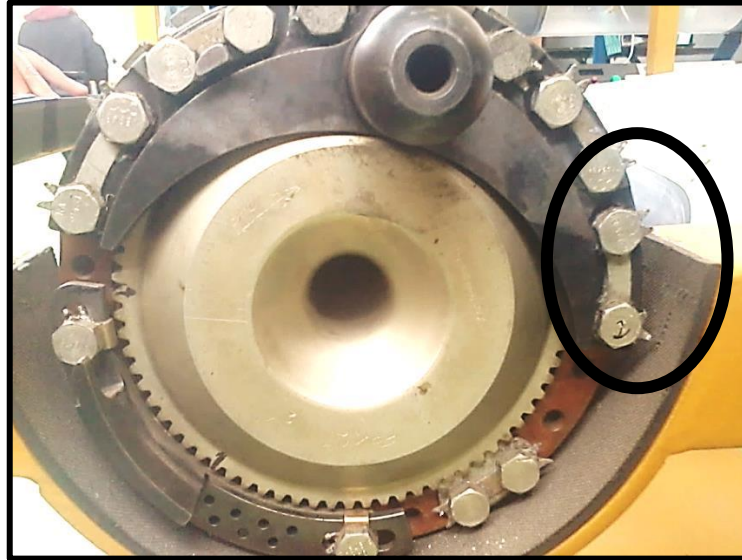
## **3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICADAS**

Durante los procesos de rehabilitación se utilizó equipos de protección personal para resguardar el bienestar de salud del personal involucrado en este proyecto utilizando equipos de protección:

- **Para la protección de manos:** Se utilizó guantes para aflojar los pernos y las turcas de la pala de la hélice.
- **Para protección de pies:** Se utilizó calzado punta de acero para el trabajo.
- **La ropa de trabajo:** se utilizó el overol de trabajo.

### 3.4 Remoción de los pernos de sujeción y seguros.

Se procede a abrir los seguros de sujeción de los pernos para su remoción.



**Figura 36:** Seguros de sujeción

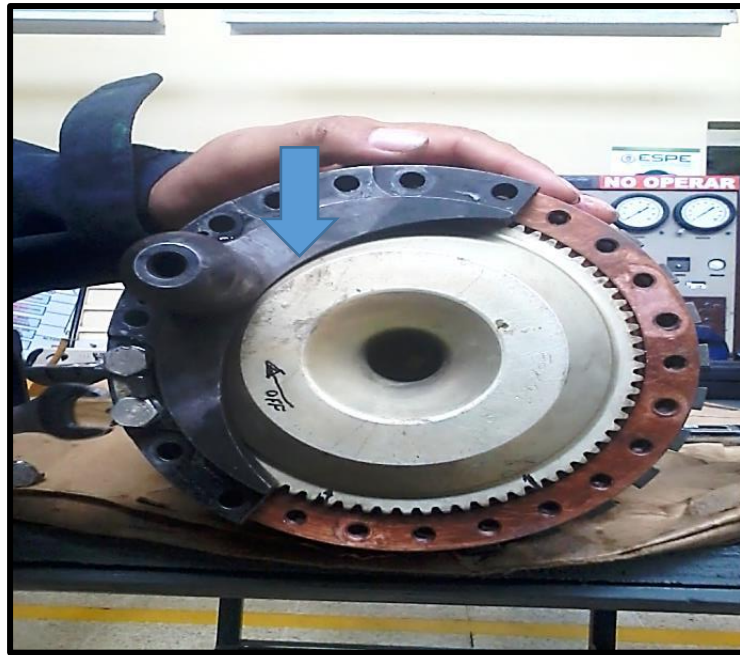
Luego aflojamos los pernos con un dado 12mm o una llave 7/16.



**Figura 37:** Aflojamiento de los pernos



Se retiró todos los seguros y pernos que se encuentran alrededor para retirar el PIN OPERATING.



