



# **ESPE**

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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

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

**TEMA: “EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE OVERHAUL  
DEL CUBO DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL DEL  
AVIÓN FAIRCHILD FH27J PERTENECIENTE A LA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.”**

**AUTOR: JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**DIRECTOR: TLGO. ALEJANDRO PROAÑO**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA  
Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE OVERHAUL DEL CUBO DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH27J PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” realizado por el señor JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ, 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 JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de Julio del 2016

---

ALEJANDRO DAVID PROAÑO CHILCAÑAR  
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA  
Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ, con cédula de identidad N° 1804807392, declaro que este trabajo de titulación “EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE OVERHAUL DEL CUBO DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH27J PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS” 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, 26 de Julio del 2016

---

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ

C.C. 1804807392



**DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA  
Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación **“EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE OVERHAUL DEL CUBO DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH27J PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 26 de Julio del 2016

---

**JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

C.C. 1804807392

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a esta etapa tan importante de mi formación profesional. A mi madre por ser el pilar más importante y por el apoyo incondicional a pesar de nuestros disgustos. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física siento que estás conmigo siempre, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

José Luis Martínez Martínez

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a la carrera de mecánica aeronáutica mención motores, a sus docentes por las innumerables enseñanzas que me han impartido en el transcurso de la carrera

José Luis Martínez Martínez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| CERTIFICACIÓN.....                             | ii  |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....               | iii |
| AUTORIZACIÓN.....                              | iv  |
| DEDICATORIA .....                              | v   |
| AGRADECIMIENTO .....                           | vi  |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                     | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                         | ix  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                         | x   |
| RESUMEN.....                                   | xi  |
| ABSTRACT .....                                 | xii |
| CAPÍTULO I.....                                | 1   |
| EL TEMA.....                                   | 1   |
| 1.1 ANTECEDENTES. ....                         | 1   |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....            | 2   |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN. ....                        | 3   |
| 1.4 OBJETIVOS .....                            | 3   |
| 1.4.1 General .....                            | 3   |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....              | 4   |
| 1.5 ALCANCE .....                              | 4   |
| CAPÍTULO II.....                               | 6   |
| MARCO TEÓRICO.....                             | 6   |
| 2.1 ASPECTOS GENERALES DE UNA HÉLICE .....     | 6   |
| 2.2 NOMENCLATURA A USAR EN UNA HÉLICE .....    | 8   |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL ..... | 11  |
| 2.3.1 Grupo del cubo de la hélice .....        | 11  |
| 2.3.2 Grupo de sujeción del cubo .....         | 15  |
| 2.3.3 Tubos de aceite.....                     | 16  |
| 2.3.4 Grupo de las palas .....                 | 17  |
| 2.3.5 Grupo de la placa de pantalla.....       | 19  |
| 2.3.6 Grupo del cilindro .....                 | 19  |
| CAPÍTULO III.....                              | 21  |
| DESARROLLO DEL TEMA .....                      | 21  |
| 3.1 PRELIMINARES.....                          | 21  |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....                                                     | 21 |
| 3.2.1 Análisis de los elementos requeridos. ....                                     | 21 |
| 3.2.2 Análisis de la prensa hidráulica con un cuadro comparativo.....                | 22 |
| 3.2.3 Análisis de la herramienta especial con un cuadro comparativo. ...             | 22 |
| 3.3 ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS IDÓNEOS A PARTIR DEL<br>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD. .... | 22 |
| 3.4 COMPRA DE LOS MATERIALES. ....                                                   | 23 |
| 3.5 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL. ....                                          | 23 |
| 3.6 EJECUCIÓN DEL DESMANTELAMIENTO. ....                                             | 25 |
| 3.9 REALIZACIÓN DE MANUALES. ....                                                    | 35 |
| 3.9.1 Manual de operación. ....                                                      | 35 |
| 3.10 ESTUDIO ECONÓMICO. ....                                                         | 37 |
| 3.10.1 Costos Primarios: ....                                                        | 37 |
| 3.10.2 Costos Secundarios: ....                                                      | 37 |
| 3.10.3 Costo total: ....                                                             | 37 |
| COSTOS PRIMARIOS .....                                                               | 37 |
| COSTOS SECUNDARIOS .....                                                             | 37 |
| COSTO TOTAL.....                                                                     | 37 |
| CAPÍTULO IV .....                                                                    | 39 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                 | 39 |
| 4.1 CONCLUSIONES.....                                                                | 39 |
| 4.2 RECOMENDACIONES.....                                                             | 39 |
| GLOSARIO.....                                                                        | 41 |
| ABREVIATURAS.....                                                                    | 42 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                                    | 43 |
| ANEXOS .....                                                                         | 44 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Elementos básicos de una hélice .....                         | 9  |
| Tabla 2 Datos de la hélice DOWTY ROTOL .....                          | 11 |
| Tabla 3 Elementos existentes y faltantes .....                        | 21 |
| Tabla 4 Análisis de la prensa hidráulica.....                         | 22 |
| Tabla 5 Análisis de herramienta especial.....                         | 22 |
| Tabla 6 Pruebas de funcionamiento y conformidad de operación. ....    | 35 |
| Tabla 7 Costos primarios .....                                        | 37 |
| Tabla 8 Costos secundarios. ....                                      | 37 |
| Tabla 9 Suma de los costos primarios más los costos secundarios ..... | 37 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 Tipos de Hélices.....                                       | 6  |
| FIGURA 2 Fuerzas que actúan en una hélice.....                       | 7  |
| FIGURA 3 Elementos básicos de una Hélice.....                        | 8  |
| FIGURA 4 Elementos aerodinámicos de una pala.....                    | 9  |
| FIGURA 5 Ángulos habituales en el cambio de paso.....                | 10 |
| FIGURA 6 Vista seccionada de la Hélice.....                          | 12 |
| FIGURA 7 Detalles de los interruptores de contacto.....              | 15 |
| FIGURA 8 Pitch Lock.....                                             | 16 |
| FIGURA 9 Palas y botas.....                                          | 18 |
| FIGURA 10 Diseño de la herramienta especial.....                     | 24 |
| FIGURA 11 Estudio de cargas de la herramienta especial.....          | 24 |
| FIGURA 12 Hélice instalada en el banco de trabajo.....               | 25 |
| FIGURA 13 Remoción de los seguros de las palas.....                  | 26 |
| FIGURA 14 Remoción del punto de anclaje de los cables.....           | 27 |
| FIGURA 15 Separación de las dos cubiertas de la raíz de la pala..... | 27 |
| FIGURA 16 Desconexión de los terminales del sistema anti hielo.....  | 28 |
| FIGURA 17 Desmontaje del seguro de retención del pistón.....         | 28 |
| FIGURA 18 Extracción del seguro de retención del pistón.....         | 29 |
| FIGURA 19 Desmantelamiento del pistón.....                           | 29 |
| FIGURA 20 Elementos de retención extraídos y ordenados.....          | 30 |
| FIGURA 21 Contactos del plato móvil.....                             | 31 |
| FIGURA 22 Desmontaje del plato móvil.....                            | 31 |
| FIGURA 23 Desmontaje de las palas.....                               | 32 |
| FIGURA 24 Remoción del pistón.....                                   | 32 |
| FIGURA 25 Extracción de los eyebolts.....                            | 33 |
| FIGURA 26 Cubo de la hélice desmantelado.....                        | 33 |
| FIGURA 27 Cubo de partes de reemplazo.....                           | 34 |

## RESUMEN

El contenido del presente trabajo de titulación aborda inicialmente la problemática existente en la Unidad de Gestión de Tecnologías con respecto a las **Hélices Dowty RotoI** pertenecientes al **Avión Escuela Fairchild FH27J**, mismo que a lo largo de su trayectoria en la institución ha requerido la ejecución de tareas de mantenimiento las cuales implican una mejor continua para el proceso de formación de los futuros tecnólogos en Mecánica Aeronáutica. Una de las tareas a cumplir para este efecto es el desarrollo del Overhaul del **cubo de la hélice**, tarea que se ha visto impedida de culminar pues las herramientas especiales que requiere para este efecto no se las ha conseguido en la institución. Por tanto en este trabajo se partirá por la deducción de los elementos que se requieren para el desarmado del cubo de la hélice, así como un análisis de la manera más efectiva para implementarlos. El siguiente paso involucra someter a pruebas operacionales a la **herramienta especial** mediante el **desmantelamiento** y reparación del cubo de la hélice probando la efectividad de las mismas, este proceso se llevará a cabo en los laboratorios de la institución en la sección de hidráulica del Bloque 42. El paso final del trabajo consiste en efectuar las pruebas operacionales mismas que se servirán para verificar la estanqueidad de la hélice y primordialmente el ajuste adecuado pues se pretende que a futuro el avión escuela pueda ser capaz de efectuar un arranque frío del motor con plena seguridad de la sujeción de la hélice.

### **PALABRAS CLAVES:**

- Hélices Dowty RotoI.
- Cubo de la hélice.
- Herramienta especial.
- Avión Escuela Fairchild FH27J.
- Desmantelamiento.

## ABSTRACT

The content of this research approaches the problems in Unidad de Gestión de Tecnologías about **Dowty Roto Propellers** which belongs to **Fairchild FH27J school aircraft**. Through the years, this aircraft requires the execution of maintenance tasks which involve a continuous process for the formation of the future aeronautics mechanical technologists. One of the tasks to be performed for this purpose is the overhaul of the **propeller hub**. A task that has been prevented to fulfill due to the required tools are not achieved in the institution. Therefore, this work will be based on the deduction of the items that are required for disassembly of the propeller hub as well as the analysis of the most effective way to implement it. The next step involves subjecting operational tests to the **special tool** by **dismantling** and repairing of the propeller hub, testing the effectiveness of them. This project will take place in the laboratories of the institution in the hydraulics section, in classroom 42. The final step is to perform the operational tests which are going to be useful to check the tightness and the proper fit of the propeller. The intention of this process is that the school aircraft may be able to make a cold engine start with full security of the propeller.

### KEYWORDS:

- Dowty Roto Propellers
- Propeller hub
- Fairchild FH27J school aircraft
- Special tool
- Dismantling

Lic. Diego Granja P.  
Jefe Sec. Dpto. Lenguas

# CAPÍTULO I

## EL TEMA

### 1.1 ANTECEDENTES.

En la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, se forman tecnólogos en carreras direccionadas al ámbito aeronáutico, para quienes se utilizan equipos, herramientas, maquetas, manuales, entre otros para la formación académica tanto teórica como práctica; sus profesionales laboran en diversas empresas de aviación a nivel nacional como técnicos de mantenimiento y en el área de la gestión para apoyo del cumplimiento de las actividades de operación.

