

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL  
DESARMADO Y ARMADO DEL CONJUNTO DE LOS RESORTES  
DE EMBANDERAMIENTO DE LAS HÉLICES HARTZELL HC-  
B3TN-3D**

**POR:**

**CRISTIAN MAURICIO RUIZ BAEZ**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para la obtención**

**del título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2007**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Cristian Mauricio Ruiz Báez como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

---

Sgop. Lic. Jorge Morillo  
Director del Proyecto de Grado

Latacunga, 19 de diciembre del 2006

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de grado está dedicado a toda mi familia por el apoyo incondicional y la confianza que he recibido de ellos. Lo dedico a la memoria de mi abuelita; Luz María Ojeda, a quienes han sido mis segundos padres mis abuelitos; Hugo Baez y Elsa Solarte, a todos mis tíos por sus consejos y ese estímulo de fraternidad que siempre he recibido de ellos.

Dedico con todo mi amor y cariño este trabajo a mis hermanos; Andrés y Nátaly pero sobre todo lo dedico a los seres que siempre me han dado su buen ejemplo, los que con su sacrificio y esfuerzo vieron por mi y mis hermanos para que nunca nos falte nada. Yo debo todo lo que soy a ellos, mis padres; Amadeo Ruiz y Ruth Baez.

Gracias de todo corazón por ayudarme a alcanzar esta meta de ser un profesional.

**Cristian Mauricio Ruiz Baez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por mantenerme vivo y permitir que esta meta sea una realidad.

A mis padres y hermanos que aunque estén lejos siempre los llevo en mi corazón ya que con la culminación de esta etapa de mi vida se acerca más nuestro reencuentro.

A mis abuelitos, tíos y primos por su apoyo, confianza y compañía que contribuyeron mucho a la culminación de este proyecto.

A mis compañeros del ITSA, siempre recordaré sus enseñanzas y buenos momentos que pasamos en nuestra época de estudiantes.

A mis amigos de toda la vida, gracias por el buen ánimo y por contar siempre con ustedes.

Por último quiero agradecer a mis instructores especialmente al Sgop. Lic. Jorge Morillo director de mi proyecto y al Sub(p) Pedro Abdón Cando por su valiosa ayuda para la elaboración de este proyecto.

**Cristian Mauricio Ruiz Baez**

# ÍNDICE

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| Portada.....                     | I    |
| Certificación.....               | II   |
| Dedicatoria .....                | III  |
| Agradecimientos.....             | IV   |
| Índice General .....             | V    |
| Listado de Figuras.....          | XI   |
| Listado de Tablas .....          | XIII |
| Listado de Anexos.....           | XIV  |
| RESUMEN .....                    | 1    |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... | 3    |
| JUSTIFICACIÓN .....              | 3    |
| ALCANCE .....                    | 4    |
| OBJETIVO GENERAL .....           | 4    |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....      | 4    |

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

|   |   |
|---|---|
| 1.1 GENERALIDADES DEL AVIÓN TWIN OTTER..... | 6 |
| 1.1.2 Servicios de la Aeronave .....        | 7 |
| 1.2 SISTEMA PROPULSOR (HÉLICE).....         | 7 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.2.1   | Funcionamiento de la Hélice.....          | 9  |
| 1.2.2   | Partes de la Hélice.....                  | 11 |
| 1.2.2.1 | Palas .....                               | 12 |
| 1.2.2.2 | Cubo.....                                 | 13 |
| 1.2.2.3 | Barril.....                               | 14 |
| 1.2.2.4 | Gobernador .....                          | 15 |
| 1.2.3   | Términos relacionados con la hélice.....  | 15 |
| 1.2.4   | Tipos de Hélices .....                    | 19 |
| 1.2.4.1 | Hélice de paso fijo .....                 | 20 |
| 1.2.4.2 | Regulación de la potencia .....           | 22 |
| 1.2.4.3 | Hélices de paso ajustable en tierra ..... | 22 |
| 1.2.4.4 | Hélices de paso variable .....            | 23 |
| 1.2.4.3 | Hélice de Velocidad constante .....       | 25 |
| 1.2.4.4 | Hélice controlada a mano.....             | 26 |
| 1.3     | HÉLICE HARTZELL HC-B3TN-3D.....           | 27 |
| 1.3.1   | Características Generales .....           | 27 |
| 1.3.2   | Posición de Bandera (87° grados) .....    | 29 |
| 1.3.3   | Paso Bajo (17°).....                      | 30 |
| 1.3.4   | Paso Alto (27°).....                      | 30 |
| 1.3.5   | Paso de Reversa (-15°) .....              | 31 |
| 1.4     | PARTES Y COMPONENTES.....                 | 31 |
| 1.4.1   | Conjunto de Palas .....                   | 31 |
| 1.4.2   | Conjunto de la Cruceta .....              | 32 |
| 1.4.3   | Conjunto de la Cúpula .....               | 32 |
| 1.4.5   | Conjuntos a Fines.....                    | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 1.4.6 Palancas de Control de la Hélice .....                  | 34 |
| 1.4.7 Switch de Prueba de Beta. ....                          | 36 |
| 1.4.8 Luces Indicadoras de Beta .....                         | 36 |
| 1.4.9 Luz de condición de las Hélices.....                    | 36 |
| 1.4.10 Luz de Prueba de la Palanca.....                       | 36 |
| 1.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA HÉLICE HARTZELL..... | 37 |
| 1.5.1 Paso Beta de la Hélice.....                             | 37 |
| 1.5.2 Velocidad Constante.....                                | 38 |
| 1.5.3 Hidromática.....  | 38 |
| 1.5.4 Paso Variable .....                                     | 38 |
| 1.5.5 Sistema de Auto-embanderamiento.....                    | 39 |
| 1.5.6 Reversa .....   | 39 |
| 1.6 MANTENIMIENTO DE LA HÉLICE .....                          | 40 |
| 1.6.1 Cuidado de la hélice .....                              | 40 |
| 1.6.2 Daño de la Hélice .....                                 | 41 |
| 1.6.3 Equipo Requerido .....                                  | 41 |
| 1.6.4 Reportajes .....  | 42 |
| 1.6.5 Procedimiento de Inspección.....                        | 44 |
| 1.6.6 Mantenimiento del Conjunto de Embanderamiento .....     | 45 |

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 47 |
| 2.1.1 Primera Alternativa .....         | 47 |
| 2.1.2 Segunda Alternativa.....          | 49 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN .....              | 50 |
| 2.2.1 Aspecto Técnico .....                     | 51 |
| 2.2.2 Aspecto Económico .....                   | 52 |
| Aspecto Complementario.....                     | 53 |
| 2.3 DETERMINACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA ..... | 54 |

### **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 DISEÑO.....   | 55 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA HERRAMIENTA .....  | 58 |
| 3.3 ELABORACIÓN DE PLANOS .....   | 59 |
| 3.4 ANÁLISIS DE MATERIALES AUTILIZAR .....  | 59 |
| 3.5 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL .....   | 63 |
| 3.6 DIAGRAMAS DE PROCESO DE CONSTRUCUCCÓN .....   | 64 |
| 3.6.1 Diagrama de procesos de la construcción del tornillo.....   | 65 |
| 3.6.2.- Diagrama de procesos de construcción de las planchas centrales ...                                | 66 |
| 3.6.3.- Diagrama de procesos de construcción de los bujes de la plancha<br>central.....                   | 67 |
| 3.6.4.- Diagrama de procesos de construcción de las barras laterales .....                                | 68 |
| 3.6.5.- Diagrama de procesos de construcción de la tuerca del perno principal<br>.....                    | 69 |
| 3.6.6.- Diagrama de procesos de construcción de la base principal.....                                    | 70 |
| 3.6.7.- Diagrama de procesos de construcción de la base de sustentación del<br>conjunto de resortes. .... | 71 |

|  |    |
|--|----|
| 3.7.- Diagramas de ensamble. ....  | 72 |
| 3.7.1.- Diagrama de Sub ensamble del perno al volante .....                                | 72 |
| 3.7.2.- Diagrama de Sub ensamble de los bujes en la plancha central .....                  | 72 |
| 3.7.3.- Diagrama de Sub ensamble de la tuerca a la plancha central.....                    | 73 |
| 3.7.4.- Diagrama de Sub ensamble de las barras laterales a las planchas<br>centrales ..... | 73 |
| 3.7.5.- Diagrama de ensamble final. ....   | 74 |
| 3.8.- Pruebas funcionales.....   | 74 |

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....     | 76 |
| 4.2 MANUAL DE VERIFICACIÓN .....  | 78 |
| 4.3 MANUAL DE OPERACIÓN .....     | 81 |
| 4.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO ..... | 85 |
| 4.5 MANUAL DE SEGURIDAD .....     | 86 |
| 4.6 HOJAS DE REGISTRO.....        | 87 |

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 5.1 PRESUPUESTO .....       | 91 |
| 5.2 ESTUDIO ECONÓMICO ..... | 91 |
| 5.2.1 Materiales .....      | 92 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.2 Máquinas, Herramientas y Equipos ..... | 93 |
| 5.2.3 Mano de Obra.....                      | 93 |
| 5.2.4 Otros .....                            | 94 |
| 5.3 ESTUDIO DE COSTOS .....                  | 95 |

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 6.1 CONCLUSIONES.....     | 96 |
| 6.2 RECOMENDACIONES ..... | 97 |

### **BIBLIOGRAFÍA.**

### **ANEXOS.**

## LISTADO DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1. Avión Twin Otter.....                                 | 6  |
| Figura 1.2. Avión Twin Otter en servicio.....                     | 7  |
| Figura 1.3. Principio de una Hélice.....                          | 8  |
| Figura 1.4. Hélice de Avión .....                                 | 9  |
| Figura 1.5 Funcionamiento de la Hélice.....                       | 10 |
| Figura 1.6. Forma de la Hélice .....                              | 11 |
| Figura 1.7. Forma Aerodinámica de una pala .....                  | 12 |
| Figura 1.8. Estaciones de las Palas .....                         | 13 |
| Figura 1.9. Cubo.....   | 14 |
| Figura 1.10. Barril.....  | 14 |
| Figura 1.11. Plano y Eje de la Hélice .....                       | 15 |
| Figura 1.12. Ángulo de la pala.....                               | 16 |
| Figura 1.13. Paso efectivo y paso geométrico.....                 | 17 |
| Figura 1.14. Términos Relativos a las Hélices .....               | 18 |
| Figura 1.15. Engranajes reductores de velocidad .....             | 22 |
| Figura 1.16. Hélice de paso variable .....                        | 23 |
| Figura 1.17. Hélice Hartzell HC-B3TN-3D del Avión Twin Otter..... | 28 |
| Figura 1.18. Hélice en posición de bandera .....                  | 29 |
| Figura 1.19. Hélice en paso bajo.....                             | 30 |
| Figura 1.20. Hélice en paso alto.....                             | 30 |
| Figura 1.21. Hélice en posición de reversa .....                  | 31 |
| Figura 1.22. Conjunto de las Palas .....                          | 32 |
| Figura 1.23. Palancas de control de la hélice.....                | 35 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.24. Acople entre el Resorte y la Prensa Hidráulica .....   | 45 |
| Figura 1.25. Herramienta Especial de Atornillamiento .....  | 46 |
| Figura 2.1. Herramienta Especial de Atornillamiento con Volante.....  | 47 |
| Figura 2.2. Prensa Hidráulica .....   | 49 |
| Figura 3.1. Herramienta Especial para el armado y desarmado del conjunto de resortes de embanderamiento de la Hélice Hartzell HC-B3TN-3D (Diseño original sacado del manual de mantenimiento) ..... | 56 |
| Figura 3.2. Partes de la Herramienta Especial .....   | 59 |
| Figura 3.3. Volante .....   | 60 |
| Figura 3.4. Perno de rosca cuadrada .....   | 60 |
| Figura 3.5. Planchas Centrales .....  | 61 |
| Figura 3.6. Barras laterales .....  | 62 |
| Figura 3.7. Base principal.....   | 62 |
| Figura 3.8. Base de Sustentación .....  | 63 |

## LISTADO DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.1. Especificaciones de la Hélice Hartzell HC- B3TN-3D.....   | 28 |
| Tabla 2.1. Evaluación cualitativa y cuantitativa .....   | 51 |
| Tabla 2.2. Matriz de Evaluación .....  | 53 |
| Tabla 2.3. Matriz de Decisión .....  | 54 |
| Tabla 3.1. Propiedades Mecánicas del Acero SAE 1040.....   | 61 |
| Tabla 3.2. Verificación del funcionamiento de la Herramienta Especial para el<br>desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las<br>Hélices Hartzell HC-B3TN-3D..... | 75 |
| Tabla 4.1. Codificación de los Manuales.....   | 77 |
| Tabla 5.1. Lista de costo de materiales utilizados en la construcción del<br>Proyecto de Grado .....   | 92 |
| Tabla 5.2. Costo de utilización de máquinas, herramientas y equipos.....   | 93 |
| Tabla 5.3. Costos de mano de obra .....  | 94 |
| Tabla 5.4. Costo de otros gastos.....  | 94 |
| Tabla 5.5. Costo Total del Proyecto .....  | 95 |

## **LISTADO DE ANEXOS**

- ANEXO A** (ELABORACIÓN DE PLANOS)
- ANEXO B** (CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS)
- ANEXO C** (CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS)
- ANEXO D** (COMPRESIÓN DE LOS RESORTES)
- ANEXO E** (PASOS A SEGUIR EN LOS TRABAJOS DE LA HÉLICE)
- ANEXO F** (PASOS A SEGUIR EN LA HERRAMIENTA ESPECIAL)
- ANEXO G** (CERTIFICADOS)

## RESUMEN

En el taller de Hélices del COTRAN el Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala No. 11 de Quito realiza trabajos de mantenimiento y overhaul a las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, el cual necesitaba un equipo especial para quitar los seguros del conjunto de resortes de embanderamiento para desarmar y armar dicho conjunto, por lo tanto se propone implementar una herramienta especial para desarmar y armar el conjunto de resortes de embanderamiento de las hélices hartzell HC-B3TN-3D, la misma que proporcionará un mejor desenvolvimiento del Escuadrón 1121 al ser más segura y eficiente.