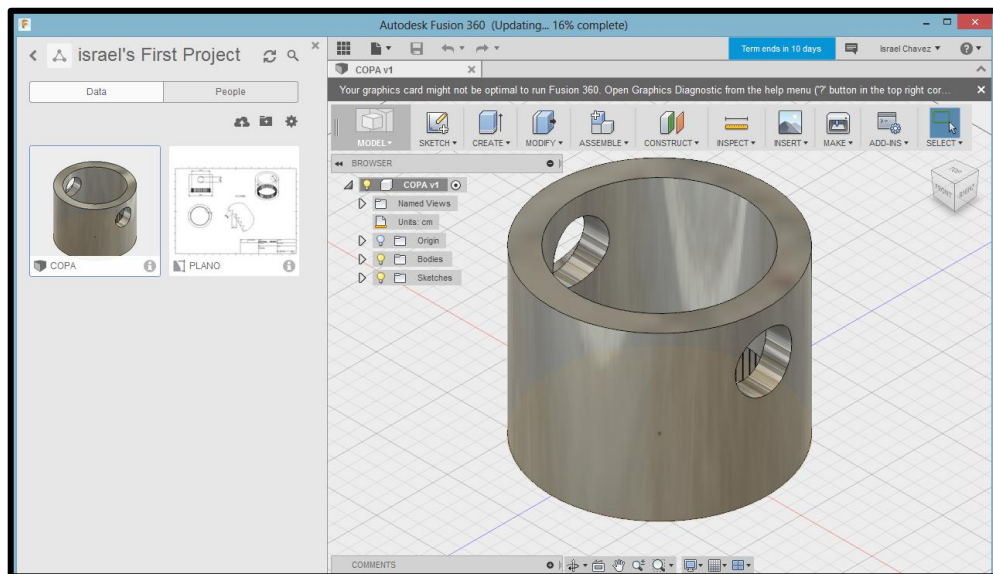
**Figura 38.** Extracción de los seguros y pernos

Se retiró el PIN OPERATING. (ANEXO A)



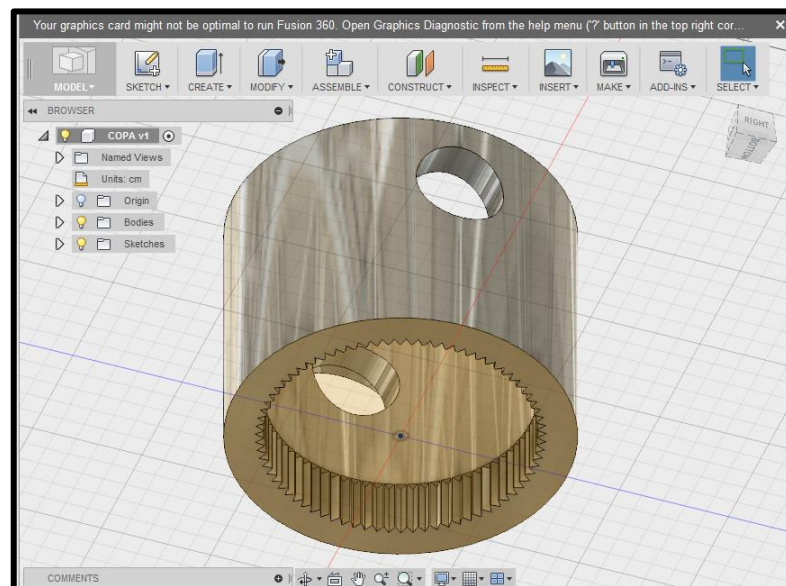
**Figura 39:** PIN OPERATING.

### 3.5 Elaboración de la herramienta en el software



**Figura 40.** Elaboración en el software función 360

Con la ayuda de un software Autodesk Función 360 lo cual me permitió realizar la elaboración de la herramienta que será utilizada para el desmontaje de los rodamientos internos de la pala y la misma que será utilizada para el montaje (ANEXO D y I)



**Figura 41.** Elaboración en el software fusion 360

El presente gráfico muestra la elaboración de los dientes para poder desmontar la BLADE GROUP.