Durante el proceso de formación profesional es menester desarrollar habilidades y destrezas prácticas, las cuales las ejecutan en primera fase al interior de los laboratorios de la Unidad; estos laboratorios cuentan hélices de diversos tipos de aeronaves, como es el caso de las hélices Dowty Rotol pertenecientes al avión escuela Fairchild FH27J, el cual es parte de esta institución gracias al esfuerzo común de un grupo de tecnólogos de mantenimiento que tuvo a su haber el traslado del equipo desde el antiguo aeropuerto Mariscal Sucre en Quito hasta las instalaciones de la plataforma del Bloque 42, las cuales se encuentran siendo utilizadas para impartir asignaturas como es el caso de Hélices y Rotores; los cuales requieren de ciertos trabajos de mantenimiento mayor para permitir que las hélices continúen operativas.

A pesar de estar bien dotados de elementos necesarios para desarrollar estas prácticas de mantenimiento como es el caso de la “Construcción de un banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking para la Hélice DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 para el avión FAIRCHILD FH-227.” (Valencia Fuel, 2013), el cual permite comprobar ciertos aspectos en este equipo más no brinda los equipos adicionales que se requieran para efectuar el desmantelamiento de las hélices. Por lo tanto no es posible ejecutarlo en su totalidad, esto debido a que no se poseen las herramientas

específicas para el overhaul del cubo de las hélices, así como también es evidente que al montar las hélices estas se encuentran imposibilitadas de instalar en el avión escuela por la falta de la ejecución de este mantenimiento que permitirá detectar las fallas que imposibilitan el montaje de las mismas.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Los laboratorios con los que cuenta la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, se encuentran equipados con materiales de instrucción; sin embargo la actualización de la tecnología de forma constante ha generado que estos equipos no presten las facilidades necesarias para complementar la formación académica; es así que se requiere en la actualidad medios más dinámicos que complementen la formación del mecánico permitiéndole desarrollar tareas de Overhaul durante su proceso de formación profesional.

Se ha identificado que dentro de la formación práctica no se ejecuta el overhaul del cubo de la hélice de forma eficiente y cumpliendo las especificaciones del manual del fabricante, impidiendo que se pueda desarrollar las prácticas de mantenimiento de forma tecnificada, generando un vacío en la formación del mecánico al no poseer las herramientas que le faciliten desarrollar estas tareas. Adicionalmente se evidenció por experiencia personal que durante una de las actividades prácticas durante el periodo de pasantías que involucraba la instalación de la hélice en el avión escuela, fue imposible concluirla satisfactoriamente ya que esta no permitía asegurarla de forma eficiente y de acuerdo al manual del fabricante, sin encontrar la causa de la misma.

Es por esta circunstancia que se propone efectuar el overhaul del cubo de las hélices Dowty Rotol, así como también la implementación de herramientas especiales que son indispensables para el normal desarrollo de las mismas, de acuerdo a las especificaciones descritas en el manual de Overhaul de la hélice; en donde se podrá evidenciar el cumplimiento de

prácticas de mantenimiento con total seguridad y tecnificación, pudiendo a futuro garantizar la seguridad en los trabajos de mantenimiento aeronáutico que se lleven a cabo en el avión escuela, así como también la formación en overhaul de hélices, lo que permitirá complementar la formación académica de los estudiantes.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

La ejecución de prácticas permite al Estudiante desarrollar destrezas y habilidades para el adecuado uso y manejo de herramientas, manuales y equipos; adentrándose en un método de enseñanza con actividades y casos reales, de esta manera los conocimientos adquiridos son reforzados a través de la práctica.

La consolidación de las herramientas especiales que permitan desarrollar el overhaul del cubo de la Hélice Dowty Rotol perteneciente al avión escuela, se enfoca a brindar una ayuda didáctica y dinámica a los Docentes, permitiendo fortalecer los conocimientos en el manejo adecuado de las herramientas especiales, garantizando la calidad del tecnólogo, el mismo que reforzará sus habilidades al momento de efectuar las prácticas de mantenimiento de Overhaul; este nuevo proyecto va de la mano con la culminación los procesos de habilitación de sistemas en el avión escuela así como de perfeccionar a los futuros tecnólogos de mantenimiento aeronáutico, los cuales puedan aplicarlos en el campo laboral cumpliendo los parámetros establecidos por los manuales del fabricante.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 General**

Desarrollar el overhaul del cubo de las hélices Dowty Rotol pertenecientes al avión escuela Fairchild FH27J en el Bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías, aplicando las especificaciones descritas en el Dowty Rotol

Overhaul manual capítulo 61-2-2, para garantizar la seguridad operacional de las mismas al momento de ser instaladas en la aeronave.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los requerimientos descritos en el manual del fabricante para la ejecución del Overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotol del avión escuela Fairchild FH27J.
- Establecer alternativas de solución que permitan contar con las herramientas que solventen la ejecución de la práctica de mantenimiento permitiendo generar un ambiente de trabajo que brinde las facilidades del caso.
- Implementar las herramientas para el desarrollo del Overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotol acorde a las especificaciones descritas en el manual de Overhaul del fabricante a fin de poder instalar la hélice con seguridad en el avión escuela.
- Efectuar los trabajos de Overhaul y chequeos operacionales del cubo de la hélice Dowty Rotol del avión escuela Fairchild FH27J.

#### **1.5 ALCANCE**

El desarrollo de las prácticas de overhaul al cubo de la hélice tiene como finalidad garantizar la segura operación de las mismas cuando estas se encuentren montadas en la aeronave que sirve como avión escuela de la Carrera de Mecánica Aeronáutica. Esto permitirá a los docentes y dicentes poseer un material de instrucción dinámico, innovador y funcional generando un propicio desarrollo de las habilidades y destrezas que requieren los mecánicos aeronáuticos que se forman en la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Al poseer las herramientas requeridas para las prácticas de overhaul del cubo de la hélice se incrementara el tipo de trabajos de mantenimiento en los que al futuro tecnólogo se debe entrenar; permitiendo así que se formen profesionales holísticos con amplia experiencia, capacitados en la ejecución

de trabajos de mantenimiento mayores, aptos para la manipulación de herramientas especiales así como para la ejecución de las instrucciones de un manual de overhaul. Esto se puede desarrollar gracias a que se cuenta con la información técnica de los manuales que corresponden al equipo, así como a la experiencia que poseen quienes forman parte del equipo de técnicos que laboran en esta prestigiosa institución.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ASPECTOS GENERALES DE UNA HÉLICE

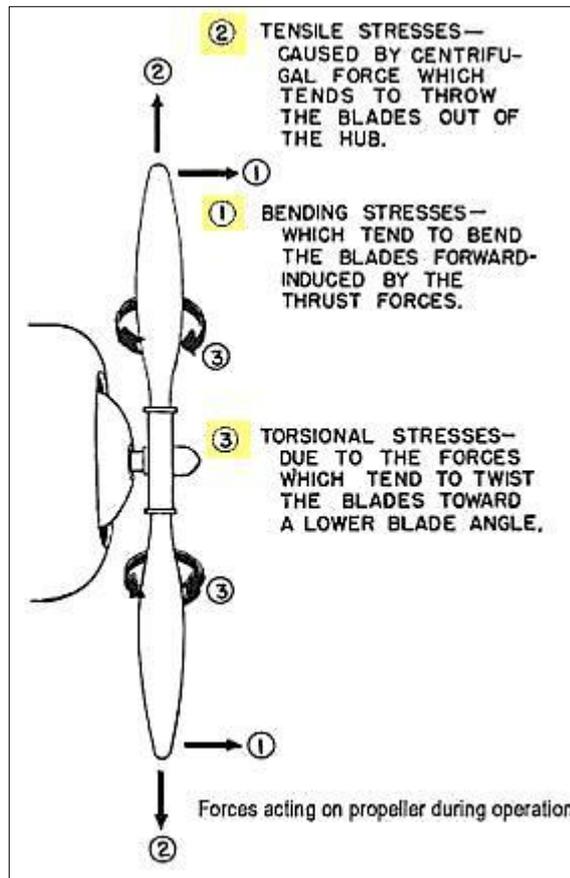
La hélice es un dispositivo giratorio diseñado para producir tracción, su propósito es arrastrar el avión, este empuje se consigue por medio de la acción de las palas al girar en el aire. La hélice es la unidad encargada de absorber la energía liberada por el motor, esta ha atravesado muchas etapas de desarrollo. La mayoría de hélices son equipos de dos palas, sin embargo el incremento de la energía producida por los motores ha dado como resultado que las hélices tengan la tendencia a poseer cuatro a seis palas y en diámetros mucho mayores. Sin embargo todas las hélices siempre se verán limitadas debido a la máxima cantidad de revoluciones por minuto a las que pueden llegar a girar.



**FIGURA 1 Tipos de Hélices**

Hay varias fuerzas que actúan en una hélice cuando esta se encuentra girando; la fuerza centrífuga sobresale de las demás pues esta está directamente relacionada con la velocidad de giro y la masa de cada pala, mientras mayor sea la velocidad de rotación de la hélice mayor fuerza centrífuga se ejercerá sobre cada pala, la misma que actúa de forma tal que

pretende extraer a la pala del cubo de la hélice. Así también mientras mayor sea el peso de cada pala mayor fuerza centrífuga deberá soportar el cubo de la hélice. Por tanto la velocidad de rotación y la masa de cada pala son factores preponderantes en el diseño de estos equipos.



**FIGURA 2 Fuerzas que actúan en una hélice**

**Fuente:** (Thai Technics, 2002)

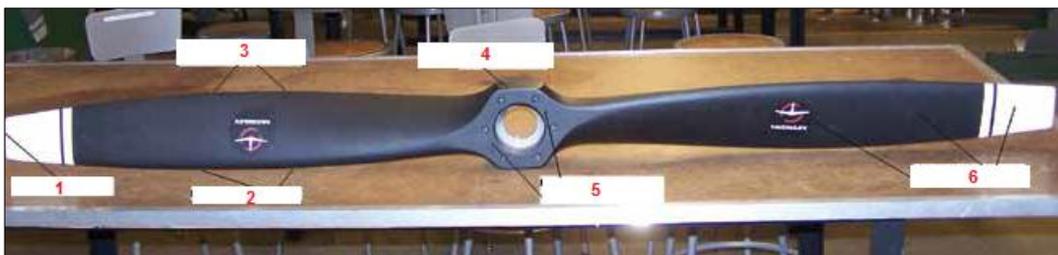
Como se ha mencionado en el párrafo anterior la velocidad también influye en el diseño de una hélice puesto que con velocidades de punta de la pala excesivas, hélices rotando a excesiva velocidad, resultará no únicamente en una baja eficiencia de la tracción generada por la hélice sino que además provocaría vibraciones y trepidación de las palas.