Para la construcción de esta herramienta especial se utilizan manuales de la hélice, manuales y órdenes técnicas del avión Twin Otter ya que sus motores tienen este tipo de hélices. Además el conocimiento y experiencia del personal técnico del taller de hélices del COTRAN del Ala No. 11 de Quito; se planten dos alternativas, una basada en una prensa hidráulica, y la otra con un sistema manual mecánico de atornillamiento, finalmente se opta por el sistema de atornillamiento.

Los resultados son muy favorables ya que el tiempo que tomaba realizar este trabajo de la forma que se lo venía haciendo era de aproximadamente 2 horas y con el nuevo equipo se redujo tan solo de 15 a 20 minutos con un control preciso y seguro del manejo de compresión de los resortes, facilidad de operación y una mejor ergonomía y lo que es más la seguridad del personal.

En conclusión, el Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala No. 11 de Quito, cuenta ya con una herramienta especial para desarmar y armar el conjunto de resortes de embanderamiento, optimizando así las operaciones de mantenimiento y overhaul de la hélice hartzell HC-B3TN-3D y por ende del avión Twin Otter.

## **INTRODUCCIÓN**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el taller de Hélices del Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala No. 11 de Quito se realiza el overhaul de las hélices tipo Hartzell del avión TWIN OTTER, la cual necesita el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento. Todo esto se ha venido realizando de una forma insegura ya que no se cuenta con el equipo necesario para esta operación; de aquí su necesidad de construcción de una herramienta especial para extraer y colocar los resortes, haciendo que este procedimiento sea eficiente y seguro.

### **JUSTIFICACIÓN**

En vista de que en el Ala No. 11 de Quito se realiza trabajos de mantenimiento especial para las hélices tipo Hartzell del escuadrón Twin Otter, dentro de esto esta el overhaul de dichas hélices para lo cual se necesita desarmar y armar el conjunto de los resortes de embanderamiento que hasta el momento se ha venido realizando de manera antitécnica, esto implica riesgo para el técnico y el material, por lo tanto se ha propuesto la construcción de una herramienta especial para este fin, la cual se la construirá en una forma segura y técnica tomando como base el modelo que propone la orden técnica, dicha herramienta es difícil de adquirir en el exterior por su elevado costo y su dificultad para encontrarlo en el mercado.

## **ALCANCE**

El presente proyecto tiene por alcance el efectuar una investigación documentada de procedimientos de mantenimiento de las hélices tipo hartzell, mejorando y facilitando el trabajo de los técnicos que realizan el mantenimiento del avión Twin Otter, lo cual beneficiará a dicho escuadrón al “Ala 11 de Quito” y por consiguiente a la Fuerza Aérea. La construcción se la realizará con ayuda de personal técnico que labora en esta institución, contribuyendo al avance tecnológico de la Aviación del País.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

“Construir una Herramienta Especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D que sea utilizada por el Escuadrón Mantenimiento 1121 en el taller de Hélices del COTRAN del Ala de Transportes No. 11 de Quito”.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar la información acerca del funcionamiento y componentes de las hélices.
- Analizar diversos modelos de construcción de la Herramienta.
- Identificar alternativas de construcción.

- Seleccionar la mejor alternativa.
- Elaborar manuales de procedimiento; como: operación, verificación mantenimiento, seguridad y hojas de registro.
- Implementar la Herramienta Especial en el Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala No. 11 de Quito.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 GENERALIDADES DEL AVIÓN TWIN OTTER

El Twin Otter es un Avión de perfil de ala alta, está dotado de dos motores (bimotor) uno en cada ala, los motores son turbopropulsores del tipo de turbina libre Pratt & Whitney PT6 fabricados por United Aircraft of Canadá, la potencia máxima de estos motores es de 750 HP. Este avión bimotor consta de un tren de aterrizaje fijo tipo triciclo con frenos monodisco, su sistema de amortiguación es elástica con bloques de urétano, es un avión de 20 plazas (17 pasajeros y 3 tripulantes).



**Figura 1.1. Avión Twin Otter**

### **1.1.2 Servicios de la Aeronave**

El avión Twin Otter presta los servicios de transporte de tropa y carga en la Fuerza Aérea Ecuatoriana, gracias a su diseño y estructura es muy accesible que este aeroplano despegue y aterrice en pistas cortas y pistas improvisadas por lo cual se realiza labores de acción cívica en zonas poco pobladas y remotas, de las cuales la más visitada es la región amazónica por su índice de pobreza, como también la mortalidad por falta de atención médica y más necesidades de la población.

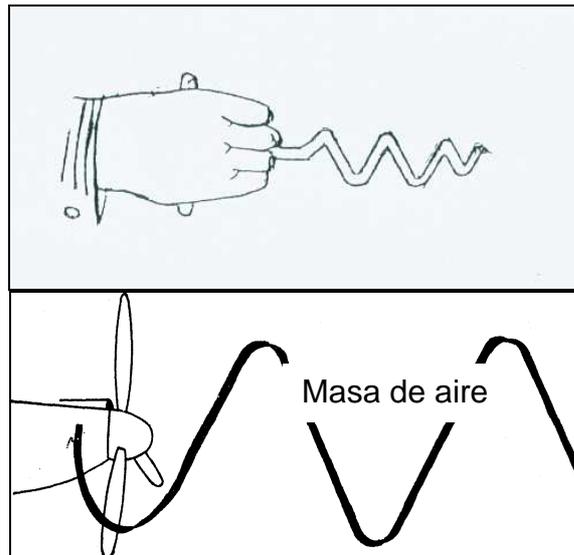


**Figura 1.2. Avión Twin Otter en servicio**

### **1.2 SISTEMA PROPULSOR (HÉLICE)**

Una hélice es un modelo de atornillamiento en el aire al igual que un destornillador y el tornillo atraviesa la madera, la hélice gira a través de un eje y

permite que el avión se desplace hacia delante, las fuerzas aerodinámicas es por la cual un avión puede sustentarse y por lo tanto moverse hacia delante por medio de la hélice la cual tiene los mismos fundamentos de un plano aerodinámico así se explica lo que es la fuerza aerodinámica.



**Figura 1.3. Principio de una Hélice**

La hélice es un dispositivo constituido por un número variable de aspas o palas (2, 3, 4...) que al girar alrededor de un eje producen una fuerza propulsora. Cada pala está formada por un conjunto de perfiles aerodinámicos que van cambiando progresivamente su ángulo de incidencia desde la raíz hasta el extremo (mayor en la raíz, menor en el extremo).

La hélice está acoplada directamente o a través de engranajes o poleas (reductores) al eje de salida de un motor (de pistón o turbina), el cual proporciona el movimiento de rotación.



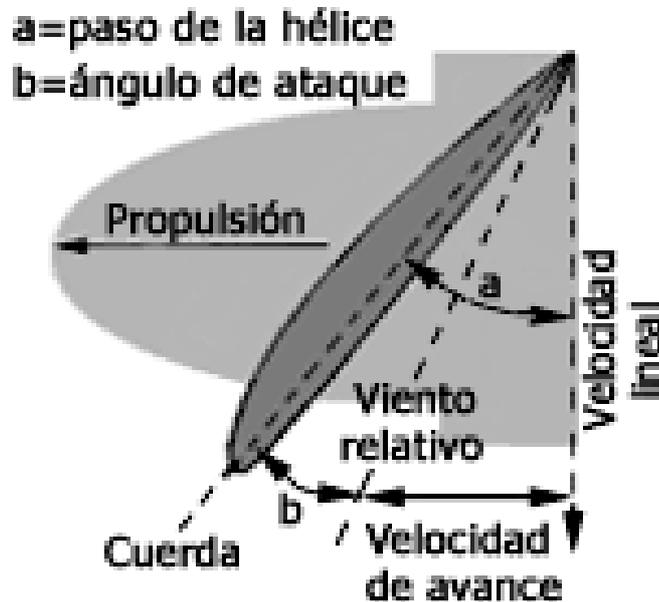
**Figura 1.4. Hélice de Avión**

Aunque en principio las hélices se construyeron de madera, actualmente se fabrican con materiales más ligeros y resistentes. El empleo de hélices como elemento propulsor en aviación ha decaído por la progresiva utilización de la propulsión por turbinas de gas, cada vez más potentes, ligeras, y con consumos más ajustados. No obstante, aunque la propulsión por hélice es poco utilizada en aviación comercial, su uso está generalizado en aviones ligeros.

### **1.2.1 Funcionamiento de la Hélice**

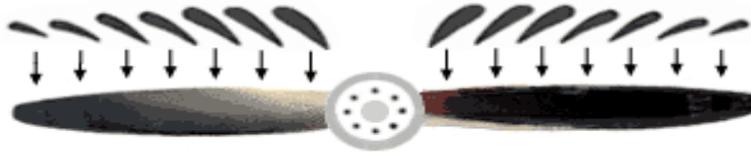
Los perfiles aerodinámicos que componen una hélice están sujetos a las mismas leyes y principios que cualquier otro perfil aerodinámico, por ejemplo un ala. Cada uno de estos perfiles tiene un ángulo de ataque, respecto al viento relativo de la pala que en este caso es cercano al plano de revolución 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 1.5. Funcionamiento de la Hélice**

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.



**Figura 1.6. Forma de la Hélice**

Un punto crítico en el diseño radica en la velocidad con que giran los extremos, porque si está próxima a la del sonido, se produce una gran disminución en el rendimiento. Este hecho pone límites al diámetro y las RPM a hélices, y es por lo que en algunos aviones se intercala un mecanismo reductor basado en engranajes o poleas, entre el eje de salida del motor y la hélice.

La fuerza de propulsión del aeroplano está directamente relacionada con la cantidad de aire que mueve y la velocidad con que lo acelera; depende por tanto del tamaño de la hélice, de su paso, y de su velocidad de giro. Su diseño, forma, número de palas, diámetro, etc, debe ser el adecuado para la gama de velocidades en que puede operar el avión. Una hélice bien diseñada puede dar un rendimiento de hasta 0,9 sobre un ideal de 1.

### **1.2.2 Partes de la Hélice**

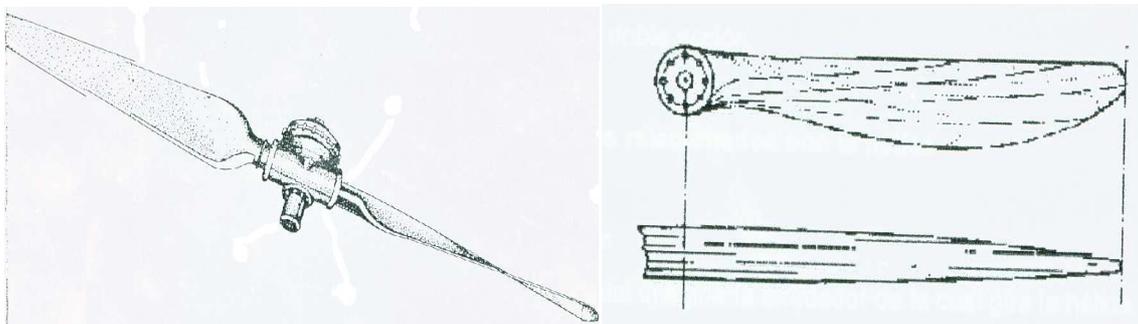
La hélice esta compuesta de dos partes importantes: el cubo y las palas las mismas que están sujetas dentro del cubo. El eje no conforma parte de la hélice este es parte del motor. Además las hélices están compuestas por el barril y el gobernador.

### 1.2.2.1 Palas

Generalmente se le nombra a toda la hélice como pala pero su nombre específico es aspa. El aspa es una superficie aerodinámica que proporciona la fuerza de avance esta fuerza es llamada empuje por el movimiento hacia delante.

El empuje es importante ya que es la fuerza inicial antes que se pueda sustentar el avión.

Las palas más grandes son hechas de acero o de aluminio, de igual manera los materiales utilizados para aviones pequeños pueden ser de madera laminada o también de material fenólico. La forma y los tipos de palas no tienen mucha variación.