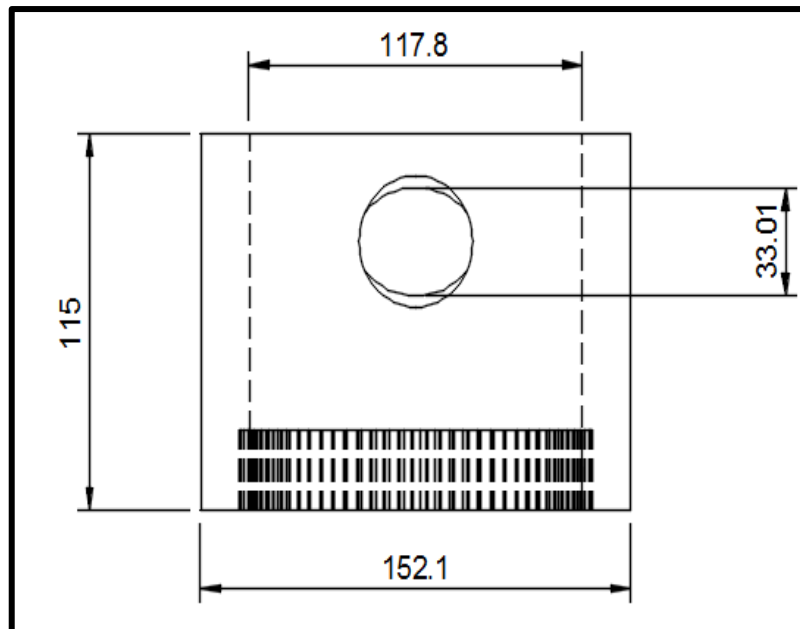
### 3.5.1 Construcción del equipo

Este equipo está conformado por:

- Una copa
- Una palanca de apoyó

### 3.5.2 La copa

La copa está construida con Acero SAE 705, tiene una longitud de 115mm. El diámetro exterior es de 152.1mm y el diámetro interior es de 117.8 mm las perforación de los constados tiene un diámetro de 33.01mm y 75 dientes (ANEXO E y I)



**Figura 42.** Elaboración en el software fusion 360

### 3.6 Elaboración en el torno

Se monta el acero directo al torno



**Figura 43.** Acero SAE 705

Marcación de las medidas y números de dientes para la elaboración de la copa para el desmontaje



**Figura 44:** Medición de números de dientes

Elaboración de la copa en el torno



**Figura 45:** Herramienta finalizada

Perforación de la copa para la palanca su objetivo es dar la fuerza para el desmontaje.



**Figura 46:** Perforaciones

### 3.7 BLADE GROUP DESMONTAJE.

Lubricación de la BLADE GROUP con W40 para ayudar al desmontaje con la herramienta elaborada.



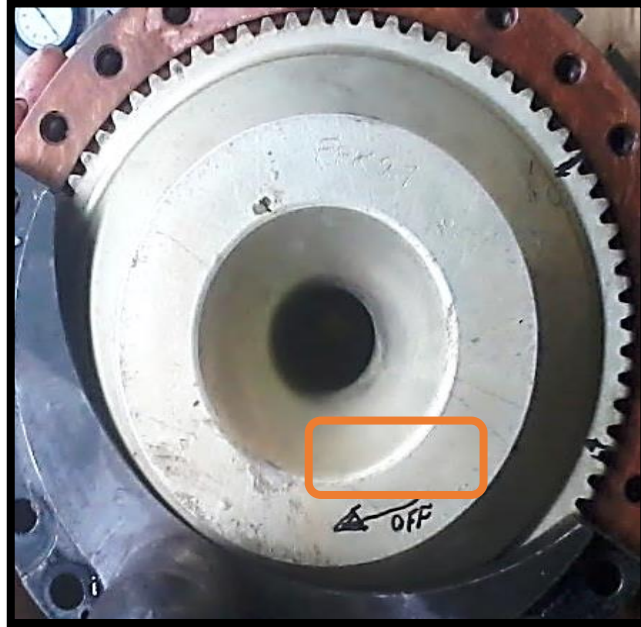
**Figura 47:** Lubricación con W40

Se sujetó toda la pala a la prensa hidráulica con una presión de 1500psi para tener mayor sujeción al momento de ejercer la fuerza para romper el torque (ANEXO B)



**Figura 48:** Sujeción con la prensa

Ubicación en sentido de la marcación dada por el fabricante para el afloje de la BLADE GROUP ubicada en la misma el sentido de giro para el desmontaje.



**Figura 49:** Sentido de marcación para aflojamiento

Colocar la copa y la palanca junto con la prensa para proceder al desmontaje del BLADE GROUP.