Tomando en cuenta lo explicado con respecto a la velocidad máxima que una hélice no debe sobrepasar, es importante reconocer que así también la velocidad máxima de la aeronave se verá disminuida a aproximadamente

400 millas por hora. Conforme los diseños de las aeronaves lo requieran los motores tipo turbo fan serán los más aptos para sobreponerse a estas velocidades. Sin embargo es importante recalcar las ventajas de una aeronave que emplea una hélice para su impulso, se esto con un motor reciproco o turbohélice, y es que estos equipos brindan despegues y aterrizajes en pistas mucho más cortas y son menos costosos. Así también se debe tomar en cuenta que en la actualidad existen nuevos materiales de construcción que han dado paso a nuevas técnicas de manufactura de hélices volviéndolas más eficientes. Por estas ventajas muchas aeronaves sobre todo de pequeño y mediano alcance y tamaño permanecerán usando hélices ahora y en el futuro.

## 2.2 NOMENCLATURA A USAR EN UNA HÉLICE

La nomenclatura básica de una hélice se puede explicar de mejor manera en un equipo sencillo, para este efecto en la figura 3 se usa una hélice de paso fijo de dos palas la cual ha sido marcada con números a fin de describir los elementos básicos y fundamentales que toda hélice comparte, así también se ha adecuado un corte transversal en una pala esto con el afán de permitir nombrar los elementos del perfil aerodinámico que compone este tipo de cuerpos y que son parte básica inicial que requieren ser de dominio para explicaciones futuras con respecto a las palas Dowty Rotol pertenecientes al avión escuela de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las cuales se hablará más adelante en el presente trabajo de titulación.



**FIGURA 3 Elementos básicos de una Hélice.**

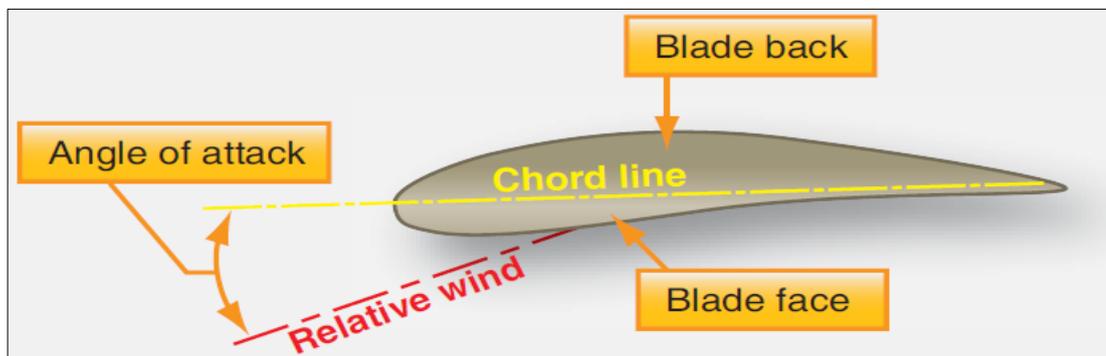
**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

**TABLA 1**

**Elementos básicos de una hélice**

| ÍNDICE DE LA FIGURA 3 |                  |   |                          |
|-----------------------|------------------|---|--------------------------|
| 1                     | Punta de la pala | 4 | Cubo de la hélice        |
| 2                     | Borde de ataque  | 5 | Información de la hélice |
| 3                     | Borde de salida  | 6 | Lomo de la pala          |

Los elementos que se aprecian en la siguiente figura corresponden a la línea de cuerda la cual es la línea amarilla entrecortada que atraviesa el perfil de la pala desde el borde de ataque hasta el borde de salida dividiendo al perfil en dos mitades, la línea entrecortada roja se la conoce como viento relativo que para el caso de una hélice corresponde al plano de rotación sobre la cual todas las palas atraviesan cuando giran, la abertura existente entre estas dos líneas referenciales se le conoce como ángulo de ataque, PITCH o también con el nombre de paso de la hélice.

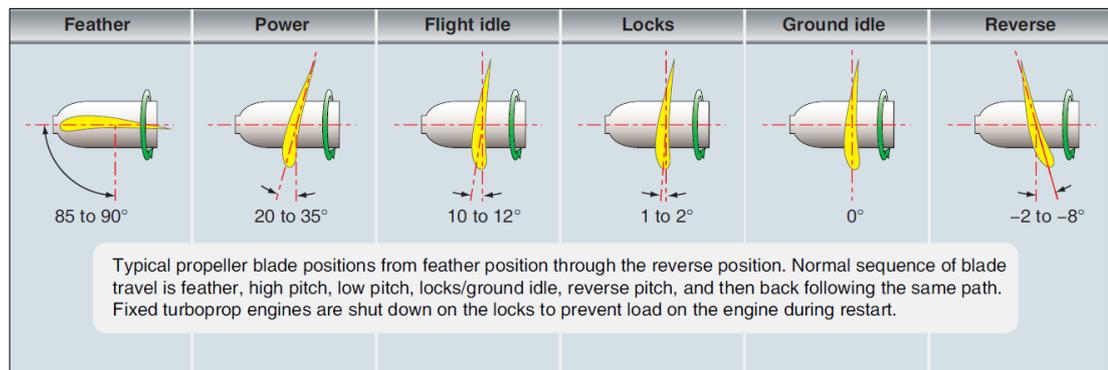


**FIGURA 4 Elementos aerodinámicos de una pala**

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

Habiendo definido esta nomenclatura que comparten todas las hélices, es importante también definir los tipos de hélices que existen en el mercado y las clasificaciones que se han desarrollado conforme el avance de la tecnología y los equipos similares que en el mercado aeronáutico se van empleando en función de los requerimientos específicos de las aeronaves que han ido cambiando con el paso de los años, para este efecto se reconocen dos grupos principales, las hélices de paso fijo y las hélices de paso variable, este último grupo a su vez pueden ser dividido de acuerdo a las capacidades de cambio de paso de la hélice con lo que puede llegar a

involucrar elementos de velocidad constante, embanderamiento y hélices de paso reversible.



**FIGURA 5 Ángulos habituales en el cambio de paso**

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

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 asegurado 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.

El cubo, como se ha indicado antes, sostiene los extremos interiores de las palas, pero además, algunos alojan o sostienen el mecanismo de cambio de paso o el control de velocidad constantes. Es el cubo el que transmite el rendimiento de potencia proveniente del eje de la hélice a las palas, haciéndolas girar; por consiguiente, podría considerarse como la fundación de la hélice.

El cubo, naturalmente, tiene un orificio en el centro para recibir el eje de la hélice. Los tipos más grandes tienen un asiento de cono en cada extremo de este orificio, que se llama generalmente "orificio para el eje de la hélice". Algunos tipos pequeños usan solamente un cono y otros están unidos mediante pernos a un eje de hélice con pestaña. En las hélices de dos conos, el cono delantero está fabricado en dos mitades que se usan como un juego durante todo su periodo de servicio.

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA HÉLICE DOWTY ROTOL

La siguiente descripción cubre la hélice completa con la excepción del spinner el cual es simplemente una cubierta aerodinámica instalado con el propósito de generar un flujo sin turbulencias alrededor del cubo de la hélice. En esta sección se incluye el alojamiento de los carbones, que se fijan al motor.