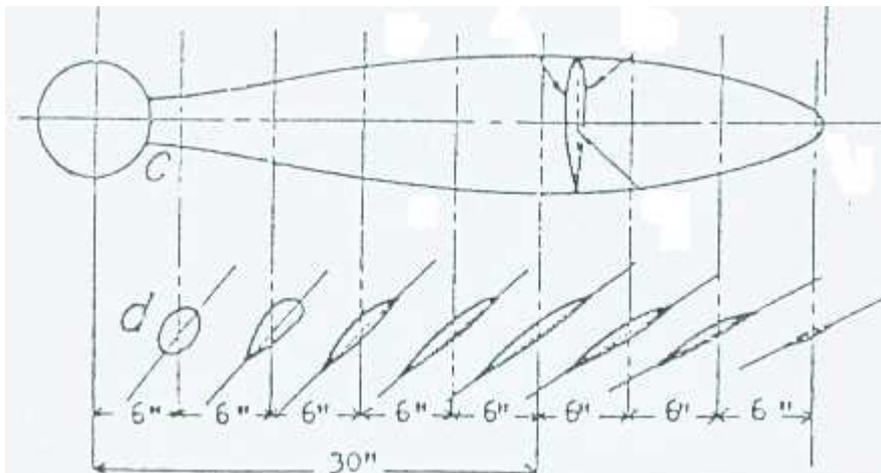


**Figura 1.7. Forma Aerodinámica de una pala**

La pala tiene una forma aerodinámica tiene divisiones llamadas estaciones las estaciones están a 6 pulgadas la una de la otra no están indicadas físicamente en la superficie de la pala el personal de mantenimiento las marca por efecto de reparación o inspección existe un estación de

referencia la cual esta marcada con una franja de dimensiones establecidas en el lado del empuje.

Esta estación de referencia está usualmente en el punto 42, 54 o 72 pulgadas que se toma la lectura de los ángulos de las palas con el transportador.



**Figura 1.8. Estaciones de las Palas**

### **1.2.2.2 Cubo**

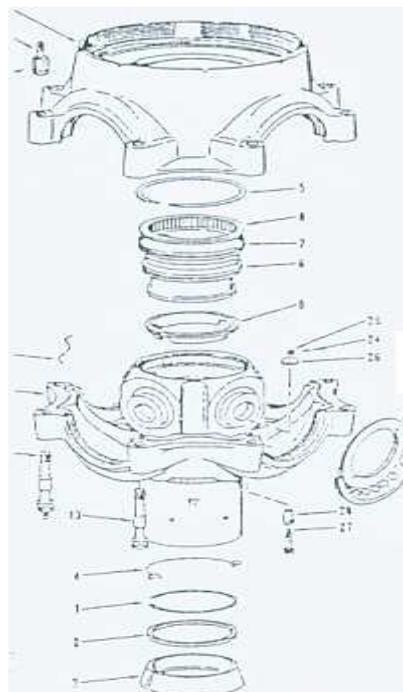
El cubo y la mayoría de los componentes que conforman el mismo son hechos en acero tienen estrías internas que corresponden con las estrías externas del eje de la hélice que van aseguradas por una tuerca de retención a las superficies externas y están hechas de acero para resistir la corrosión de los conductos hidráulicos que conectan las unidades de torsión y el acumulador.



**Figura 1.9. Cubo**

### 1.2.2.3 Barril

El barril se compone de 2 piezas elaboradas de acero que dentro de este lleva algunos implementos de sujeción y retención que forman parte del barril. Se concluiría que el barril se divide en 2 partes mientras que el cubo es una sola pieza.



**Figura 1.10. Barril**

#### 1.2.2.4 Gobernador

Es el que se encarga de enviar aceite a presión a un lado del pistón de la cúpula de la hélice y este es llamado gobernador de acción sencilla. El gobernador que es capaz de enviar presión de aceite a los dos lados de la cúpula es llamado gobernador de doble acción.

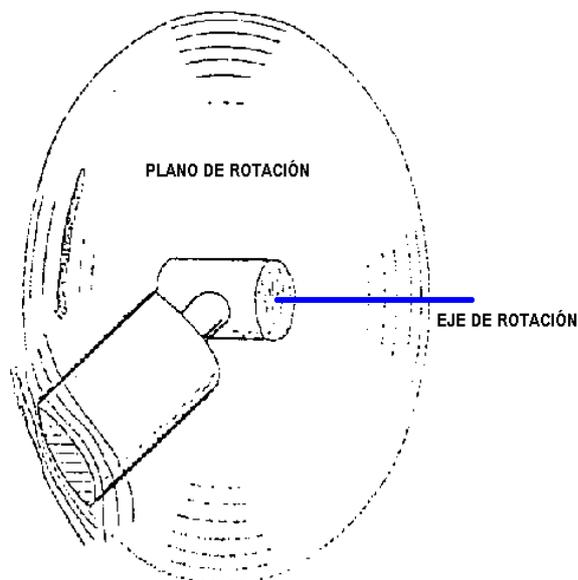
#### 1.2.3 Términos relacionados con la hélice

##### a) Eje de rotación

Es una línea axial imaginaria alrededor de la cual gira la hélice (o).

##### b) Plano de rotación

Es el plano en el cual gira la hélice y es perpendicular al eje de rotación (n).



**Figura 1.11. Plano y Eje de la Hélice**

### c) 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 plano de rotación.

### d) Ángulo de la pala

Es el ángulo entre la cuerda de la pala y el plano de rotación también se le conoce como el ángulo plano o ángulo de paso geométrico.

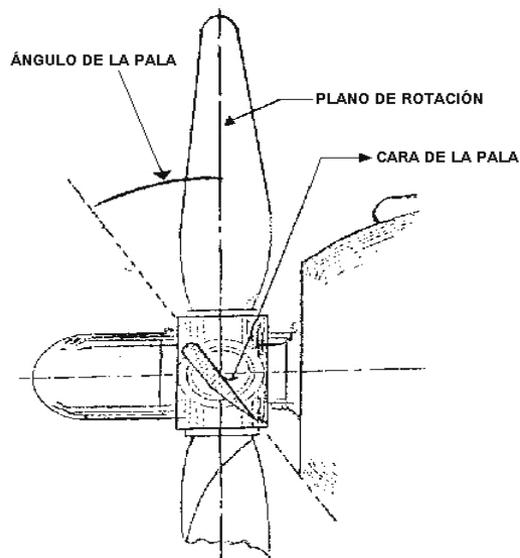


Figura 1.12. Ángulo de la pala

### e) Paso

Es la distancia de recorrido de la hélice.

### f) Paso geométrico

Es la distancia hacia adelante que se movería en una revolución si estuviera pasando a través de un medio sólido.

### **g) Paso efectivo**

Es la distancia real hacia delante que la hélice recorre en una revolución la hélice da vueltas en el aire, un gas en vez de moverse en un sólido hay una cantidad de resbalamiento por consecuencia de esto la eficiencia nunca alcanza el 100%.



**Figura 1.13. Paso efectivo y paso geométrico**

### **h) Resbalamiento**

Es la distancia pérdida o la diferencia que hay entre el paso geométrico y el paso efectivo (h). Ver figura 1.14

### **i) Trayecto de la hélice**

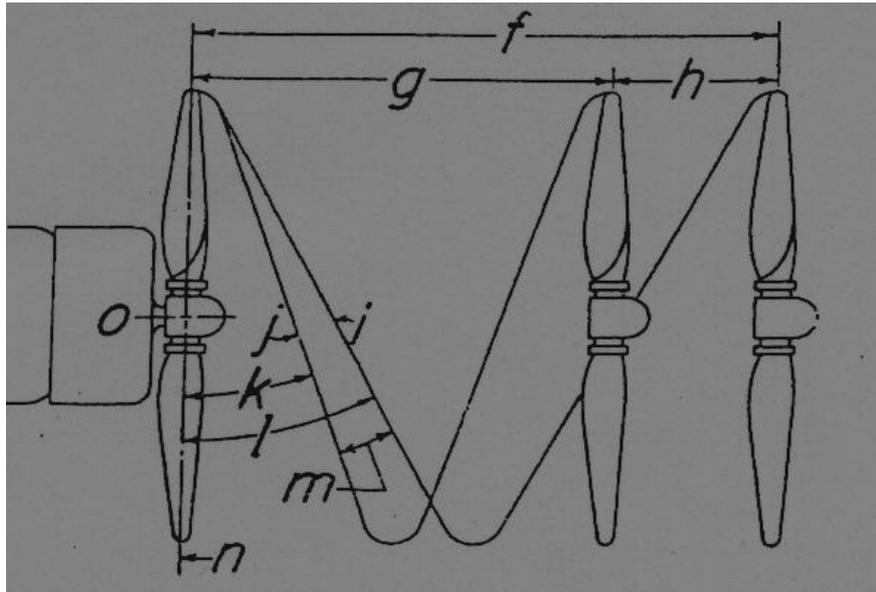
Es una línea imaginaria que representa el trayecto real de la pala (j). Ver figura 1.14

### **j) Angulo efectivo**

Es el ángulo formado entre el trayecto de la hélice y el plano de rotación (k). Ver figura 1.14

### **k) Angulo de ataque**

Es el ángulo formado entre el trayecto de la hélice y la cuerda de la pala algunas de las veces es llamado el bocado (m). Ver figura 1.14



- |                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| f. Paso Geométrico           | k. Ángulo Efectivo   |
| g. Paso Efectivo             | l. Ángulo de la Pala |
| h. Resbalamiento             | m. Ángulo de Ataque  |
| i. Línea del paso geométrico | n. Plano de Rotación |
| j. Línea del paso efectivo   |                      |

**Figura 1.14. Términos Relativos a las Hélices**

La fuerza de propulsión del aeroplano está directamente relacionada con la cantidad de aire que mueve y la velocidad con que lo acelera; depende por tanto del tamaño de la hélice, de su paso, y de su velocidad de giro. Su diseño, forma, número de palas, diámetro, etc, debe ser el adecuado para la gama de velocidades en que puede operar el avión. Una hélice bien diseñada puede dar un rendimiento de hasta 0,9 sobre un ideal de 1.

Las hélices modernas, sobre todo 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.

La densidad del aire es un factor que interviene en el rendimiento tanto de la hélice como del motor: a mayor densidad mayor rendimiento. Puesto que la densidad disminuye con la altura, a mayor altura menor rendimiento de la hélice y del motor.

Se denomina paso geométrico a la distancia horizontal teórica que avanza una hélice en una revolución. Pero como el aire no es un fluido perfecto, la hélice “resbala” y avanza algo menos. Este avance real, se conoce como paso efectivo.

Es obvio que el resbalamiento de la hélice es igual a la diferencia entre ambos pasos.

La hélice necesita unos cuidados básicos para que no pierda efectividad: mantenerla libre de suciedad, melladuras, grietas. Cuando se rueda en terrenos no asfaltados, debe hacerse con precaución para evitar que las piedras levantadas por el aire de la hélice la golpeen, pudiendo producirle melladuras o fisuras. Por la misma razón, si la pista es asfaltada pero no así sus accesos o calles de rodaje, conviene realizar la prueba de motores si es posible sobre la pista.

#### **1.2.4 Tipos de Hélices**

Las hélices se pueden clasificar por su paso o cambio de ángulo; las más comunes son:

- ✓ Hélice de paso fijo
- ✓ Hélice ajustable en tierra
- ✓ Hélice de paso variable

#### **1.2.4.1 Hélice de paso fijo**

Antiguamente los aviones tenían motores de bajo rendimiento y se diseñaron hélices sencillas cuyo ángulo de pala no podía ser modificado para una mayor eficiencia, era utilizado para todas las fases de vuelo despegue, ascenso, crucero y aterrizaje desde luego que lo apropiado era tener un ángulo de paso para cada una de estas fases los fabricantes al verse limitados decidieron elaborar una hélice que con un ángulo de termino medio es decir que su eficiencia no se pierda en ninguna de las fases y su rendimiento sea normal.

Por lo general, los motores de pistón están conectados a una hélice de paso fijo o de velocidad constante. Las hélices de paso fijo están atornilladas directamente al cigüeñal del motor, por lo que siempre giran a la misma velocidad que éste. Una hélice de paso fijo es similar a una caja de cambios de una sola velocidad. Esta configuración compensa su falta de eficacia con una gran sencillez de funcionamiento.

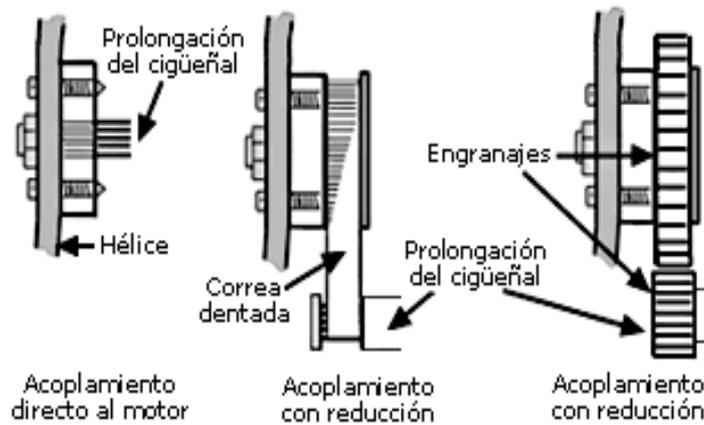
Las hélices de velocidad constante tienen un regulador que ajusta el ángulo de las palas para mantener las RPM seleccionadas. Este tipo de hélice utiliza más eficazmente la potencia del motor. A bajas velocidades, cuando se

requiere la máxima potencia (por ejemplo, durante el despegue), con el controlador de la hélice se seleccionan las RPM máximas o “máximo incremento” y las palas de la hélice chocan con el aire en un ángulo pequeño. Durante el vuelo a velocidad de crucero podrá ajustar las RPM a un nivel más bajo y las palas tomarán un mayor volumen de aire al girar a menor velocidad.