**Figura 50:** Copa y Palanca

Se procede a ejercer una fuerza de 100 a 120 lb de acuerdo al manual de la DOWTY ROTOL para poder romper el torque de la BLADE GROUP, usando una palanca para ejercer la fuerza mayor y se facilite desmontaje (ANEXO B)



**Figura 51: Copa y palanca con extensión**

Una vez dada la fuerza necesaria para romper el torque comenzamos a desmontar la BALDE GROUP, visualizando que no haya obstáculos que impidan el trabajo (ANEXO B)



**Figura 52: Bolt Blade**

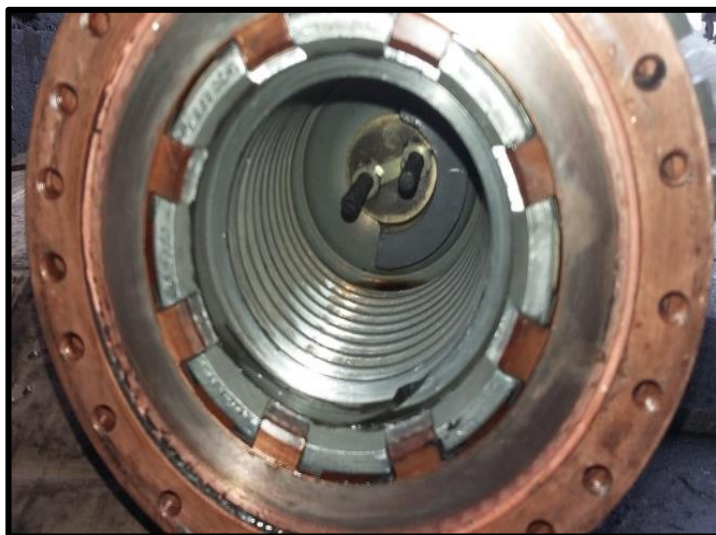


Se inspecciona el componente para verificar su estado (rajadura, golpes).



**Figura 53:** Bolt Blade

Se inspecciona la parte interna donde se encuentran los rodamientos.



**Figura 54:** Roscado interno del Bolt Blade

### 3.8 BOLT BLADE DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES INTERNOS.

Utilizando un martillo de bola, un desarmador plano, para desmontar los seguros que se encuentran en la RACE BOTTON (centrifugal).



**Figura 55:** Race Botton

Se observa que los seguros y los dientes de la Race Botton estén completos y no tengan ningún daño al haberlo desmontado (ANEXO B)



**Figura 56:** Race Botton y los seguros

Se extrae el CAGE ASSEMBLY, CENTRIFUGAL AND ROLLERS, ya que es un rodamiento de rodillo para soportar las cargas axiales y radiales de la hélice en movimiento.



**Figura 57:** Cage assembly, centrifugal and rollers

Desmontaje del RACE CENTRE para inspeccionarlo y ver su estado.



**Figura 58:** RACE CENTRE

Se extrae el CAGE ASSEMBLY, PRE-LOAD AND PROPELLER segundo rodamiento internos el cual es de rodillo por lo que soportan las cargas axiales y radiales de la hélice.



**Figura 59:** Cage assembly, pre-load and propeller

### 3.9 Limpieza

Utilizar todas las medidas de seguridad como overol, guantes, un cepillo y gafas para el lavado de los componentes con desengrasante industrial y combustible. Se procede a poner en el lavabo parte por parte para su lavado teniendo cuidado al no jugar con los líquidos.



**Figura 60:** Limpieza de la race botton

Se refregó con el desengrasante industrial el RACE BOTTON para quitar toda la grasa acumulada que se acumulado.



**Figura 61:** Limpieza de la race botton

Limpieza del cage assembly teniendo en cuenta que no lo dañemos al momento de refregarle con el cepillo.



**Figura 62:** Cage assembly

Verter el desengrasante en el RACE CENTRE y limpiamos con el cepillo para retirar toda la grasa que se encuentra al rededor donde se ubican los rodamientos



**Figura 63:** Race Centre limpieza

Se limpia cuidadosamente los hilos de la Race Centre utilizando el cepillo para refregar la grasa.



**Figura 64:** Race Centre limpieza

Proceder a limpiar con el desengrasante el Bolt Blade teniendo en cuenta cada hilo donde hay residuos de grasa.



**Figura 65:** Bolt Blade

Limpiar con cuidado el BLADE AND BUSHES ASSEMBLY ya que aquí se alojan los Cage assembly, Race Centre y el Bolt Blade por lo cual la grasa esta acumulada en su alrededor.