**Tabla 2**

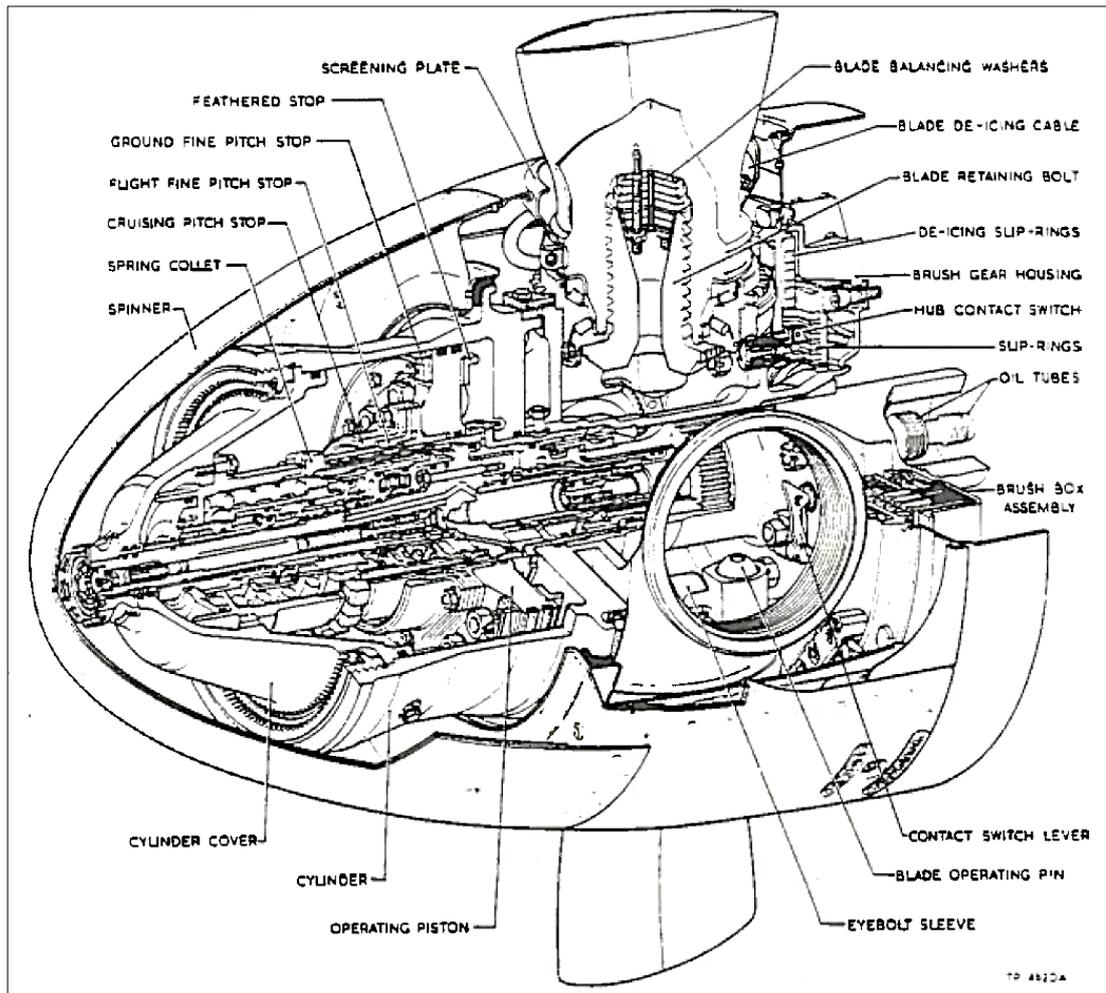
### Datos de la hélice DOWTY ROTOL

| CARACTERÍSTICAS DE LA HÉLICE |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Marca                        | Dowty Rotol       |
| Modelo                       | R257/4-30-4/60    |
| TSN                          | 15.618,8          |
| TSO                          | 1466              |
| Diámetro                     | 12 pies           |
| Peso                         | 360 Kg            |
| RPM relantí                  | 6000 – 7000 RPM   |
| RPM paso fino                | 11000 – 11500 RPM |
| RPM despegue                 | 15000 RPM         |
| TIPO                         | Hidromática       |
| Paso fino de tierra          | 0°                |
| Paso fino de vuelo           | 16° a 18.5°       |
| Paso de bandera              | 84°               |
| Numero de palas              | 4                 |
| Relación de reducción        | 3 a 1             |

Fuente: (Dowty Rotol, 1966)

### 2.3.1 Grupo del cubo de la hélice

El cubo es la base de la hélice, y se compone de un cuerpo del cubo y un centro de conducción fijados entre sí por medio de ocho pernos y tuercas cónicas en la parte trasera, y por doce pernos y tuercas planas bloqueadas por granallado, en la parte delantera. De los ocho pernos cónicos, cinco tienen tuercas con ranuras bloqueadas por clavijas partidas, y tres que llevan los soportes, están asegurados por tuercas de seguridad con arandelas de seguridad. Estas tres tuercas están bloqueadas con clavijas partidas, en las modificaciones VP.2077 se encastran y se aumenta el diámetro de la rosca del perno cónico.



**FIGURA 6 Vista seccionada de la Hélice**

Fuente: (Dowty Rotol, 1966)

### Cubierta del cubo

La cubierta se forma con cuatro alojamientos en el que se montan las raíces de cada pala. Las perforaciones son de roscado reforzado internamente para recibir los cojinetes enroscables de pala, y se numeran 1, 2, 3 y 4 para la identificación y el ensamblaje de las palas. Una abrazadera está colocada en torno a cada alojamiento para asegurar el cable del sistema anti-hielo de cada pala. Cuatro agujeros se perforan en la pared frontal para recibir las guías de bronce fosforado en el que operan las mangas de los pernos de anilla. Los orificios se perforan en los montantes que sujetan la guía. La pared posterior se perfora para dar espacio a los ocho pernos de forma

cónica que sujetan a los dos cuerpos, también el cubo con posee cuatro orificios que alojan tres interruptores de contacto y un conector adicional que sirve de equilibrio. El cubo está grabado, entre los alojamientos de las palas número 1 y 2, con el total de horas voladas.

### **Centro impulsor**

El agujero está ranurado en una parte de su longitud para adaptarse a un eje del motor No.24- S.B.A.C. Inmediatamente delante de las estrías, un soporte de cono se contrae en posición para formar un asiento para el cono frontal. El orificio frontal está roscado, y el orificio trasero está mecanizado para un asiento cónico para el cono trasero, que es una parte del motor. La pestaña trasera se perfora para ocho tornillos de forma cónica que sujetan al centro impulsor con la cubierta del cubo, y cuatro agujeros que localizan los interruptores de contacto y uno de equilibrio. Un anillo exterior se monta en el reborde trasero para asegurar el conjunto de anillo deslizante del sistema de deshielo. El centro de impulso está grabado, en la periferia trasera, con el total de horas voladas.

### **Guías de los pernos de anillas**

Estos están montados en la brida y en la pared frontal del cubo. Una espiga se extiende hacia delante la cual encaja en los agujeros perforados en la pared trasera del cilindro de la hélice. Las cuatro guías están aseguradas cada una en dos montantes con tuercas bloqueadas con arandelas de seguridad. Los pernos se montan en pares en las placas cuatro pernos prisioneros que se insertan desde el interior del cubo reteniéndolo por un anillo elástico montado alrededor de cada perno.

### **Sellos de aceite**

Un sello de aceite del tipo de anillo se coloca en una ranura mecanizada en el orificio delante del centro de conducción, hacia delante del asiento del cono frontal. Este sello hace una unión con una funda de collar que sujeta el

cilindro de la hélice. Una funda de distancia de aleación ligera, y un sello de aceite de tipo anillo intercalado entre dos anillos de acero dulce, se encuentran en el orificio trasero entre las estrías y el asiento trasero del cono.

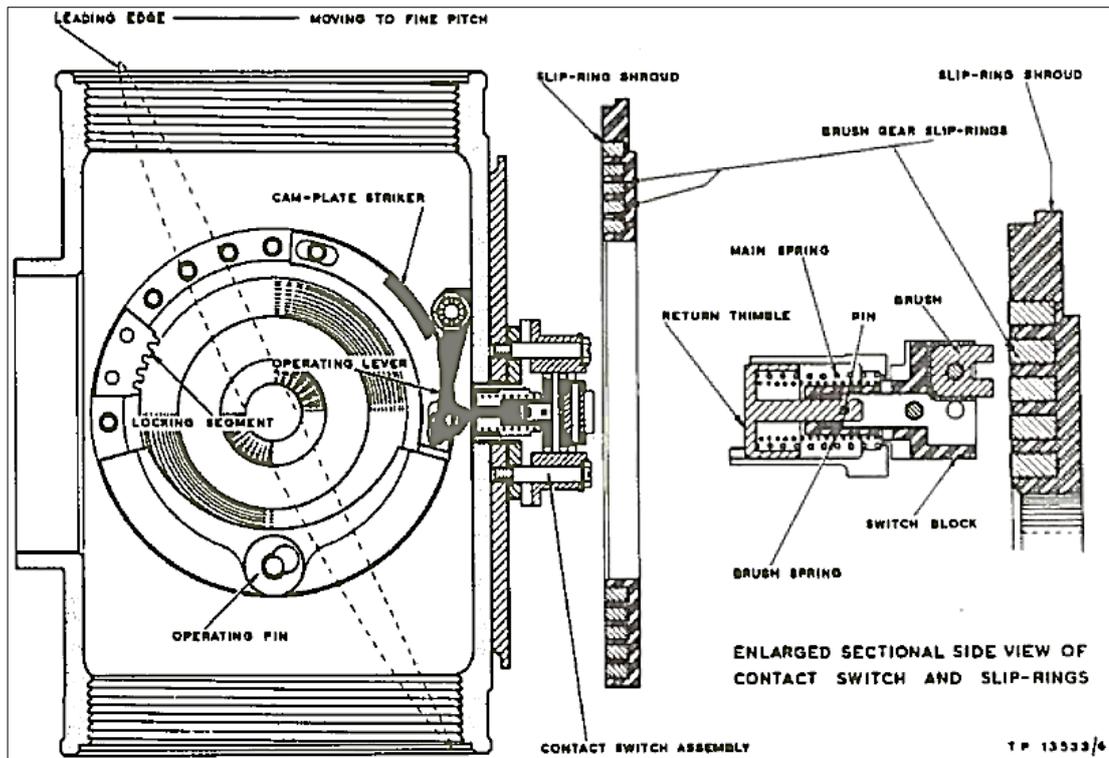
### **Conjuntos De Palanca Y Soporte**

Tres soportes están equipados, en la pared posterior interior del cubo, en la posición de los brazos No.1, 2 y 3. Se fijan en los pernos cónicos mediante tuercas bloqueadas con arandelas de seguridad; Un balancín atornillado se incorpora en cada palanca para fines de ajuste.

### **Conjunto de los interruptores de contacto**

Los interruptores de contacto constan de un soporte con brida, un bloque de interruptores de aislamiento de resorte con un cepillo y un terminal de retorno. La palanca de funcionamiento en el cubo, cuando se mueve por el disco de levas de las palas, se apoya sobre el dedal de retorno y trae el cepillo interruptor en contacto con los anillos de deslizamiento de engranaje del cepillo. La carcasa y una pieza de separación, se aseguran en la brida trasera exterior del centro cubo de transmisión por dos tornillos de fijación bloqueado por arandelas de seguridad.

Un resorte de retorno principal se instala entre el cartucho y el alojamiento, y un muelle de carga del cepillo entre el bloque y el interruptor de dedal. El bloque interruptor está montado sobre rodillos que viajan en bloques de guía remachados a la cara delantera de la brida de la carcasa. El cepillo está montado en un eje en el extremo trasero abierto del bloque de interruptores. El husillo de cepillo está montado en agujeros alternativos de acuerdo con la posición del conmutador de contacto en el cubo, para llevar al cepillo en contacto con el par apropiado de anillos de deslizamiento.