En este tipo de hélices, el paso está impuesto por el mejor criterio del diseñador del aeroplano y no es modificable por el piloto. Este paso es único para todos los regímenes de vuelo, lo cual restringe y limita su eficacia; una buena hélice para despegues o ascensos no es tan buena para velocidad de crucero, y viceversa.

Una hélice de paso fijo es como una caja de cambios con una única velocidad; compensa su falta de eficacia con una gran sencillez de funcionamiento.

En aviones equipados con motores de poca potencia, la hélice suele ser de diámetro reducido, y está fijada directamente como una prolongación del cigüeñal del motor; las RPM de la hélice son las mismas que las del motor. Con motores más potentes, la hélice es más grande para poder absorber la fuerza desarrollada por el motor; en este caso entre la salida del motor y la hélice se suele interponer un mecanismo reductor y las RPM de la hélice difieren de las RPM del motor.



**Figura 1.15. Engranajes reductores de velocidad**

#### 1.2.4.2 Regulación de la potencia

Con una hélice de paso fijo, regular la potencia es sencillo. Las RPM y la potencia aumentarán al empujar el acelerador. Por el contrario, si tira de él, las RPM disminuirán. No obstante, observe que al aumentar la velocidad aerodinámica, también tienden a subir las RPM. Una hélice de velocidad constante complica ligeramente la regulación de la potencia. Las RPM se ajustan con el mando de la hélice. Al ajustar la potencia con una hélice de velocidad constante, recuerde estas reglas básicas para evitar la sobre fatiga del motor.

#### 1.2.4.3 Hélices de paso ajustable en tierra

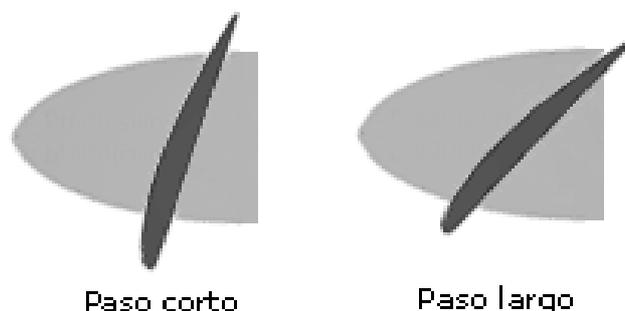
Estas hélices son similares que las hélices de paso fijo por que no pueden modificarse el ángulo en vuelo pero es mucho más adaptable ya que el personal calificado de mantenimiento puede hacer cualquier cambio o

modificación del ángulo en tierra dentro de las especificaciones que nos dá el fabricante.

#### 1.2.4.4 Hélices de paso variable

Este tipo de hélices son las más utilizadas en aviones mucho más grandes y potentes se los ha dividido en dos grupos; hélice controlada a mano y la hélice de velocidad constante como acotación diríamos que estos dos tipos de hélices tienen el control de cambio de ángulo en vuelo.

Este tipo de hélice, permite al piloto ajustar el paso, acomodándolo a las diferentes fases de vuelo, con lo cual obtiene su rendimiento óptimo en todo momento. El ajuste se realiza mediante la palanca de paso de la hélice, la cual acciona un mecanismo que puede ser mecánico, hidráulico o eléctrico. En algunos casos, esta palanca solo tiene dos posiciones: paso corto (menor ángulo de las palas) y paso largo (mayor ángulo de las palas), pero lo más común es que pueda seleccionar cualquier paso comprendido entre un máximo y un mínimo.



**Figura 1.16. Hélice de paso variable**

Para entender como funciona el paso variable, se parte de:

- 1) La mayoría de los motores de combustión interna obtienen su máxima potencia en un punto cercano al máximo de RPM.
- 2) La potencia requerida para volar de forma económica a velocidad de crucero es usualmente menor a la potencia máxima.

El paso corto, implica menor ángulo de ataque de la pala y por tanto menor resistencia inducida, por lo que la hélice puede girar más libre y rápidamente, permitiendo el mejor desarrollo de la potencia del motor. Esto le hace el paso idóneo para maniobras en las que se requiere máxima potencia: despegue y ascenso, aunque no es un paso adecuado para régimen de crucero.

Este paso es como las marchas cortas de la caja de cambios de un automóvil, que se emplean para arrancar o subir cuestas empinadas pero no son eficientes para viajar por autopista. Con estas marchas el motor de un automóvil alcanza rápidamente su máximo de RPM, lo mismo que el motor de un avión con paso corto en la hélice.

El paso largo, supone mayor ángulo de ataque y por ello mayor resistencia inducida, lo que conlleva menos RPM la hélice y peor desarrollo de la potencia del motor, pero a cambio se mueve mayor cantidad de aire. Con

este paso, decrece el rendimiento en despegue y ascenso, pero sin embargo se incrementa la eficiencia en régimen de crucero.

Volviendo al ejemplo de la caja de cambios, este paso es como las marchas largas (4a, 5a) que son las más adecuadas para viajar por autopista pero no para arrancar o subir una cuesta empinada. Con estas marchas, el motor del automóvil no desarrolla sus máximas RPM, pero se obtiene mejor velocidad con un consumo más económico, exactamente lo mismo que un avión con la hélice puesta en paso largo.

En algunos manuales, se identifica el paso corto con velocidades pequeñas del avión debido a que las maniobras en las cuales está indicado este paso (despegue, ascenso) implican baja velocidad en el avión. Por la misma razón se identifica el paso largo con altas velocidades (crucero).

#### **1.2.4.3 Hélice de Velocidad constante**

Es una hélice de paso variable, cuyo paso se regula de forma automática, manteniendo fija la velocidad de giro de la hélice, con independencia de los cambios de potencia en el motor. Estas hélices tienen un regulador que ajusta el paso de las palas para mantener las revoluciones seleccionadas por el piloto, utilizando más eficazmente la potencia del motor para cualquier régimen de vuelo.

#### **1.2.4.4 Hélice controlada a mano**

En este caso el piloto controla el cambio de ángulo en cada una de las fases de vuelo es decir para el despegue al colocar en posición la válvula o el interruptor que actúa el mecanismo cambio de paso y escoge un ángulo de paso bajo este ángulo da alto rendimiento de potencia del motor y RPM para la aceleración rápida tan pronto se eleva cambia las palas a un paso de ángulo mayor para el ascenso y cuando alcanza la altura de crucero voltea las palas a un ángulo todavía mayor.

Como desventaja diríamos que el piloto tiene que estar pendiente del ángulo para evitar la excesiva sobrecarga o exceso de velocidad del motor.

La hélice controlada manualmente puede ser modificada a una hélice de velocidad constante implementando un gobernador en el lugar de la válvula o interruptor es la única diferencia que puede existir entre estas dos clases de hélices las hélices de paso variable se subclasifican con a operación de algunos dispositivos de cambio de paso y pueden ser hidráulicos, eléctricos o mecánicos para el cambio de paso hidráulico necesitamos una presión de un fluido en este caso es utilizado el aceite, para la operación eléctrica necesitamos de un motor, y para la operación mecánica se necesita una fuente de energía mecánica.

## **Puesta en bandera**

La mayoría de aviones bimotores y multimotores tienen el sistema de puesta en paso de bandera que permite detener la combinación de la hélice y el motor durante el vuelo es una norma de seguridad en el vuelo y es utilizada por lo general cuando existen problemas en la hélice o el motor durante el vuelo. Una hélice puesta en paso de bandera se voltea en relación al viento en una posición aerodinámica en esta posición no ofrece una resistencia al avance del avión desde luego los aviones monomotores no poseen este sistema ya que si se detiene el motor no pueden seguir en vuelo.

Algunos aviones permiten que se coloquen las palas en un ángulo plano o neutral esta acción permite que el avión tenga un frenado o empuje del avión hacia atrás y se lo conoce como frenado aerodinámico esto permite que aviones de gran tamaño puedan aterrizar en pistas cortas al igual que economiza el desgaste de los frenos de las ruedas.

### **1.3 HÉLICE HARTZELL HC-B3TN-3D**

#### **1.3.1 Características Generales**

La Hélice Hartzell es de fabricación Americana construida por la Casa Hartzell; es una hélice de velocidad constante, paso reversible, embanderamiento completo, y funciona hidromáticamente.



**Figura 1.17. Hélice Hartzell HC-B3TN-3D del Avión Twin Otter**

A continuación en la Tabla 1.1 se presenta la especificación de la Hélice Hartzell HC- B3TN-3D.

**Tabla 1.1. Especificaciones de la Hélice Hartzell HC- B3TN-3D**

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| HC                     | Hélice controlable         |
| B                      | Diseño Básico de la hélice |
| 3                      | Número de palas            |
| T                      | Espiga básica              |
| N                      | Eje tipo pestaña           |
| 3D                     | Modificaciones menores     |
| Diámetro de la hélice  | 8 pies 6 pulgadas          |
| Peso                   | 134 libras                 |
| Paso Alto              | 27 grados                  |
| Paso fino de vuelo     | 17 grados                  |
| Bandera                | 87 grados                  |
| Reversa                | -15 grados                 |
| Relantí en tierra      | 11 grados                  |
| RPM de descolaje       | 2200 ± 25                  |
| Relación de Rotación   | -15 a 1                    |
| Estación de referencia | 30 pulgadas                |

### 1.3.2 Posición de Bandera (87° grados)

La Hélice se pone automáticamente en esta posición cuando el motor del avión pierde presión o ha detectado alguna falla en vuelo y su finalidad es, poner su perfil aerodinámico de tal forma que el aire de impacto no reste el avance de la aeronave dando lugar a que el piloto pueda controlar el avión con un solo motor.



**Figura 1.18. Hélice en posición de bandera**

#### 1.3.2.1 Causas por las que se produce el embanderamiento

El sistema de hélices del avión twin otter, consta de un sistema de seguridad que consiste en el autoembanderamiento y este se produce cuando tenemos la presencia de:

- Baja de presión de aceite.
- Bajo torque.
- Bajas RPM.

Al tener estas tres condiciones automáticamente la hélice se embandera.

Otra seguridad es el tope de las palancas de la hélice, al llegar a la posición de bandera se presiona este mecanismo para completar su recorrido a la posición de bandera.

### 1.3.3 Paso Bajo (17°)

Es el ángulo en el cual la hélice proporciona la tracción necesaria para el despegue y para el aterrizaje.



**Figura 1.19. Hélice en paso bajo**

### 1.3.4 Paso Alto (27°)

Su finalidad es al igual que en los automotores de cambiar de marcha y reducir el esfuerzo del motor durante el vuelo, este ángulo se utiliza en vuelo de crucero.



**Figura 1.20. Hélice en paso alto**

### 1.3.5 Paso de Reversa (-15°)

Este ángulo se utiliza para aterrizar en pistas cortas poniéndose en un ángulo negativo, el mismo que en vez de producir tracción sirve para frenar a la nave, a la vez es un freno aerodinámico, hay que aclarar que la reversa se la utiliza únicamente en tierra.



Figura 1.21. Hélice en posición de reversa

## 1.4 PARTES Y COMPONENTES

### 1.4.1 Conjunto de Palas

Las palas están construidas de aleación de aluminio, en su raíz se ubica un cojinete que evita la fricción entre la pala y el conjunto de la cruceta.

Las palas van sujetas a la cruceta por medio de dos abrazaderas las mismas que van debidamente torquedadas y frenadas.



**Figura 1.22. Conjunto de las Palas**

#### **1.4.2 Conjunto de la Cruceta**

Esta construida de acero, la misma soporta a las tres palas y resiste la fuerza centrífuga ejercida en la rotación que proporciona la turbina, en su parte posterior esta ubicada un eje tipo pestaña que sujeta por medio de ocho pernos al eje de la caja reductora de velocidad.

#### **1.4.3 Conjunto de la Cúpula**

En el interior de este conjunto recibe la presión de aceite para cambiar el ángulo o paso de la hélice, este conjunto esta compuesto por un pistón y un embolo el mismo que va directamente acoplado a las abrazaderas que sujetan

a las palas llevando consigo al momento de desplazarse hacia delante la presión de aceite en el interior de este conjunto llamado cúpula.

#### **1.4.5 Conjuntos a Fines**

En este conjunto existen los siguientes componentes:

- El gobernador principal.
- El gobernador de sobre velocidad.
- El FCU y

##### ***a) Gobernador Principal o de Velocidad Constante.-***

Este conjunto se encuentra localizado en la parte superior frontal de la caja de reducción de velocidad y su principal función es controlar el paso de la hélice por medio de la presión de aceite del motor. El gobernador principal no es nada más que una bomba del motor que controla la presión de aceite del motor y trabaja con una presión de 380 +- 10 PSI. Las RPM requeridas para el decolaje son 2.200 +- 25.