**Figura 66:** Blade and bushes assembly limpieza

Limpieza final de la BLADE GROUP (ANEXO A Y D)



**Figura 67: COMPONENTES LIMPIOS Y SECADOS**

### 3.10 Lubricación de los componentes.

Engrase del componente race center con la MBS 3-33, utilizando equipó de protección como guantes y overol.



**Figura 68: Lubricación de la race center**



Engrase del componente cage assembly con la MBS 3-33.



**Figura 69:** Lubricación de las case assembly

Engrase del componente race botton con la MBS 3-33



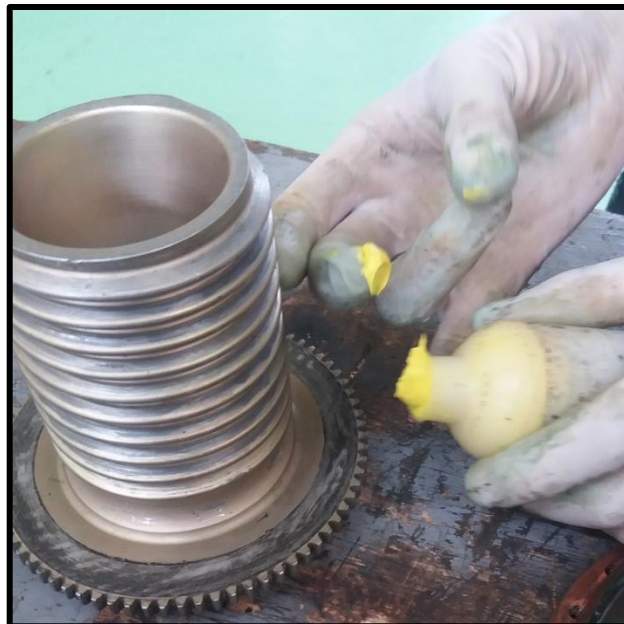
**Figura 70:** Lubricación de la race botton

Engrase del componente Blade and bushes assembly con la MBS 3-33



**Figura 71:** Lubricación de la Blade and bushes assembly

Engrase del componente Bolt Blade utilizando MASTINOX teniendo cuidado ya que esta grasa es tipo cancerígena debemos utilizar guantes (ANEXO F).



**Figura 72:** Lubricación de la Bolt Blade

### 3.11 MONTAJE DE LA BLADE GROUP.

Montaje del Case Assembly Propeller delantero y trasero en el Race center una vez que se encuentran engrasados con BMS T3330.



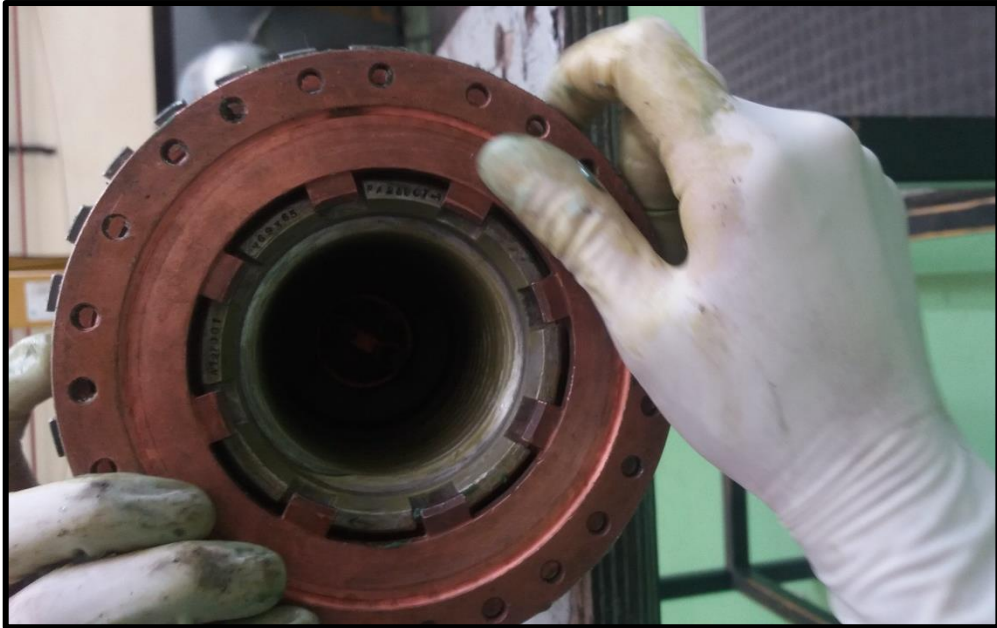
**Figura 73:** Montaje de los case assembly propeller en la Race center.