**FIGURA 7 Detalles de los interruptores de contacto**

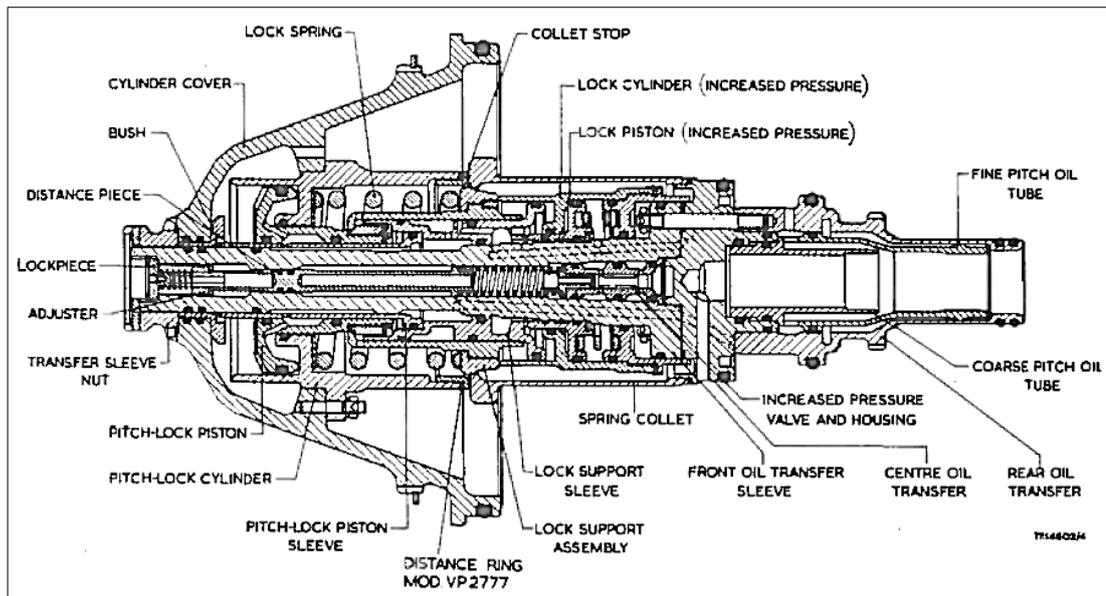
Fuente: (Dowty Rotol, 1966)

### Conector de balance

Este está asegurado en el cuarto agujero de la brida posterior del cubo de la hélice para compensar la pérdida de balance producida por las tres escobillas de contacto. Está asegurado por dos tornillos que se fijan con arandelas de seguridad.

### 2.3.2 Grupo de sujeción del cubo

La hélice está retenida en el eje del motor por una tuerca de retención de acero recubierta de cobre, y un cono frontal de aleación de aluminio. El cono es retenido en la tuerca por medio de un anillo de resorte. El avellanado frontal de la tuerca está dentado internamente para permitir encajar una llave especial, y la tuerca está bloqueada por el acoplamiento de los bordes dentados del Pitch Lock con las muescas de la tuerca de retención.



**FIGURA 8 Pitch Lock**

Fuente: (Dowty Rotol, 1966)

### 2.3.3 Tubos de aceite

El aceite es transmitido al mecanismo de cambio de paso de la hélice a través de dos tubos concéntricos de aceite de aleación ligera, que, a pesar de estar montado en el alojamiento del eje del motor, son partes de la hélice. Un tercer tubo (exterior), que es una parte del motor, se incorpora en el eje del motor y transmite aceite para la unidad de bloqueo de paso (operación de tres líneas de aceite).

#### Tubo de aceite interior

El extremo posterior del tubo está roscada externamente (izquierda), y se atornilla en un tapón de transferencia de aceite, equipado en la parte posterior del orificio del eje del motor. El orificio frontal está dentado para usar una llave especial que se engrana y permite enroscar el tubo de aceite. Aceite para paso grueso es transportado a través del centro del tubo hacia el mecanismo de cambio de paso de la hélice.

## **Tubo de aceite exterior**

El tubo exterior se ajusta alrededor del tubo interior dejando un espacio anular entre ellos. La parte trasera está roscado externamente (derecha), y se atornilla en el conector de transferencia de aceite. El extremo delantero del tubo está ranurado externamente para sellos de aceite, uno en el extremo y dos hacia atrás. Los agujeros son perforados radialmente a través del tubo, delante de los retenes traseros. Una ranura interna delantera al anillo de agujeros, aloja un retén de aceite que permite una unión entre los dos tubos. El espacio entre los tubos interior y exterior transmite aceite para paso fino que pasa a través del anillo de orificios y en la unidad de bloqueo de paso. El orificio frontal está dentado para ajustar usando una herramienta especial dentada, y está ranurado para un seguro de anillo.

## **Dispositivo de sujeción**

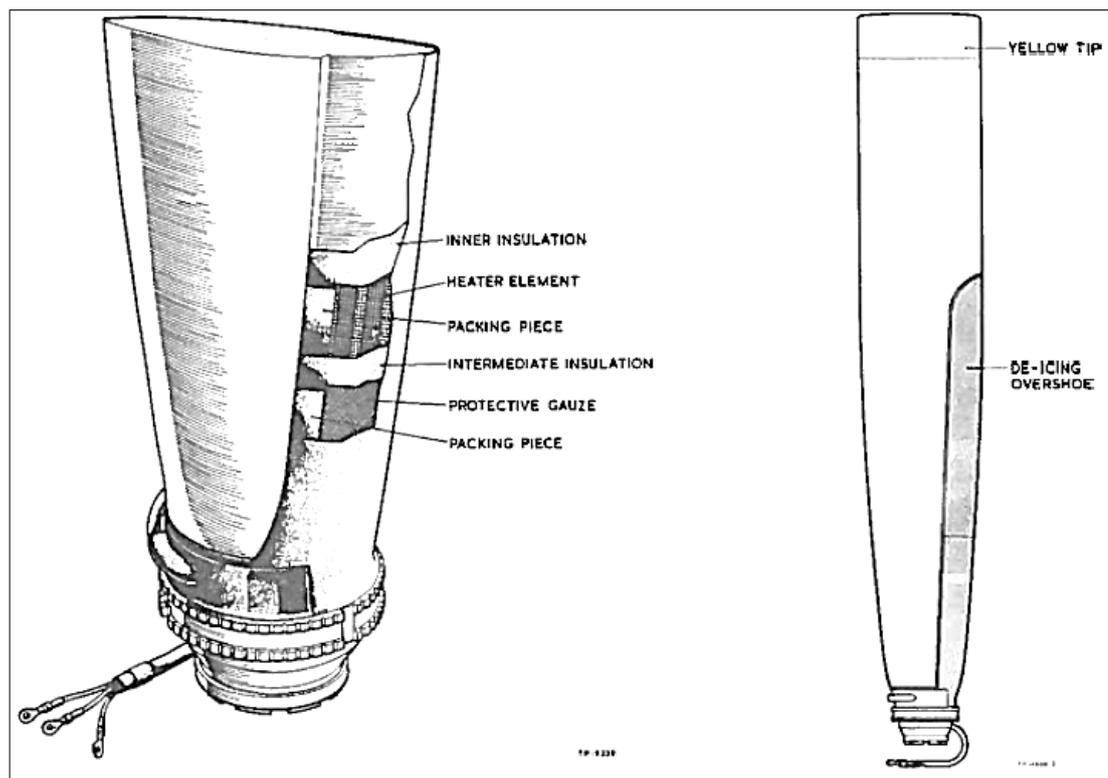
Este está dentado externamente en dos diámetros, para acoplarse con las muescas del tubo aceite. Esto es hueco y tiene un hexágono externo para permitir encajar una llave especial. Es retenido por un anillo de seguridad montado en el orificio frontal del tubo exterior.

### **2.3.4 Grupo de las palas**

Este grupo comprende a la pala básica, equipada con elementos de calefacción/descongelación en una bota de caucho. Un cojinete de rodillos cónicos está montado sobre la base de la pala, junto con un pasador de accionamiento de la pala. Un anillo de levas y ajuste está equipado en las palas nº 1, 2 y 3, y un peso de equilibrio en la pala No.4.

El borde de ataque tiene un rebajo en ambas caras para el montaje de las botas de caucho que incorpora los elementos de deshielo. La rebaja se extiende a lo largo de ambas caras igualmente por aproximadamente el interior de dos tercios de la longitud de la hoja. Dos casquillos de acero se contraen en la raíz de la pala para localizar las caras superior e inferior del

conjunto de rodamiento de pala, y la cara de extremo de la raíz de la pala se mecanizan con ranuras igualmente espaciadas para acoplar y localizar la carrera inferior del cojinete. El agujero de la raíz se coloca para recibir un tornillo de fijación que sujeta el cojinete. La periferia de la cabeza del perno de retención es dentada para permitir usar una herramienta especial que permite enroscarla. Dos pernos se montan en el extremo de la perforación de la raíz, en la que las arandelas de equilibrio están aseguradas por tuercas de seguridad con una doble arandela de seguridad.



**FIGURA 9 Palas y botas**

**Fuente:** (Dowty Rotol, 1966)

Un elemento de deshielo, que consta de hilos de vidrio tejido para formar una base de tela de vidrio, con los filamentos de alambre de resistencia a través de tejido, se cementa entre láminas de caucho. Un dispositivo protector de tela metálica se cementa por debajo de la cubierta exterior de caucho. La bota se cementa para quedar a ras con la superficie de la pala. El elemento está cableado en tres fases y los tres cables están conectados en el extremo de la raíz, por terminales engarzados a un conjunto de cables

con aislamiento. El cable se conduce dentro de la bota a través de una salida de cable de caucho, y tiene una longitud suficiente para permitir el movimiento del rango de paso de las palas. Los extremos de los terminales de los cables están conectados a los terminales correspondientes de la disposición de descongelación del grupo del anillo de deslizamiento de la hélice.

### **2.3.5 Grupo de la placa de pantalla**

Este grupo encierra y protege la raíz de la pala y se compone de dos mitades derecha e izquierda de forma semicircular. Los bordes inferiores de las placas, que están reforzadas con segmentos de anillo de embalaje remachado, se sujetan alrededor de la raíz de la pala por medio de unas correas de metal quedar, apretadas y fijadas por un perno especial bloqueado con el alambre de freno. Remachados en la correa se encuentran dos clavijas que sirven para asegurar con un agujero en cada mitad de la placa a la correa. Tiras de equilibrio van colocadas bajo el conjunto de cinta según se requiera, para equilibrar estáticamente la hélice. Remachada a la placa de la derecha está una placa del pie derecho con dos pernos, para montar una abrazadera de cable que está asegurado por dos tuercas de seguridad con una doble arandela de seguridad. El conjunto de cable de la hoja de deshielo pasa a través de una arandela de goma en la placa, y se fija los cables mediante la abrazadera.

### **2.3.6 Grupo del cilindro**

El cilindro aloja el pistón de operación de la hélice y el mecanismo de bloqueo del paso de la hélice. Las levas de unión a los pernos de anilla del pistón de las palas pasan a través del extremo posterior del cilindro y la cara frontal del cubo.