##### ***b) Gobernador de Sobre velocidad.-***

Como su nombre lo indica es un conjunto auxiliar del gobernador principal su función específica es controlar cuando la hélice tiende a alcanzar un régimen de sobre velocidad, es decir cuando el indicador alcanza las 104%

RPM (sobre las 2400 RPM) momento en que entra a funcionar enviando mas presión de aceite ayudando de esta manera al gobernador principal que tiende a perder el control de la hélice corrigiendo así las RPM indicadas en el instrumento.

**c) *El FCU.-***

Se puede señalar que a más de los dos gobernadores mencionados se tiene el control de combustible que constituye otro conjunto, mismo, que controla las RPM de la hélice por medio de la palanca de potencia.

**1.4.6 Palancas de Control de la Hélice**

Estas palancas se encuentran en la consola superior de la cabina de control, se mueve en las ranuras marcadas PROP-BANDERA-INCREMENTO y están conectadas por medio de cables y poleas a su gobernador; su función es cambiar los ángulos de las palas y controlar las RPM de la hélice.



**Figura 1.23. Palancas de control de la hélice**

Las RPM. Están indicadas por el instrumento NP en el panel de la cabina. Los seguros de fricción ayudan a mantener las palancas en la posición requerida.

En el recorrido de las palancas existe un tope para prevenir un embanderamiento inadvertido, pero empujando la palanca y continuando el movimiento hacia atrás se puede embanderar las hélices. Un mecanismo de seguro entre la palanca de hélices y los aceleradores está instalado para prevenir el movimiento de los aceleradores más atrás de relantí, si las dos palancas de la hélice se encuentran a menos de 91% de RPM de la hélice, la operación individual de cualquiera de las hélices por sobre 91% de RPM desconecta su palanca interconectada.

Para cambiar el ángulo de la pala desde bandera a paso fino se coloca la palanca de condición hacia delante, la misma que envía aceite a través del

governador de la hélice hasta la cúpula, el aceite empuja hacia atrás el pistón haciendo que las palas cambien el ángulo.

#### **1.4.7 Switch de Prueba de Beta.-**

Es un switch de dos posiciones marcada ENSAYO, LIMITES, BETA su función es de facilitar la prueba de protección de beta en tierra.

#### **1.4.8 Luces Indicadoras de Beta.-**

Existen dos luces indicadores marcadas BETA RANGE Left y Right se iluminan cuando las palas de las hélices decrecen hasta -9 grados.

#### **1.4.9 Luz de condición de las Hélices.-**

Un mecanismo enciende la luz de precaución en el panel anunciador, marcado HELL MAX. Cuando los aceleradores son retardados a menos de 75 % de NG y con las palancas de las hélices a menos de 91% de NP.

#### **1.4.10 Luz de Prueba de la Palanca.-**

Es de color verde, la luz de ensayo de BETA BACK up indica que el sistema esta desarmado es decir que la palanca de potencia ha sacado de beta a las hélices.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA HÉLICE HARTZELL**

Cada hélice tiene un diámetro de 8' y 6" su peso es de 134 libras, cada uno de los pasos tales como el de reversa ( $-15^{\circ}$ ), paso fino ( $17^{\circ}$ ), paso alto ( $27^{\circ}$ ) y bandera ( $87^{\circ}$ ) son medidos en la estación 30 de la pala, su relación de rotación es de 15 a 1 es decir 15 revoluciones de la turbina y un giro de la hélice.

Cada uno de estos pasos es controlado por un campo de velocidad constante y por las palancas adaptadas a las hélices a través del gobernador localizado en la parte frontal del motor en su posición de embanderamiento tenemos un ángulo de  $87^{\circ}$ .

Cada hélice tiene incorporado un gobernador de sobre velocidad, un sistema de auto-embanderamiento automático y un sistema eléctrico de emergencia que sirve para prevenir que la hélice vaya a un ángulo menor al relantí ( $11^{\circ}$ ) a menos de que se lo seleccione.

### **1.5.1 Paso Beta de la Hélice**

El recorrido del campo beta de la hélice es la parte del recorrido total de la hélice que puede ser controlada por el acelerador, se extiende desde más  $17^{\circ}$  en el campo de empuje positivo, hasta menos ( $-15^{\circ}$ ) en el campo de reversa.

El tope de paso fijo controlado por el gobernador de la hélice es (17°) y se constituye en el límite de control de la velocidad constante con las palancas de la hélice.

Todo movimiento del acelerador hacia reversa disminuye el ángulo de las palas sin cambiar la potencia del motor en la primera pulgada de su recorrido hacia reversa. Desde aproximadamente 0 del ángulo de las palas la potencia de la turbina aumenta hasta alcanzar el máximo empuje negativo con -15.

#### **1.5.2 Velocidad Constante.-**

El cambio de ángulos es realizado por medio de un gobernador.

#### **1.5.3 Hidromática.-**

Su trabajo se realiza por medio de presión de aceite del motor.

#### **1.5.4 Paso Variable.-**

Por que incorpora varios cambios de ángulos.

La hélice se halla dividida en los siguientes conjuntos:

- Conjunto de palas.
- Conjunto de la cruceta.
- Conjunto de la cúpula o domo.
- Conjunto del Spinner.

### **1.5.5 Sistema de Auto-embanderamiento.-**

Su función es embanderar automáticamente la hélice a fin de disminuir las fuerzas asimétricas sobre el avión en caso de una baja potencia, falla del motor durante el despegue o aterrizaje.

La hélice se embandera entre los 11 y 12 PSI en un despegue normal el sistema está armado, y si el piloto retrocede las palancas de potencia a IDLE en un aborto, la hélice no se embandera abriéndose un circuito eléctrico para impedir su auto embanderamiento.

La prueba del gobernador de velocidad constante se lo hace conectando el switch de prueba el mismo que energiza a la válvula drenando el aceite del gobernador permitiendo que la hélice incremente el paso dando una indicación máxima de NP aunque se incremente la potencia.

El gobernador de sobre velocidad de la hélice está montado en la caja de engranajes de reducción y la función es:

Si existe una falla del gobernador de velocidad constante este gobernador impide que sobrepase la velocidad de 2200 RPM.

### **1.5.6 Reversa.-**

La reversa en el avión entra a funcionar cuando el tren principal y el de nariz topan tierra ya que tiene dos seguros; los mismos que impiden que el avión entre en condición de reversa en vuelo.

## **Seguridades del Avión.-**

El sistema de hélices del avión TWIN OTTER el cual la casa constructora ha ideado el sistema de seguridad que consiste en el autoembanderamiento y este se produce cuando se tiene la presencia de:

- Baja presión de aceite,
- Bajo torque,
- Bajas RPM.

Al tener estas tres condiciones automáticamente la hélice se embandera. Otra seguridad es el tope de las palancas de la hélice al llegar a la posición de bandera existe un tope el mismo que se debe presionar para completar su recorrido a la posición bandera.

## **1.6 MANTENIMIENTO DE LA HÉLICE**

### **1.6.1 Cuidado de la hélice:**

Evite el operar el avión en áreas saturadas de arena gruesa o cascajo, por que las piedras pueden ser levantadas contra la hélice y causando grietas en las palas por tal motivo hay fatiga del material.

Cuando despegue en una pista cuya superficie no es pavimentada, se puede minimizar la posibilidad de daño a la hélice, dejando que el avión lentamente empiece a carretear antes de aplicar potencia de despegue, todo depende del largo de la pista.

**Precaución:**

- Nunca empuje al avión de la hélice, tampoco tire de ella.
- Mantenga las hélices libre de manchas y otros materiales nocivos.
- Asegure las hélices cuando el avión esta estacionado.

**1.6.2 Daño de la Hélice:**

Cuando las palas presentan rajaduras, picaduras en el borde de ataque o de salida, en el lado plano o curvo, es importante dar el mantenimiento adecuado por que una desportilladura pequeña puede ser tan perjudicial como una mayor y se debe corregir estos desperfectos antes que el aeroplano salga a volar. La tolerancia de picadura en estas palas es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada en el borde de ataque y  $\frac{1}{8}$  de pulgada de profundidad en la cara de la pala.

**Reparación:**

Las palas desportilladas, rayadas y picadas, generalmente pueden ser reparadas por un mecánico competente.

**1.6.3 Equipo Requerido:**

- a) Limas finas redondas y planas.
- b) Papel esmeril o tela de esmeril P-C-1673.

- c) Un lente de aumento de 10X.
- d) Tela de pulimentado fina P-C-458.
- e) Tinta penetrante de inspección, Método MIL-L-6866.
- f) Pintura Polane Hartzell o capa de conversión química MIL-C-5541.

#### **1.6.4 Reportajes:**

Los reportajes y reparaciones de la hélice pueden llevarse a cabo usando limas finas.

Se debe mantener en cuenta de que todas las reparaciones de la hélice deben efectuarse siempre paralelas a la hélice (perpendicular al eje central).

#### **Precaución:**

Bajo ninguna circunstancia se aceptará reparaciones de parche, o moviendo material en frío, o quizás ocultando daño. Es imperativo que no se utilicen estos procedimientos.

##### **a. Bordes de ataque y de salida de las palas:**

- 1) Empiece con una lima, tratando de quitar poco a poco la rebaba de la picadura.

- 2)** Quite el material siempre siguiendo un movimiento uniforme y hacia fuera, tratando de mantener el mismo perfil.
  - 3)** Trate de borrar la huella de la lima misma con la tela esmeril o con una lija muy fina (92, cartilla 201,91-00-00).
  - 4)** Pulimente el área con tela de pulimentar (93, cartilla 201,91-00-00).
  - 5)** Inspeccione el área con un lente de aumento de 10X, y con un tinte penetrante (94, cartilla 201,91-00-00). Asegúrese que no haya daño ninguno.
  - 6)** Todas las áreas reparadas deben ser tratadas químicamente para evitar corrosión. Use una capa de conversión química o pintura Polane (68, cartilla 201,91-00-00).
- b.** La sección de curva y superficie deben ser reparadas utilizando los mismos métodos que los que se usaron para reparar los bordes de ataque. Sin embargo las reparaciones que forman una línea continua a través de la sección de la pala, no son aceptables.
- c.** Las piezas de acero del cubo no deben permitirse que se oxiden. Cuando el bañado de cadmio se ha gastado lo suficiente como para no

proteger el metal adecuadamente, la superficie debe ser limpiada y tratada con pintura Polane (91, cartilla 201, 91-00-00).

#### **1.6.5 Procedimiento de Inspección:**

Hay inspecciones de Pre-vuelo y Post-vuelo, inspeccione las palas para determinar si hay desportilladuras o picaduras. El cono de la hélice debe ser inspeccionado también. Cualquier daño debe repararse antes y después del vuelo. Inspeccione si hay fugas de aceite.

#### **A. Inspección detallada de 50 horas:**

- a. Quite el cono de la hélice.
- b. Inspeccione la hélice para determinar si esta desportillada o picada.
- c. Inspeccione la cruceta de la hélice y determine si esta rajado o si hay desgaste excesivo.
- d. Revise los componentes del cubo y pistón y determine el desgaste de las piezas del mismo.
- e. Asegúrese de que no hay fugas de aceite.
- f. Lubrique las abrazaderas de las palas a través de los graseros. Tenga cuidado de no sobre llenar los graseros, por que se romperá el sello.

## 1.6.6 Mantenimiento del Conjunto de Embanderamiento

### a) Desmontaje del Resorte en Posición de Bandera

#### **Precaución:**

El montaje del resorte de posición en bandera es precargado aproximadamente 1000 libras de fuerza. Use extrema precaución cuando este removiendo esto de la hélice.

- Remueva el alambre de seguridad del capuchón retenedor del resorte, y use una llave para destornillar el capuchón retenedor del resorte.
- Remueva el conjunto del resorte y use el banco para comprimir el resorte para el desmontaje.

En la compresión de los resortes se utiliza la prensa hidráulica poniendo un acople en la base de los resortes.



**Figura 1.24. Acople entre el Resorte y la Prensa Hidráulica**

Para hacer este trabajo se utilizará también la herramienta especial con un sistema de atornillamiento, siendo esta la forma más segura y eficiente de comprimir los resortes para extraer y colocar los seguros.



**Figura 1.25. Herramienta Especial de Atornillamiento**

Se desarma el conjunto de resortes en su totalidad y se manda al departamento de ensayos no destructivos (NDI) para que se realicen las pruebas convenientes que por lo general es la de partículas magnéticas.

En este tipo de piezas la reestructuración y reparación de sus materiales es muy rara, por lo general se cambia todo el conjunto si este no cumple las normas que exigen los ensayos no destructivos

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

#### 2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

##### 2.1.1 Primera Alternativa

Herramienta Especial de Atornillamiento con Volante para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D.



**Figura 2.1. Herramienta Especial de Atornillamiento con Volante**

**Ventajas:**

- Requiere de un solo técnico para ser operada.
- Facilidad de traslado de la herramienta.
- Facilidad de operación de la herramienta.
- Tiempo corto de operación.
- Control preciso y seguro de la tensión de los resortes.
- Acoplamiento preciso entre la herramienta y el conjunto de embanderamiento.
- Bajo índice de riesgos y daños profesionales.
- La operación es totalmente manual, no requiere de energía externa.

**Desventajas:**

- La utilidad de esta herramienta es solo para determinadas series de las hélices hartzell.
- La operación se la debe realizar con la herramienta asegurada en una mesa o base.