Colocar la Race Center en el Blade and bushes assembly estando ya engrasados.



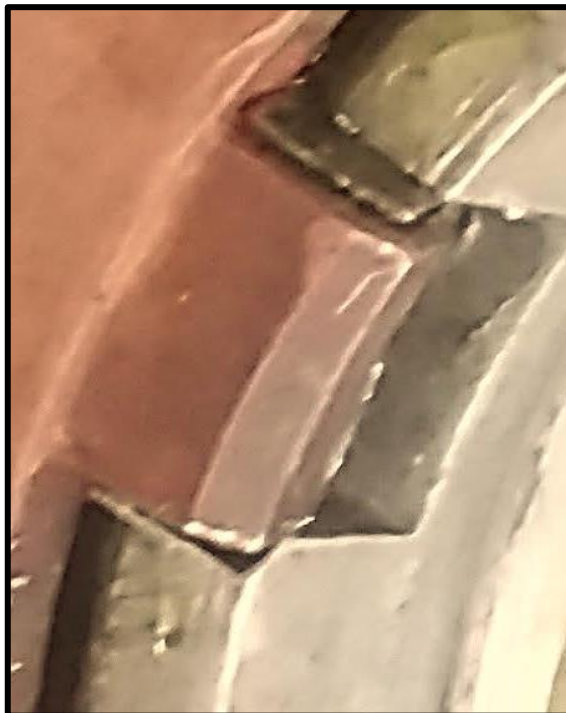
**Figura 74:** Montaje de la Race Center en el Blade and bushes assembly

Montaje del Blade and bushes assembly la race botton.



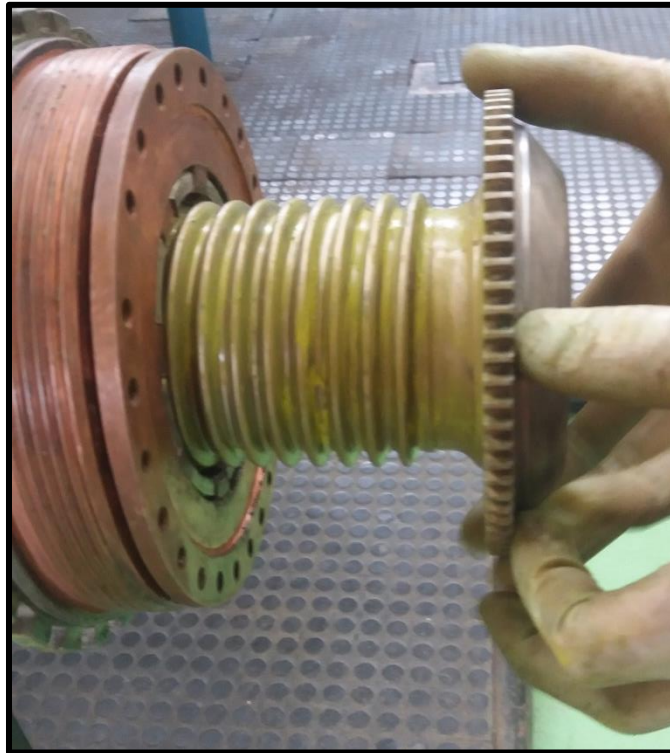
**Figura 75:** Montaje del Race botton en la Blade and bushes assembly

Colocar los seguros de la Race botton.



**Figura 76:** Montaje de los seguros de la Race Botton

Montaje del Bolt Blade en la Blade and bushes assembly (ANEXO C).



**Figura 77:** Montaje Bolt Blade en la Blade and bushes assembly

Montaje la pala en la prensa hidráulica para dar el torque pasa su ajuste fijándonos el sentido contrario de la flecha de aflojo (ANEXO C)



**Figura 78:** Montaje en la prensa hidráulica.

Aplicando el torque en la bolt blade con la herramienta especial para el ajuste final.