El pistón se desplaza a través del collete sleeve, y se conecta a cada pin de operación de la pala por un perno de anilla, el movimiento lineal del pistón de

este modo pasa a ser convertido a un movimiento angular de las palas alrededor de sus ejes.

El collete sleeve asegura el cilindro contra el cubo de la hélice, además provee la superficie sobre la cual el pistón de la hélice se desplaza. El diámetro posterior atraviesa el centro de la pared posterior del cilindro y está externamente roscado en el extremo posterior para atornillarlo en el alojamiento del cubo del centro de impulso.

El collete sleeve está asegurado por una anilla de retención dentada la cual se engancha a uno de los dientes de la brida, y está asegurado contra el cilindro por un perno de seguridad que de igual manera posee una arandela de seguridad que lo ancla.

Una arandela de caucho está asegurada entre la brida y el cilindro. Inmediatamente después de la brida, la muesca esta perforada con una anilla de cuyas perforaciones atraviesa el aceite para el paso fino de la hélice a la cara posterior del pistón de operación de la hélice. La leva se extiende hacia adelante en el cilindro, con una superficie endurecida la cual ubica al pistón de la hélice.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 PRELIMINARES.**

El desarrollo de este capítulo tiene como propósito detallar cada aspecto de la ejecución del desmantelamiento y reparación del cubo de la hélice, debido a esto se realizará un análisis de factibilidad entre las opciones que se pueda encontrar a fin de satisfacer los requerimientos materiales que permitan llevar a término mencionada tarea, disponibles en el mercado, para realizar una comparación entre las características que presentan cada uno de ellos y poder seleccionar el mejor elemento que se adapte a todos los requerimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Una vez que se seleccione los elementos idóneos se proseguirá con la tarea de desarmar, inspeccionar y arreglar el cubo de la hélice, en donde se podrá apreciar todo el proceso que se debe realizar para este efecto, para después continuar con el re ensamblaje de todos los componentes y la realización de las pruebas de funcionamiento las cuales ayudará a determinar que no se cometieron errores y proceder finalmente a implementarlo con sus manuales respectivos.

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

##### **3.2.1 Análisis de los elementos requeridos.**

**Tabla 3**

**Elementos existentes y faltantes**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                     | <b>ESTATUS.</b> |
|--------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Kit de herramientas especiales para desmontaje.</b> | Existente.      |
| <b>Herramientas para desmontaje de las palas</b>       | Existente.      |
| <b>Tecles</b>                                          | Existente.      |
| <b>Prensa hidráulica</b>                               | Presenta fugas. |
| <b>Herramienta para remover el collete sleeve</b>      | Falta.          |
| <b>Palanca de fuerza</b>                               | Falta.          |

Después de la correspondiente investigación de los elementos existentes y faltantes necesarios para cumplir este proyecto se procederá a un análisis de factibilidad a fin de determinar el método más eficiente para completar los elementos que se requiere.

### 3.2.2 Análisis de la prensa hidráulica con un cuadro comparativo.

**Tabla 4**

#### **Análisis de la prensa hidráulica**

| <b>OPCIONES</b>          | <b>PRENSA NUEVA</b> | <b>ARREGLO DE PRENSA.</b> |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|
| <b>COSTO.</b>            | \$ . 140.           | \$ . 25                   |
| <b>MANO DE OBRA.</b>     | No aplica.          | Sencillo.                 |
| <b>TIEMPO DE ESPERA.</b> | Medio.              | Bajo.                     |

### 3.2.3 Análisis de la herramienta especial con un cuadro comparativo.

**Tabla 5**

#### **Análisis de herramienta especial**

| <b>OPCIONES</b>          | <b>HERRAMIENTA ORIGINAL</b> | <b>HERRAMIENTA FABRICADA</b> |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>COSTO.</b>            | No encontrada               | \$ . 500.                    |
| <b>MANO DE OBRA.</b>     | No aplica.                  | Requiere fresadora.          |
| <b>TIEMPO DE ESPERA.</b> | Indefinido                  | Bajo.                        |

### 3.3 ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS IDÓNEOS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Tomando en cuenta todos los parámetros evaluados que son necesarios para desarrollar el desmantelamiento del cubo de la hélice, se ha llegado a la conclusión de que la mejor alternativa para la ejecución del proyecto es rehabilitar la prensa hidráulica y construir una herramienta especial nueva ya que en concordancia a las tablas será la mejor opción y permitirá optimizar los recursos, todo esto tendido en consideración los aspectos técnicos que involucran el desarrollo del presente trabajo de titulación.

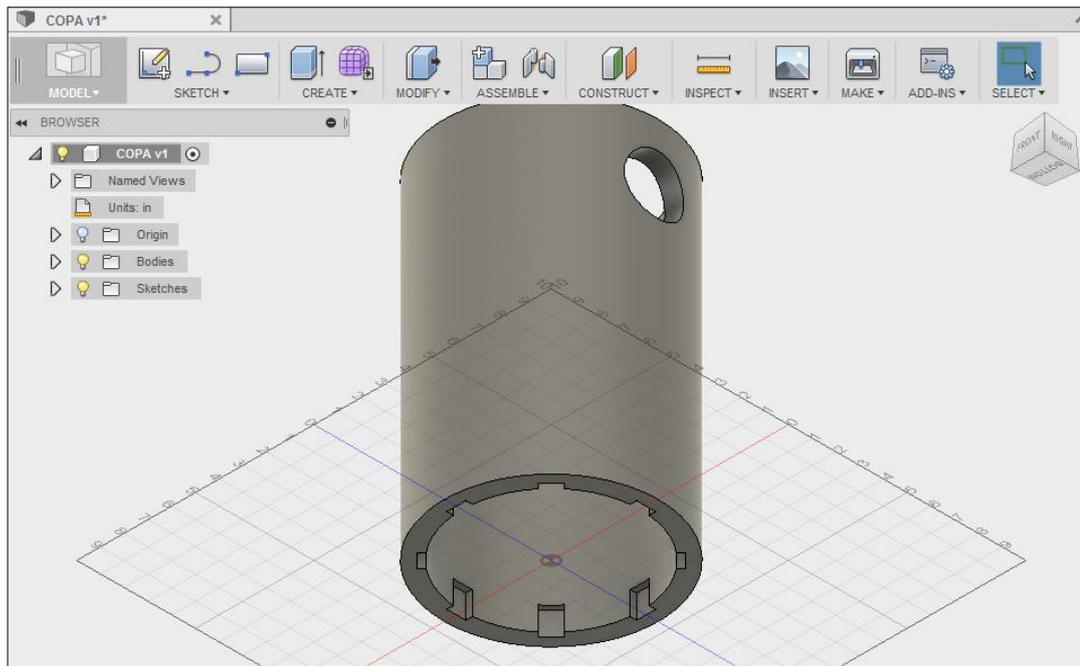
### **3.4 COMPRA DE LOS MATERIALES.**

Para la adquisición de los materiales que se requería se pidió asesoría al Sr. Ing. Rodrigo Bautista quien es el encargado del Bloque 42, el mismo que supo manifestar que la prensa hidráulica poseía una capacidad de diseño de hasta 5 toneladas, por lo tanto se buscó la manera de encontrar un manómetro de glicerina nuevo que no presente fugas en el sistema y que brinde la seguridad apropiada. El mismo se lo adquirió de un proveedor local de la ciudad de Latacunga y este posee las capacidades que la prensa requiere satisfacer a efectos de cumplir con el trabajo.

Para el acero que se pretende usar se verificó mediante un software de diseño asistido que permita encontrar el material cuyas propiedades mecánicas sean las adecuadas a efectos de romper el torque del elemento que se busca arreglar. Para esto en primera instancia se desarrolló el diseño que se observa en el numeral 3.5 del presente trabajo de titulación

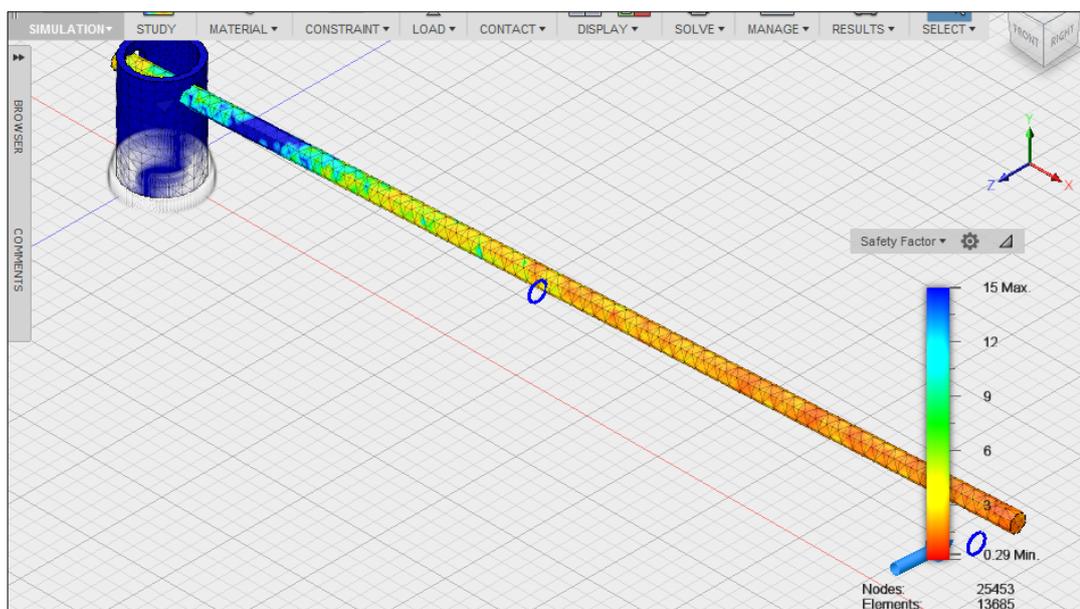
### **3.5 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL.**

Se procederá a medir las dimensiones de los dientes del Collete sleeve para buscar el acero en el mercado local que se asemeje de mejor manera al mismo a fin de tener un menor desperdicio de material al momento de fresar la copa especial. Así también es indispensable tener material en suficiente cantidad para permitir generar una perforación que permita tener una barra pasante que posteriormente servirá como palanca de fuerza pues en el diseño de la gráfica del manual se puede apreciar que es una platina que se coloca en lugar de una barra de metal. Para esto se usó un software de diseño asistido por computador como se muestra en la siguiente figura.