### 2.1.2 Segunda Alternativa

Utilización de Prensa Hidráulica para comprimir el conjunto de resortes de embanderamiento.



**Figura 2.2. Prensa Hidráulica**

#### **Ventajas:**

- El técnico no utiliza su fuerza en la compresión del conjunto de resortes.
- Sirve para todo tipo de hélices que tengan el sistema de embanderamiento.
- Control total de la presión ejercida por la máquina.

## **Desventajas:**

- Costo elevado de construcción.
- Complejidad para trasladar el equipo.
- Índice muy elevado de riesgos y daños profesionales.
- Requiere más de un técnico para realizar la operación.
- Tiempo extenso de operación.
- Acoplamiento indebido entre máquina y conjunto de resortes.
- Su utilización requiere de personal altamente calificado.

## **2.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

En función de las ventajas y desventajas que presenta cada una de las alternativas, se evaluará cada parámetro con el fin de determinar una opción a través de la obtención del valor más alto en la calificación de parámetros, para posteriormente de acuerdo a los aspectos técnico, económico y complementario seleccionar la mejor alternativa de acuerdo a las necesidades de servicio y a los aspectos antes mencionados.

A continuación se establece cada uno de estos parámetros:

- **Factor de ponderación:** Comprendido entre los valores de 0 a 1.
- **Evaluación:** Se le asignará valores comprendidos entre 7 a 10.

La evaluación estará comprendida de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 2.1. Evaluación cualitativa y cuantitativa**

| CUALITATIVA   |    | CUANTITATIVA |
|---------------|----|--------------|
| SOBRESALIENTE | S  | 10           |
| MUY BUENA     | MB | 9            |
| BUENA         | B  | 8            |
| MALA          | M  | 7            |

### 2.2.1 Aspecto Técnico:

- a) Funcionabilidad.-** Trata sobre las características del equipo, tanto como: estructura, elementos mecánicos; con el fin de que cumplan con los fines para los que fueron construidos e instalados. Por la importancia de este parámetro se le asigna un valor de 0.9.
- b) Rendimiento.-** Se refiere al grado de eficiencia y seguridad en la operación del equipo y sus componentes, para que cumplan con la finalidad por la cual fueron creados. Por el grado de importancia a este parámetro se le asigna un valor de 0.9.

- c) Facilidad de Operación y Control.-** Se refiere a la percepción, facilidad y sencillez para operar y controlar el equipo y sus componentes, mientras se realiza la utilización de los mismos. A este parámetro se le asigna un valor de 0.9.
- d) Materiales.-** Trata del tipo de material recomendable y su facilidad de adquisición para que la construcción sea óptima sin dar lugar a retrasos. Este parámetro tiene un valor de 0.7.
- e) Proceso de Construcción.-** Cada alternativa va a requerir de componentes, piezas, elementos con tolerancia de construcción adecuados de acuerdo a su aplicación. A este parámetro se le da un valor de 0.8.
- f) Fiabilidad.-** Se refiere a la probabilidad de buen funcionamiento, es decir que ofrece seguridad o buenos resultados de acuerdo a su funcionamiento. A este parámetro se le asigna un valor de 0.8.

### **2.2.2 Aspecto Económico:**

- a) Costo de Construcción.-** La selección de la mejor alternativa debe de ser la más adecuada con el fin de que permita facilitar la operación de armado y desarmado del conjunto de resortes de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, es importante que la opción más económica tenga prioridad. Este parámetro tiene un valor de 0.7.

### 2.2.3 Aspecto Complementario:

- a) **Tamaño.-** Se refiere al espacio físico que ocupará el equipo. A este parámetro se le asigna un valor de 0.7.
- b) **Forma.-** Trata de los aspectos estéticos de cada uno de elementos, componentes y estructura del equipo. A este parámetro se le asigna un valor de 0.7.

**Tabla 2.2. Matriz de Evaluación**

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN         | FACTOR DE PONDERACIÓN (Ct) | ALTERNATIVAS |         |              |         |
|----------------------------------|----------------------------|--------------|---------|--------------|---------|
|                                  |                            | PRIMERA      |         | SEGUNDA      |         |
|                                  |                            | CUANTI. (Px) | CUALIT. | CUANTI. (Px) | CUALIT. |
| FUNCIONALIDAD                    | 0.9                        | 10           | S       | 8            | B       |
| RENDIMIENTO                      | 0.9                        | 10           | S       | 9            | MB      |
| FACILIDAD DE OPERACIÓN Y CONTROL | 0.9                        | 10           | S       | 7            | M       |
| MATERIALES                       | 0.7                        | 8            | B       | 8            | B       |
| PROCESO DE CONSTRUCCIÓN          | 0.8                        | 9            | MB      | 9            | MB      |
| FIABILIDAD                       | 0.8                        | 10           | S       | 7            | M       |
| COSTO DE CONSTRUCCIÓN            | 0.7                        | 8            | B       | 7            | M       |
| TAMAÑO                           | 0.7                        | 9            | MB      | 8            | B       |
| FORMA                            | 0.7                        | 9            | MB      | 8            | B       |

**Tabla 2.3. Matriz de Decisión**

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN         | ALTERNATIVAS |             |
|----------------------------------|--------------|-------------|
|                                  | PRIMERA      | SEGUNDA     |
|                                  | PxCt.        | PxCt.       |
| FUNCIONALIDAD                    | 9            | 7.2         |
| RENDIMIENTO                      | 9            | 8.1         |
| FACILIDAD DE OPERACIÓN Y CONTROL | 9            | 6.3         |
| MATERIALES                       | 5.6          | 5.6         |
| PROCESO DE CONSTRUCCIÓN          | 7.2          | 7.2         |
| FIABILIDAD                       | 8            | 5.6         |
| COSTO DE CONSTRUCCIÓN            | 5.6          | 4.9         |
| TAMAÑO                           | 6.3          | 5.6         |
| FORMA                            | 6.3          | 5.6         |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>66</b>    | <b>56.1</b> |

### 2.3 DETERMINACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Una vez realizado el análisis y la evaluación de parámetros de cada alternativa, se llega a la conclusión que la primera alternativa, Herramienta especial de atornillamiento para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, es la más óptima para este trabajo ya que presenta mejores condiciones de diseño, rendimiento, fiabilidad y sobre todo seguridad.

## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN**

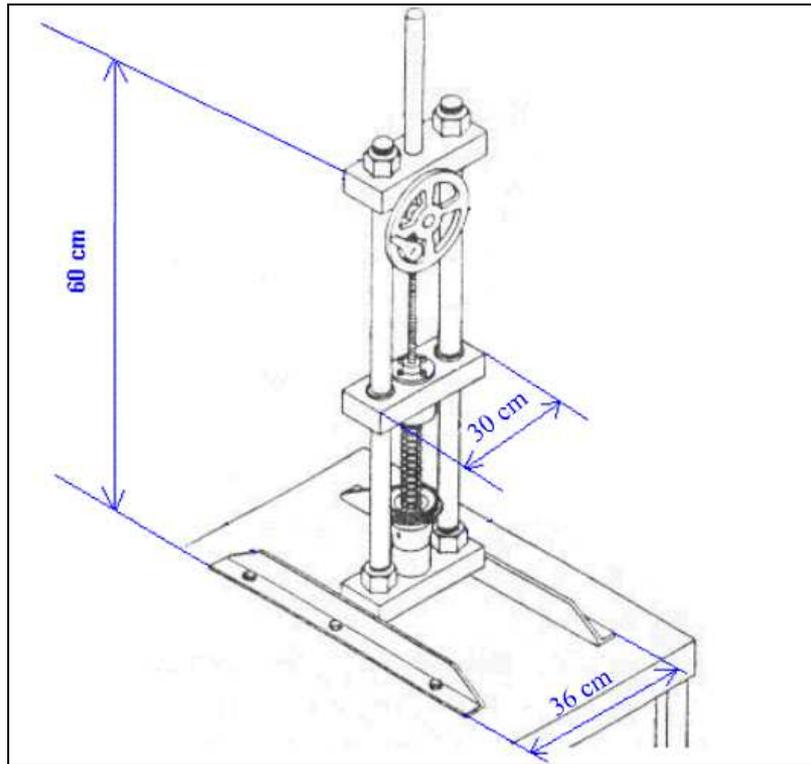
En este capítulo se resume los principales procesos de construcción y ensamble de la Herramienta Especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D.

#### **3.1 DISEÑO**

Es el proceso creativo mediante el cual se le da forma a la Herramienta Especial, para que facilite la operación de armado y desarmado del conjunto de resortes de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D con una resistencia adecuada y no se deforme por la presión de trabajo.

##### **A.- Etapa de Estructuración**

En esta etapa de estructuración se define la configuración estructural principal, el arreglo y las dimensiones preliminares de los elementos más comunes de la Herramienta Especial.



**Figura 3.1. Herramienta Especial para el armado y desarmado del conjunto de resortes de embanderamiento de la Hélice Hartzell HC-B3TN-3D (Diseño original sacado del manual de mantenimiento)**

Cabe mencionar que se debe tomar muy en cuenta la ergonomía de trabajo para la construcción de la Herramienta Especial, la altura del plano de trabajo es muy importante ya que una altura inadecuada conlleva a problemas músculo-esqueléticos, fijar una altura de trabajo es una solución económica y fisiológicamente satisfactoria. De hecho se ha fijado una altura de 60 cm. de esta manera los técnicos que realicen el desmontaje y montaje de los resortes de embanderamiento no tengan problemas músculo-esqueléticos. La anchura y profundidad del banco son factores muy importantes por lo que la anchura es de 36 cm. en la parte inferior, mientras que en la parte media y superior es de 30 cm. para evitar una postura incómoda y perjudicial para el cuello se debe colocar la Herramienta Especial en una mesa de trabajo.

El tratamiento anticorrosivo y el acabado de las superficies de trabajo deben minimizar los reflejos por lo que se realiza un acabado con pintura amarilla sin reflejo.

La elaboración del proyecto fue desarrollado por partes para facilitar la construcción, empleando los mejores recursos y el tiempo de una mejor manera lo cual se explica a continuación:

### **Elementos de Construcción:**

- 1 Eje de transmisión (1 ¼") 31,75 mm. de diámetro x 300 mm. de largo (perno rosca cuadrada).
- 1 Eje de transmisión (2") 50,8 mm. de diámetro x 40 mm. de largo (tuerca rosca cuadrada).
- 1 Eje de transmisión (2 ¼") 57,15 mm. de diámetro x 50 mm. de largo (base de sustentación del resorte).
- Volante con manija (8") 203,2 mm. de diámetro.
- 3 oxicortes de (100 x 300 x 15) mm. (hierro normal).
- 2 ángulos de 300 mm. x (1 ¼") 31,75 mm. x (¼") 6,35 mm.
- 2 ejes de transmisión (5/8") 15,87 mm. de diámetro x 600 mm. de largo (barras).
- 8 tuercas (5/8") 15,87 NF (rosca fina).

Para construir las diferentes partes de la Herramienta Especial, se utilizaron varias máquinas y herramientas existentes en el taller de mantenimiento del COTRAN y en talleres comerciales de Quito.

## MAQUINARIA UTILIZADA

| No. | MÁQUINA             | CARACTERÍSTICAS      | CÓDIGO |
|-----|---------------------|----------------------|--------|
| 1   | Torno Paralelo      | 220 voltios          | M1     |
| 2   | Soldadora Eléctrica | 220 voltios          | M2     |
| 3   | Compresor           | 110 voltios          | M3     |
| 4   | Taladro de Pedestal | 110 voltios          | M4     |
| 5   | Acaladora Portatil  | 110 voltios y o C.C. | M5     |

## HERRAMIENTA UTILIZADA

| No. | HERRAMIENTA      | CARACTERÍSTICAS     | CÓDIGO |
|-----|------------------|---------------------|--------|
| 1   | Sierra sanflex   | grano fino 24 hilos | H1     |
| 2   | Sierra manual    |                     | H2     |
| 3   | Linos            |                     | H3     |
| 4   | Lijas            | No. 21 y 24         | H4     |
| 5   | Brocas           |                     | H5     |
| 6   | Machuelo 5/16 NF |                     | H6     |
| 7   | Limas            |                     | H7     |
| 8   | Tarrajá 5/8 NF   |                     | H8     |

### 3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA HERRAMIENTA

Dimensiones totales de la Herramienta Especial:

|  |  |
|--|--|
| Ancho parte inferior.....              | 360 mm.                                    |
| Ancho parte media y superior.....      | 300 mm.                                    |
| Altura.....                            | 600 mm.                                    |
| Profundidad.....                       | 300 mm.                                    |
| Peso.....                              | 20 kg.                                     |
| Volante.....                           | Ø (8") 203,2 mm.                           |
| Planchas centrales.....                | (100 x 300 x 15) mm.                       |
| Base principal (ángulos).....          | 300 mm. x (1 ¼") 31,75 mm. x (¼") 6,35 mm. |
| Porcentaje de Fuerza del tornillo..... | 277 Kgf.                                   |
| Barras laterales.....                  | Ø (5/8") 15,87 mm. x 600 mm.               |

### 3.3 ELABORACIÓN DE PLANOS

(Ver anexo A).