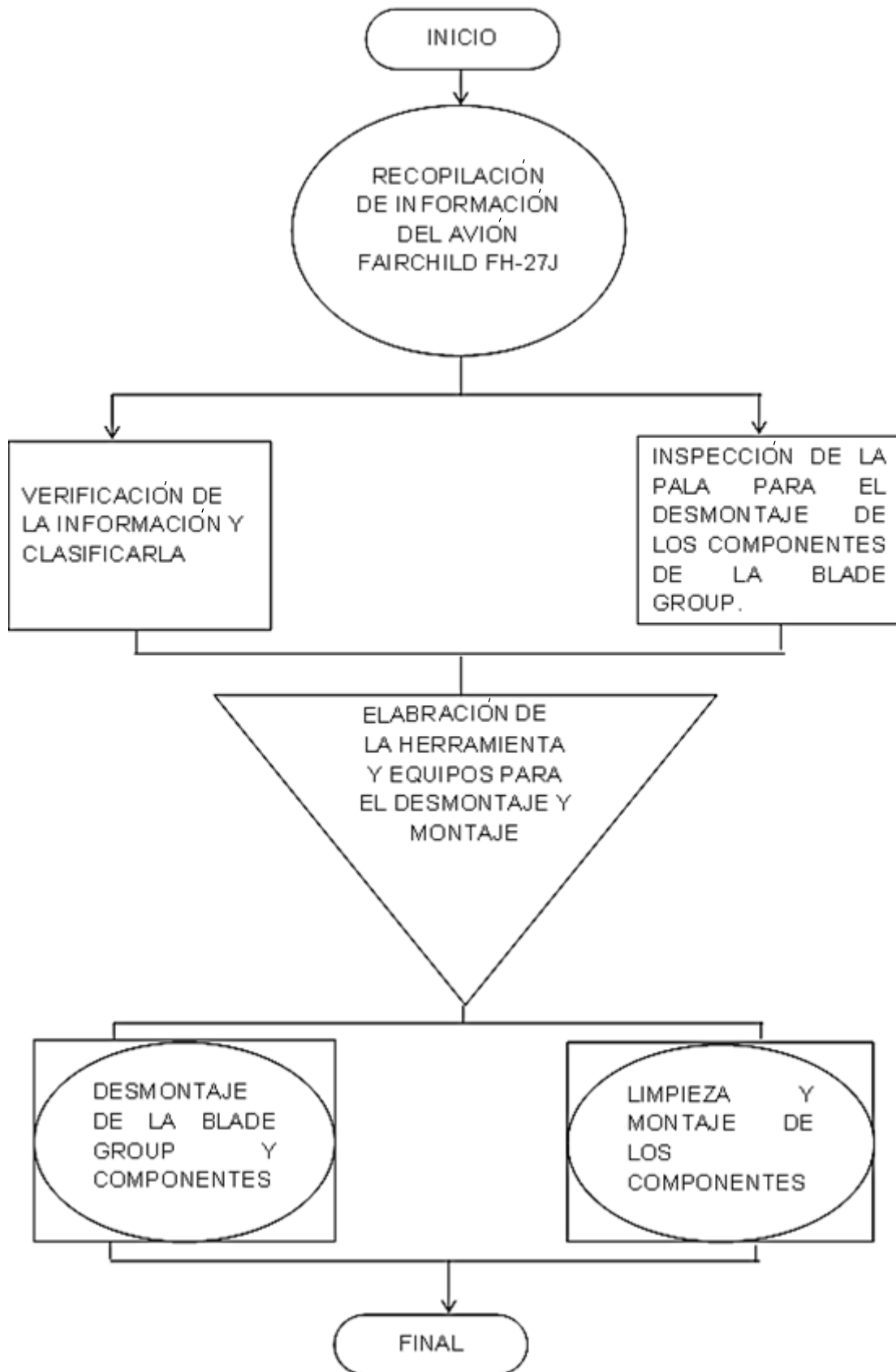
**Figura 79:** ajuste de la bolt blade con la herramienta especial.

Montaje de los pernos de sujeción y seguros de la blade group y colocamos el PIN OPERATING.