**FIGURA 10 Diseño de la herramienta especial**

Una vez diseñada la herramienta especial se procede a efectuar una validación de sus propiedades mecánicas a través de un estudio de cargas para lo cual se usa la herramienta del programa que permite simular las condiciones de trabajo y determinar si es factible desarrollar el objeto en cuestión sin correr el riesgo de una deformación a futuro (ANEXO A).



**FIGURA 11 Estudio de cargas de la herramienta especial**

A fin de enviar a construir este diseño se ve imperativa la necesidad de crear un plano (ANEXO B) el mismo que detalle las medidas que el cuerpo debe poseer a fin de que se efectúen de la manera más precisa por parte de una persona que tenga experiencia en el manejo de un torno y fresadora, eso tomando en cuenta adicionalmente que en el taller del mecánica básica no cuenta con los equipos que permitan efectuar esta tarea.

### **3.6 EJECUCIÓN DEL DESMANTELAMIENTO.**

Para efectuar el apropiado desmantelamiento primero se evidenció las condiciones iniciales. Estas correspondían a una imposibilidad de mantener sujeta a la hélice con el cubo del motor pues en su interior aparentemente hacía falta un componente que sirva como elemento de fijación de la misma. Es así que se procedió a llevarla al taller y ubicarla en la mesa de trabajo para proceder conforme lo describe el manual de Overhaul.



**FIGURA 12 Hélice instalada en el banco de trabajo**

Una vez instalada la hélice se procede a desmontar los seguros de las tuercas de retención de las palas con el cubo, son cuatro conjuntos en total compuestos de una tapa que está sujeta por dos tornillos en los costados los cuales deben ser destrabados primeramente pues están asegurados por medio de una arandela de seguridad que los sujeta contra su estructura física, debajo de esta se encuentran dos pernos que se fijan usando una arandela de seguridad doble la cual debe ser aplanada antes de iniciar el desajuste de estos pernos; cuando se los remueve desatornillándolos se puede quitar el seguro y su base dentada.



**FIGURA 13 Remoción de los seguros de las palas**

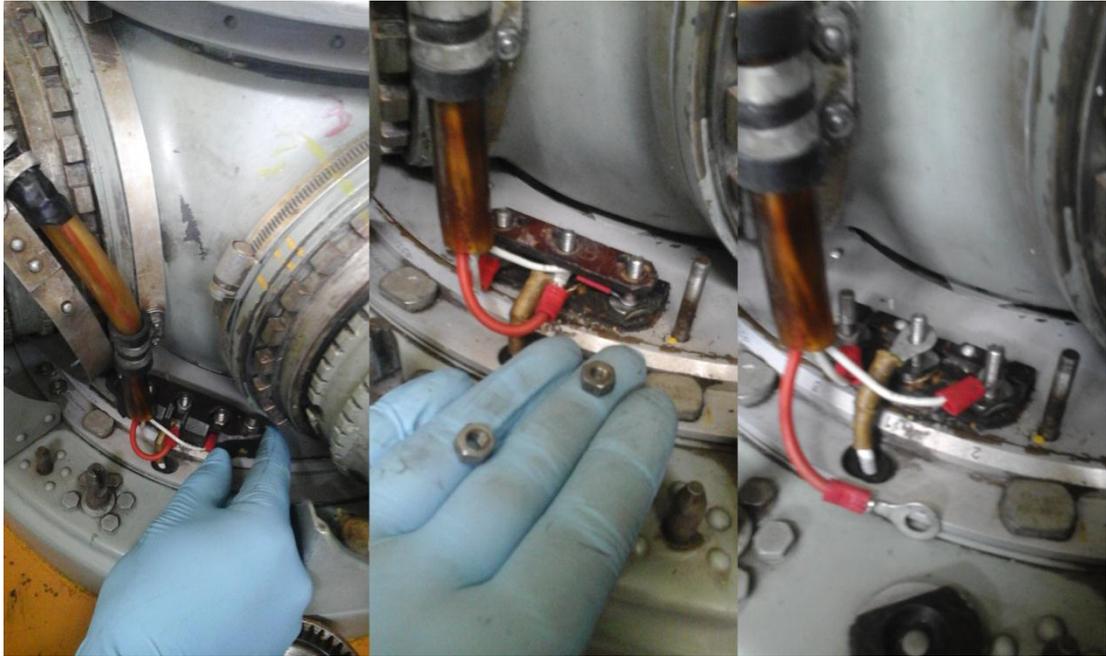
Con los seguros por fuera se procede a remover las cubiertas de los cables del sistema antihelio que son dos medias lunas unidas mediante una abrazadera, para este efecto con un destornillador plano se remueve la presión de la abrazadera y se la extrae con cuidado, siempre y cuando se haya previamente quitado las anclas de los cables que esta lleva, para remover las anclas se debe proceder con una copa y desenroscar las tuercas que sujetan a la abrazadera tomando en cuenta no ejercer presión sobre el cable y su recubrimiento de plástico pues se podría afectar la continuidad de los cables de las botas. Para facilitar el trabajo es recomendable desanclar primero los puntos de sujeción de los cables con el plato móvil pues al hacer esto deja espacio libre para poder manipular los componentes con mayor libertad.



**FIGURA 14** Remoción del punto de anclaje de los cables



**FIGURA 15** Separación de las dos cubiertas de la raíz de la pala



**FIGURA 16 Desconexión de los terminales del sistema anti hielo**

Cuando las palas se encuentren libres de los conductores del sistema de calefacción es procedente desensamblar el pistón, el mismo que se encuentra al interior del cilindro y que posee ocho tuercas las cuales deben ser extraídas con la ayuda de una racha, una copa 5 /16 y una extensión larga pues la zona a acceder se ubica al fondo del cilindro.



**FIGURA 17 Desmontaje del seguro de retención del pistón.**



**FIGURA 18 Extracción del seguro de retención del pistón**

Ya extraído el seguro se debe retirar todos los pernos que quedan pues eso liberará el anillo exterior de retención del pistón junto con las dos alzas que este posee.



**FIGURA 19 Desmantelamiento del pistón**

Al terminar siempre es indispensable asegurarse de mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo por ello se usan fundas que eviten confundir las partes pues es posible que antes de volver a armar el conjunto pase un tiempo largo, entonces se ordena y clasifican los elementos que se han removido hasta este punto.

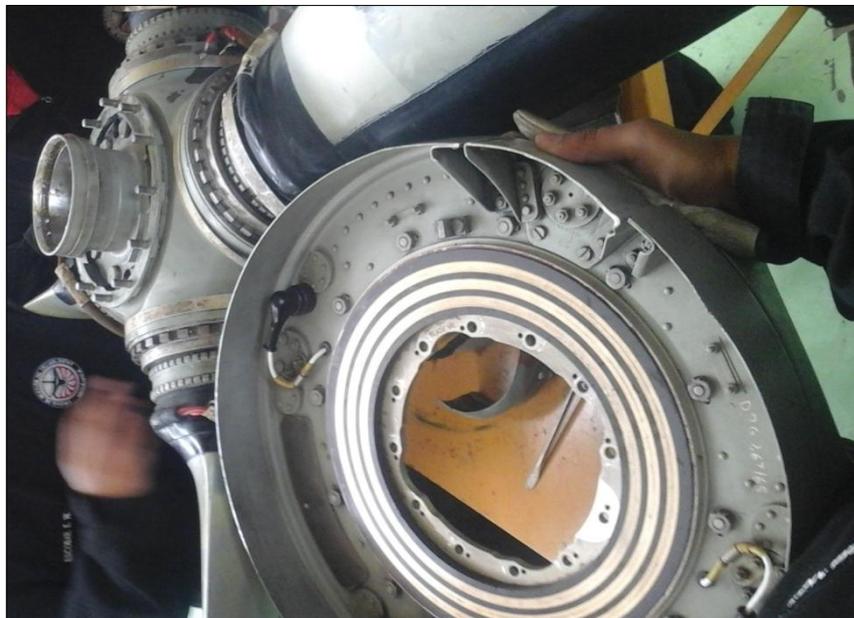


**FIGURA 20 Elementos de retención extraídos y ordenados**

Ahora que el equipo lo requiere se procede a voltear a la hélice, esto con la finalidad de proveer acceso a los elementos de fijación del plato móvil y así proseguir con el desmantelamiento. En este punto es importante recordar que 1 de los 4 no es un carbón y que solo está ahí a efectos de contrapeso del equipo. No obstante se requiere desmontar los cuatro elementos para que estos no sufran daños cuando se desmonte el plato.



**FIGURA 21 Contactos del plato móvil**



**FIGURA 22 Desmontaje del plato móvil**

Al finalizar estas tareas se procede a desmontar las palas del cubo de la hélice para esto se emplea el kit de herramientas especiales que permiten quitar el torque de las palas. Mencionadas herramientas al poseer un peso considerable es importante manipularlas entre varias personas ya que su peso podría lesionar si una sola persona intenta manipularla por sí mismo.



**FIGURA 23 Desmontaje de las palas**

Teniendo el cubo de la hélice liberado de estos componentes se procederá a extraer las bielas que sostienen a las levas de las palas con el pistón, para esto se requiere en primera instancia remover la pared anterior del pistón a fin de permitir dar área libre a las herramientas, pues como se verá en las imágenes a continuación estos elementos requieren de cierta cantidad de fuerza para ser expulsados de su alojamiento.