### 3.4 ANÁLISIS DE MATERIALES A UTILIZAR

Como podemos observar en la figura 3.2 se puede identificar las partes constituyentes de la Herramienta especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D.

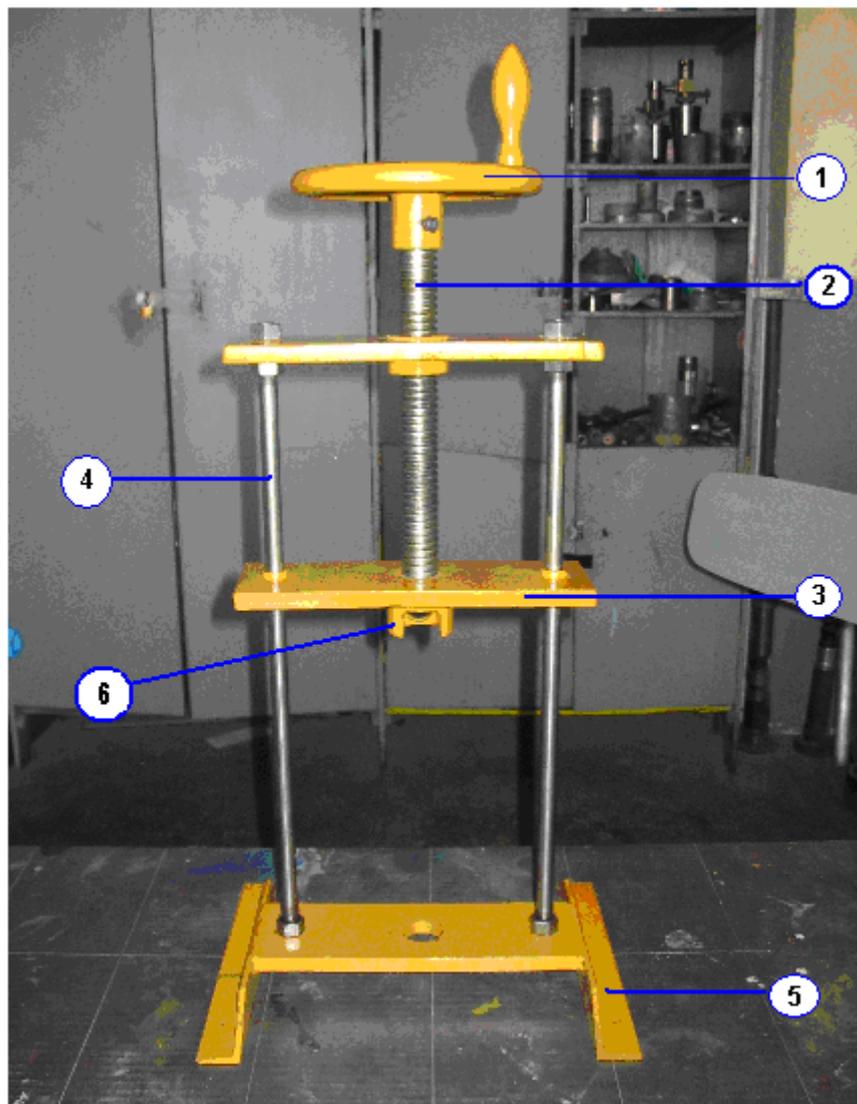


Figura 3.2. Partes de la Herramienta Especial

1. **Volante.-** Es de hierro fundido de diámetro de 8 pulgadas con una manija incorporada, para una mejor operación de la herramienta.



**Figura 3.3. Volante**

2. **Tornillo.-** De rosca cuadrada es fabricada con acero SAE 1040 (eje de transmisión) (ver anexo B) de (1 ¼") 31,75 mm. de diámetro y de 300 mm. de largo, este acero es de mediano contenido de carbono y su aplicación es donde existan cargas medianas y no muy severas como por ejemplo en la industria automotriz, pernos, ejes de anclaje, etc.



**Figura 3.4. Perno de rosca cuadrada**

Las propiedades mecánicas se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 3.1. Propiedades Mecánicas del Acero SAE 1040**

| PROPIEDAD                                   | DIÁMETRO<br>16 mm | DIÁMETRO<br>17-40 mm | DIÁMETRO<br>> 41 mm |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| Esfuerzo de Cedencia, N/mm <sup>2</sup>     | 47                | 41                   | 34                  |
| Resistencia a la Tensión, N/mm <sup>2</sup> | 65-80             | 63-78                | 60-75               |
| Elongación, A5                              | 16%               | 18%                  | 19%                 |
| Reducción de Área, Z                        | 35%               | 40%                  | 45%                 |
| Resistencia al impacto, J                   | 35                | 35                   | 35                  |
| Dureza promedio                             | 200 HB            | 200 HB               | 200 HB              |

**3. Planchas centrales.-** Tres oxicortes de (100 x 300 x 15) mm. de espesor, fabricada de acero estructural ASTM A-36 cuya resistencia a la tensión es de 400 MPa.



**Figura 3.5. Planchas Centrales**

4. **Barras laterales.**- Fabricada de acero SAE 1040 (eje de transmisión) (ver anexo B) de (5/8") 15,87 mm. de diámetro y 600 mm. de largo, se realizan dos roscas a los extremos de 50 mm. de longitud para sujetarlas a las planchas mediante tuercas de sujeción.



**Figura 3.6. Barras laterales**

5. **Base Principal.**- Fabricada de ángulo de 300 mm. x (1 ¼") 31,75 mm. x (¼") 6,35 mm. de longitud, esta soldada a la plancha inferior con electrodos E-6011 cuyas características de encuentran en el **anexo C**.



**Figura 3.7. Base principal**

**6. Base de Sustentación del Conjunto de Resortes.-** Fabricada de acero SAE 1040 (eje de transmisión) de (2 ¼") 57,15 mm. de diámetro x 50 mm. de largo, esta torneada y soldada a un oxicorte para acoplar el conjunto de resortes.



**Figura 3.8. Base de Sustentación**

### **3.5 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL**

La base está elaborada con ángulo de acero estructural de 1 ¼" x ¼", en la que se encuentran soldadas la plancha inferior con electrodos E-6011, en donde se ensambla las barras laterales y en estas la plancha central que contiene dos bujes de bronce fosfórico, también se ensambla a las barras laterales la plancha superior la cual contiene una tuerca de rosca cuadrada soldada a la misma, en la tuerca se instala el perno roscado que en su parte superior se encuentra el volante.

Luego se procede a realizar el tratamiento anticorrosivo a la herramienta Especial y por último se pinta con pintura amarilla y thiñer.

### 3.6 DIAGRAMAS DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Se realizó los respectivos diagramas de procesos para la elaboración de la Herramienta Especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, con el fin de realizar la construcción del mismo de una manera cronológica, y con la siguiente simbología:

 = Operación

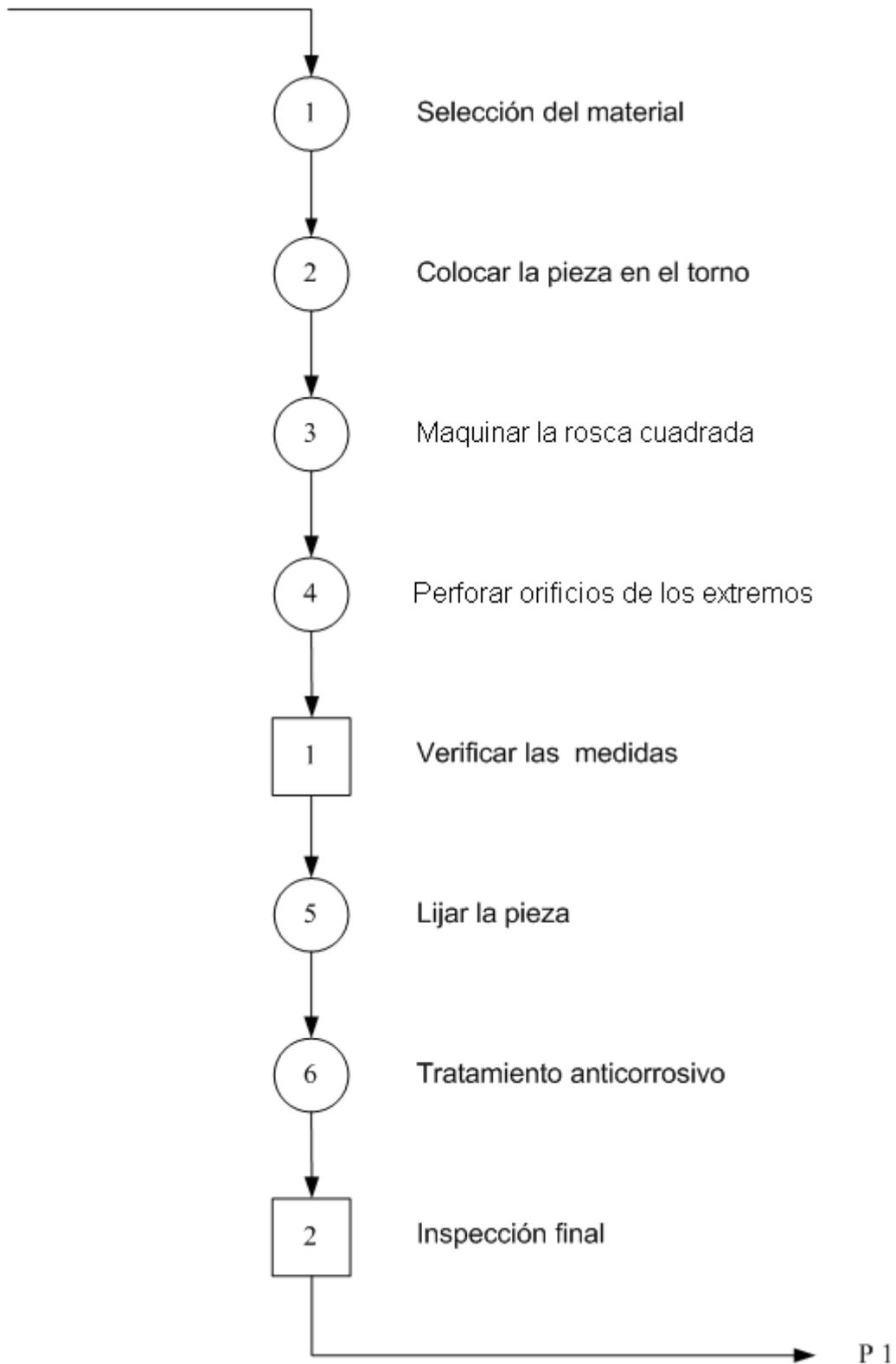
 = Inspección

 = Sub ensamble o producto terminado

 = Proceso

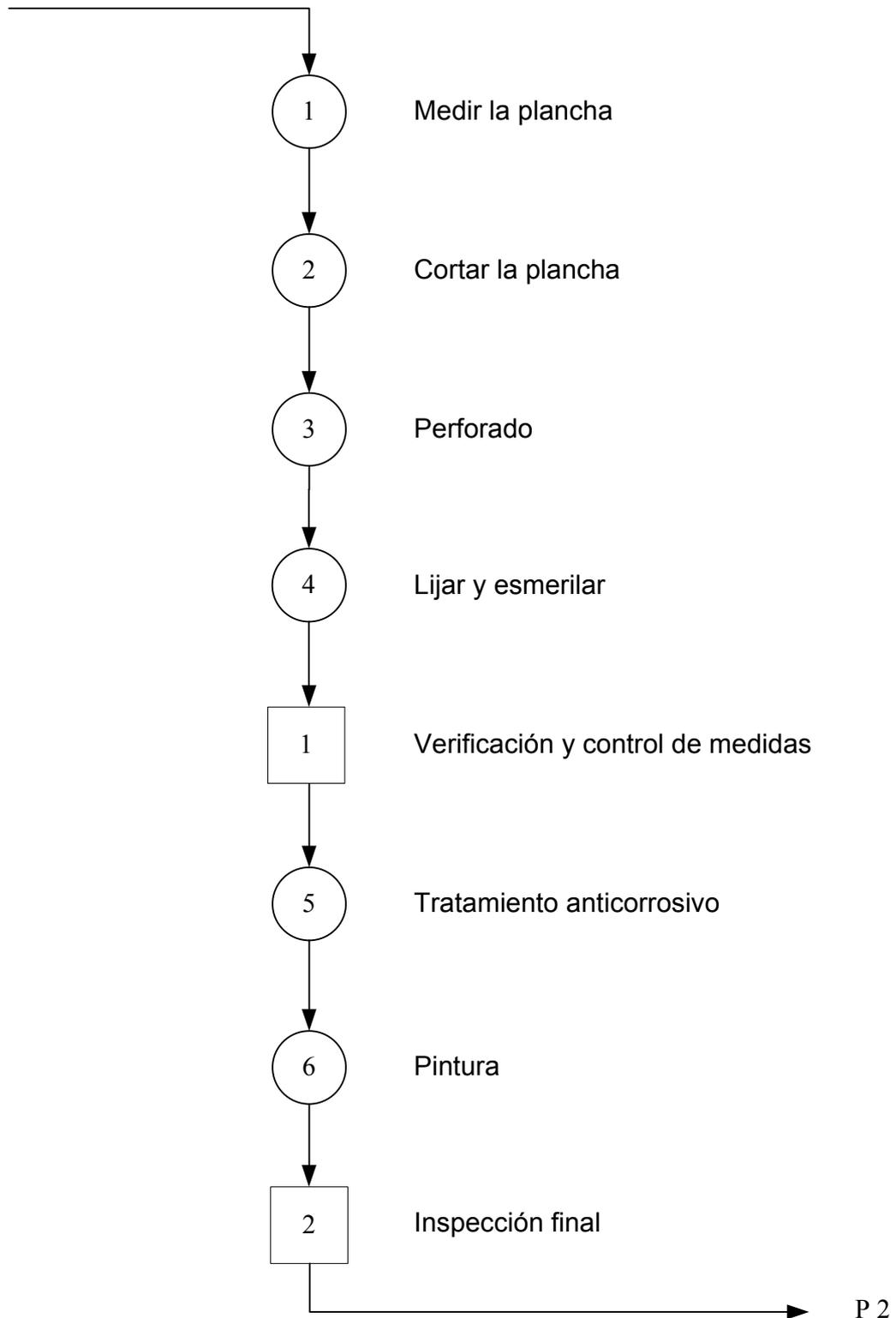
### 3.6.1 Diagrama de procesos de la construcción del tornillo

Material: Acero SAE 1040 (Eje de transmisión) (1 ¼") 31,75 mm. de diámetro x 300 mm. de largo (perno rosca cuadrada).