**Figura 80:** Montaje de los seguros, pernos y Pin Operating de la blade group.

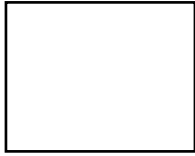
### 3.12 DIAGRAMA DE DESARROLLO



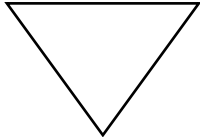
### 3.12.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO



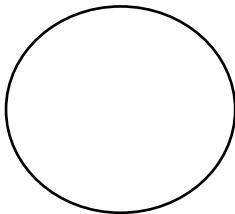
**Terminal:** Indica el inicio o la terminación del proceso.



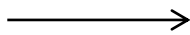
**Actividad:** Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.



**Archivo Manual:** Se utiliza para reflejar la acción de un expediente.



**Inspección o Firma:** Empleado para aquellas acciones que requieren supervisión (como una firma o un visto bueno).



**Línea de flujo:** Proporciona indicación sobre el sentido del proceso.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Luego de un análisis exhaustivo de materiales y métodos de construcción, se logró elaborar exitosamente la herramienta para el desmontaje de los componentes de la BLADE GROUP para las palas de la hélice DOWTY ROTOL N°193/4-30-4/50 aplicable al avión escuela FAIRCHILD FH-227.
  
- Mediante la ayuda de los manuales se realizó un análisis de las características técnicas de pala de la hélice DOWTY ROTOL N°193/4-30-4/50, mismas que constan en el contenido del presente texto.
  
- A través del desmontaje y montaje para el mantenimiento, operación y funcionamiento, se provee la información necesaria para la manipulación de la herramienta especial.
  
- LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE, gracias al desarrollo del presente proyecto, cuenta con una herramienta especial para el desmontaje y monte de el conjunto de la BLADE GROUP de la pala de la hélice DOWTY ROTOL N°193/4-30-4/50 aplicable al avión escuela FAIRCHILD FH-227, mismo que será de gran ayuda en pro del aprendizaje de sus estudiantes.

## 4.1 RECOMENDACIONES:

- Contar con el equipo de apoyo necesario para ejecutar las labores de montaje y desmontaje de la Blade Group de la pala de la hélice, tales como tecles y escaleras, así como con un buen equipo de seguridad laboral.
  
- Se recomienda mantener más fuentes de información en la biblioteca del instituto, específicamente publicaciones y manuales que son de gran utilidad principalmente porque es documentación que no se puede obtener fácilmente; además sería bueno que para preservar este tipo de documentos se los archivara en una base de datos virtual.
  
- Al realizar la elaboración de una herramienta especial para el desmontaje y montaje de los rodamientos de la pala se provee una fuente más informática para el desarrollo de prácticas en el laboratorio.
  
- Mediante las medidas adecuadas de seguridad se ha elaborado el presente proyecto para el desarrollo de las habilidades de los estudiantes.

## GLOSARIO

### A

**Aeronave:** Máquina más pesada que el aire que puede sustentarse y vencer las fuerzas tanto estáticas como dinámicas que la gobiernan, dadas sus características de aerodinámica y propulsión.

**Ala:** Uno de los componentes principales del avión que tiene las características de sustentación, aerodinámica y sustentación a la aeronave, se encuentran unidas al fuselaje.

### D

**Dirigible:** es una máquina más ligera que el aire, y se diferencia del globo en que su dirección sí puede ser controlada a través del uso de timones y motores.

### E

**Equipo:** Uno o varios componentes relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada.

**El impulso:** es producido por el motor. A medida que el motor hace girar la hélice, el aire es lanzado hacia atrás generando un impulso que provoca que el avión sea lanzado hacia delante.

### H

**Hélices:** palas que van conectadas al motor y que al girar o rotar producen la sustentación en un helicóptero o impulso en un avión.

### L

**La resistencia:** es la oposición que el aeromodelo debe de superar para ser lanzado hacia delante.

### M

**Motor:** Elemento mecánico que proporciona al avión la energía que necesita para irse al aire y mantenerse.

## BIBLIOGRAFÍA

### Manuales:

- Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.
- Dowty Rotol, Manual de reparación de la palas (Publicación 830).
- Dowty Propellers, Manual de Prácticas Estándar.
- Manual de Mantenimiento del avión escuela FAIRCHILD FH-227 (propeller 61).
- Manual de entrenamiento avión escuela FAIRCHILD FH-227 (propeller 61).

### Netgrafia:

- <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>
- <http://www.hobbyarte.es/hobby/index.php?cPath=188291426>