**FIGURA 24 Remoción del pistón**

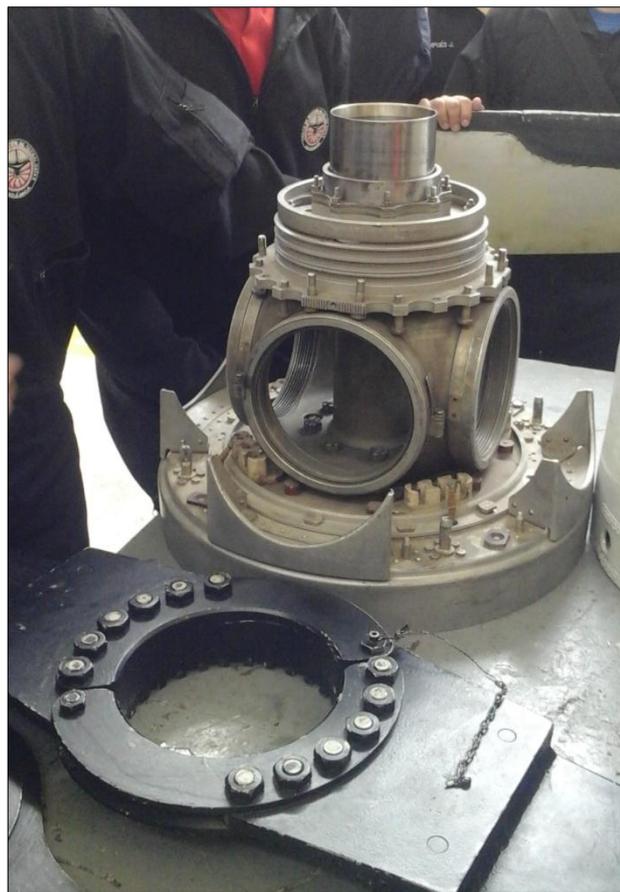


**FIGURA 25 Extracción de los eyebolts**



**FIGURA 26 Cubo de la hélice desmantelado**

Al término de estas tareas se comprobó la efectividad de la herramienta especial nueva pues se sometió a la misma a trabajo y se obtuvieron resultados satisfactorios. Para reparar el cubo de la hélice que no contaba con el bocín interior que sirve como elemento de sujeción se necesitó dismantelar un segundo cubo que se hallaba en el Bloque 42 el cual no estaba en perfectas condiciones pero poseía el elemento que se requería. Es así que al segundo cubo solamente se le extrajo este elemento y se procedió a armar nuevamente el equipo para poder efectuar las pruebas operacionales con la hélice montada en el avión escuela.



**FIGURA 27** Cubo de partes de reemplazo

Al término del re-ensamblaje del equipo fue evidente que se había conseguido reparar el daño hallado pues la hélice ya no se deslizaba de su posición cuando se la instaló en el avión.

**Tabla 6**

**Pruebas de funcionamiento y conformidad de operación.**

| <b>Partes</b>               | <b>Descripción</b>                                                 | <b>Estado</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>HÉLICE</b>               | Se completaron elementos faltantes y se reparó la fuga de fluidos. | SATISFACTORIO |
| <b>HERRAMIENTA ESPECIAL</b> | Encaja y permite desmantelar con seguridad el cubo de la hélice    | SATISFACTORIO |
| <b>PALANCA DE FUERZA</b>    | Permite romper el torque aplicado sobre el collete sleeve          | SATISFACTORIO |
| <b>PRENSA HIDRÁULICA</b>    | Mantiene la presión sin pérdidas de fluidos.                       | SATISFACTORIO |

### **3.9 REALIZACIÓN DE MANUALES.**

En los siguientes manuales se podrán encontrar los procedimientos que se deben seguir para efectuar el desmantelamiento del cubo de la hélice, las normas de seguridad que se deben considerar antes de desarrollar las tareas de mantenimiento siempre apoyándose en la información del fabricante provista en el manual de Overhaul.

#### **3.9.1 Manual de operación.**

Este manual describe los procedimientos adecuados a seguir para desarrollar el overhaul de la hélice del avión escuela.

|                                                                                   |                                         |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
|  | MANUAL DE OPERACIÓN                     | CÓDIGO:<br>MOP – OHM |
|                                                                                   | OVERHAUL DEL CUBO DE LA<br>HÉLICE       | REVISIÓN<br>Nº: 02   |
|                                                                                   | ELABORADO POR:<br>JOSÉ LUIS MARTÍNEZ    | FECHA:<br>01/08/2016 |
|                                                                                   | APROBADO POR:<br>TLGO. ALEJANDRO PROAÑO | PAG:<br>1 de         |

**OBJETIVO:**

Proporcionar la información necesaria para desarrollar el overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotol del avión Fairchild FH27J

**ALCANCE:**

Desarrollar el desmantelamiento del cubo y su reensamblaje.

**NORMAS DE SEGURIDAD.**

- Seguir los procedimientos de operación que detalla el manual.
- Asegurarse de están en poder de los elementos que describe el manual antes de iniciar la operación.
- Lleve siempre los equipos de protección personal que sean requeridos según cada área.

**PROCEDIMIENTO:**

1. Ubique el cubo de la hélice con una de las caras planas sobre la plancha plana de la prensa hidráulica.
2. Asegure el cubo de la hélice con una presión de 3000 PSI.
3. Coloque la copa de la herramienta especial con delicadeza a fin de que todos los dientes encajen con la brida del collete sleeve
4. Posicione la palanca de fuerza en la perforación que posee la copa de tal manera que pueda ejercer el mayor brazo de palanca posible
5. Desatornille el collete sleeve en sentido anti horario.
6. Remueva el componente tomando precaución con los hilos de la rosca pues estos podrían verse afectados por una mala manipulación
7. Limpie y lubrique los componentes removidos con una fina capa de grasa Aeroshell N° 5

Para efectuar el ensamblaje proceda de forma inversa con los pasos anteriormente descritos.

Para detalles del proceso consulte el DOWTY ROTOL TECHNICAL MANUAL 61-2-2 sección DISASSEMBLY paginas 101 (ANEXO C)

\_\_\_\_\_  
FIRMA DE RESPONSABILIDAD:  
MOP – OHM PG1 de 1

### 3.10 ESTUDIO ECONÓMICO.

Para la ejecución de las tareas de Overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotal del avión Fairchild FH27J perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías, se han considerado los siguientes costos los cuales se han dividido en primarios y secundarios para ser detallados efectivamente.

#### 3.10.1 Costos Primarios:

Tabla 7

##### Costos primarios

| DETALLE                             | VALOR         |
|-------------------------------------|---------------|
| Tubo de Acero 705                   | 150.00        |
| Tubo de acero 180                   | 300.00        |
| Servicio de fresado y torno         | 60.00         |
| Herramientas manuales               | 250.00        |
| Ferretería                          | 150.00        |
| Lubricantes, solventes, absorbentes | 50.00         |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>960.00</b> |

#### 3.10.2 Costos Secundarios:

Tabla 8

##### Costos secundarios.

| CANTIDA<br>D    | MATERIAL    | V/U   | V/T           |
|-----------------|-------------|-------|---------------|
| 3               | Anillados   | 1.50  | 4.50          |
| 1               | Empastados  | 25    | 25            |
| 40              | Trasporte   | 1.50  | 60            |
| 200             | Impresiones | 0.050 | 10            |
| 40              | Alimento    | 2     | 80            |
| <b>SUBTOTAL</b> |             |       | <b>179.50</b> |

#### 3.10.3 Costo total:

Tabla 9

Suma de los costos primarios más los costos secundarios.

| COSTOS PRIMARIOS | COSTOS SECUNDARIOS | COSTO TOTAL |
|------------------|--------------------|-------------|
| \$ 960.00        | \$ 179.50          | \$ 1139.50  |

El costo de la ejecución de las tareas de Overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotol del avión Fairchild FH27J perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías asciende a un total de \$ 1139.50 dólares americanos.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Este capítulo contiene las observaciones finales encontradas al haber culminado satisfactoriamente el desarrollo de este proyecto, analizando y verificando la correcta operación de los procesos realizados durante la elaboración del mismo.

#### **4.1 CONCLUSIONES.**

- Se analizó los requerimientos descritos en el manual de Overhaul capítulo 61-2-2 el cual contiene a detalle los procedimientos para la ejecución del Overhaul del cubo de la hélice Dowty Rotol del avión escuela Fairchild FH27J.
- Se construyó la herramienta especial en base a un diseño generado en un software de dibujo asistido por computador el cual validó los detalles específicos con respecto a la resistencia de los materiales empleados.
- Las herramientas implementadas se las desarrollo de forma efectiva y eficaz pues en el primer intento se obtuvo el resultado deseado acorde a las especificaciones descritas en el manual de Overhaul del fabricante a fin de poder instalar la hélice con seguridad en el avión escuela.
- Se llevó a cabo el Overhaul y chequeos operacionales del cubo de la hélice Dowty Rotol demostrando que en su interior hacía falta el buje de retención de la hélice sin el cual era imposible montar el equipo de forma segura en el avión escuela Fairchild FH27J.

#### **4.2 RECOMENDACIONES.**

- Seguir los pasos que se describen en el manual de operaciones para preservar los componentes del cubo de la hélice.
- Asegúrese que las tareas de mantenimiento se en base a los procedimientos adecuados para asegurar la vida útil de la hélice

tomando en cuenta siempre las recomendaciones descritas por el fabricante.

- Asegurarse antes de usar la herramienta especial que el cubo de la hélice se sitúe firmemente en la prensa hidráulica con la presión requerida en el manual.
- Al desarrollar las tareas de Overhaul es indispensable contar con las herramientas especiales por lo que es recomendable continuar con trabajos de titulación que permitan abastecer a la institución con estos materiales.

## **GLOSARIO**

### **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.

### **Overhaul**

Desarme, limpieza, inspección, reparación y ensayo de una aeronave, célula de aeronave, motor de aeronave, hélice, componente o accesorio, usando métodos, técnicas y prácticas aceptables para la DGAC de acuerdo con datos técnicos aprobados o aceptables para ésta. (Manuales del fabricante), desarrollados y documentados por titulares de certificado de tipo, certificado tipo suplementarios o de aprobaciones de fabricación de partes.

### **Mantenimiento**

Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de la aeronave, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas; reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación.

### **Relantí**

Número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerado.

### **Paso fino**

Angulo de incidencia mínimo de las palas de la hélice

### **Tecle**

Mecanismo amplificador de fuerza que permite elevar pesos

## **ABREVIATURAS**

**RPM:** Revoluciones por minuto

**TSO:** Orden técnica estándar

**TSA:** Transportation Security Administration

## BIBLIOGRAFÍA

- Dowty Rotol. (1966). *OVERHAUL MANUAL CHAPTER 61 - PROPELLER*. Gloucester: Dowty Propellers.
- Federal Aviation Administration. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Powerplant, Volume 2*. Oklahoma City: United States Department of Transportation.
- Thai Technics. (01 de Enero de 2002). *Thai Technics.Com*. Recuperado el 07 de Junio de 2016, de [http://www.thaitechnics.com/propeller/prop\\_intro.html](http://www.thaitechnics.com/propeller/prop_intro.html)
- Valencia Fuel, J. F. (2013). *Construcción de un banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking para la Hélice DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 para el avión FAIRCHILD FH-227*. Latacunga: Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE.

**ANEXOS**