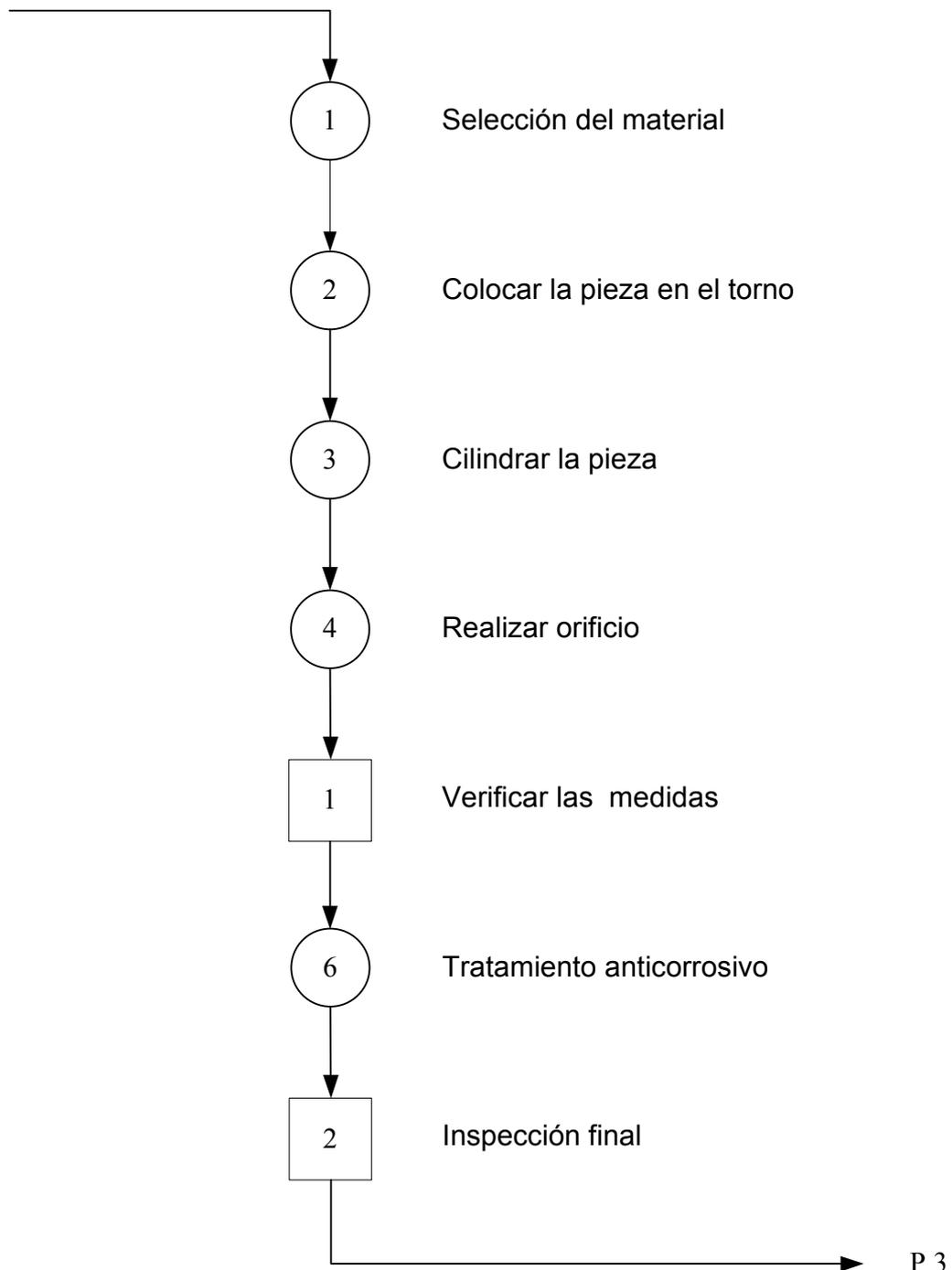
### 3.6.2.- Diagrama de procesos de construcción de las planchas centrales

Material: Acero Estructural ASTM A-36 (ver anexo B)



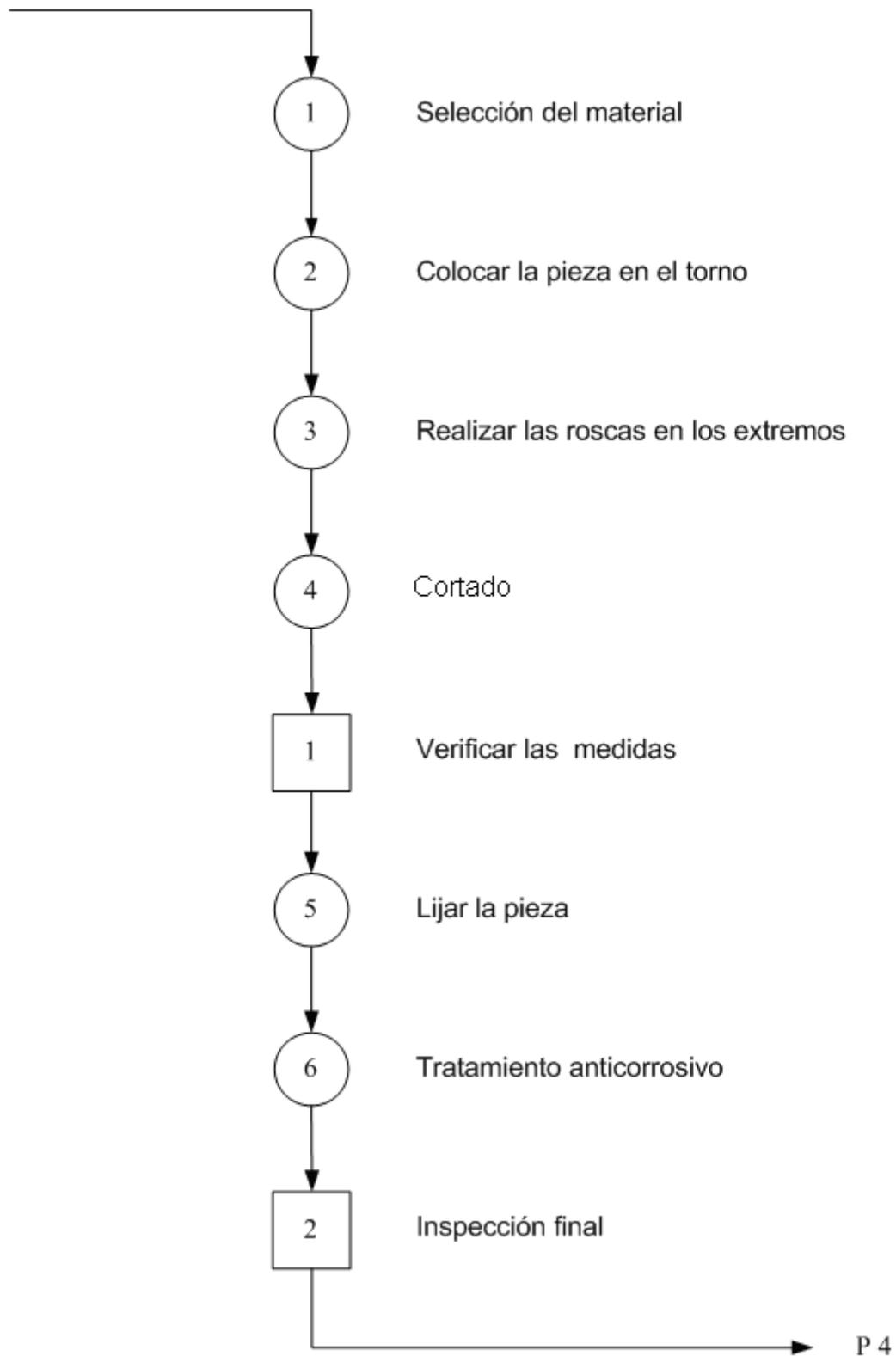
### 3.6.3.- Diagrama de procesos de construcción de los bujes de la plancha central

Material: bronce fosfórico



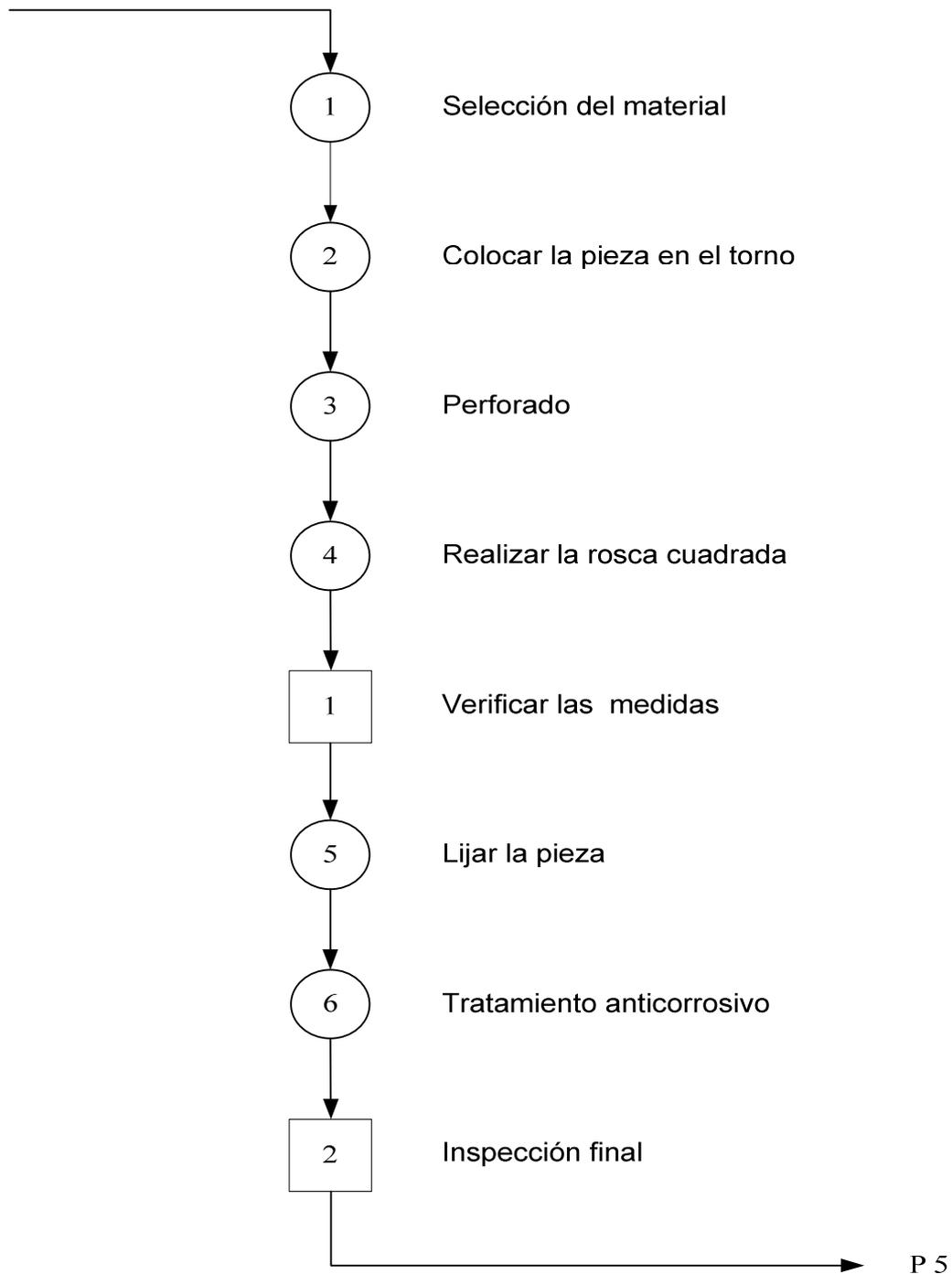
### 3.6.4.- Diagrama de procesos de construcción de las barras laterales

Material: Acero SAE-1040



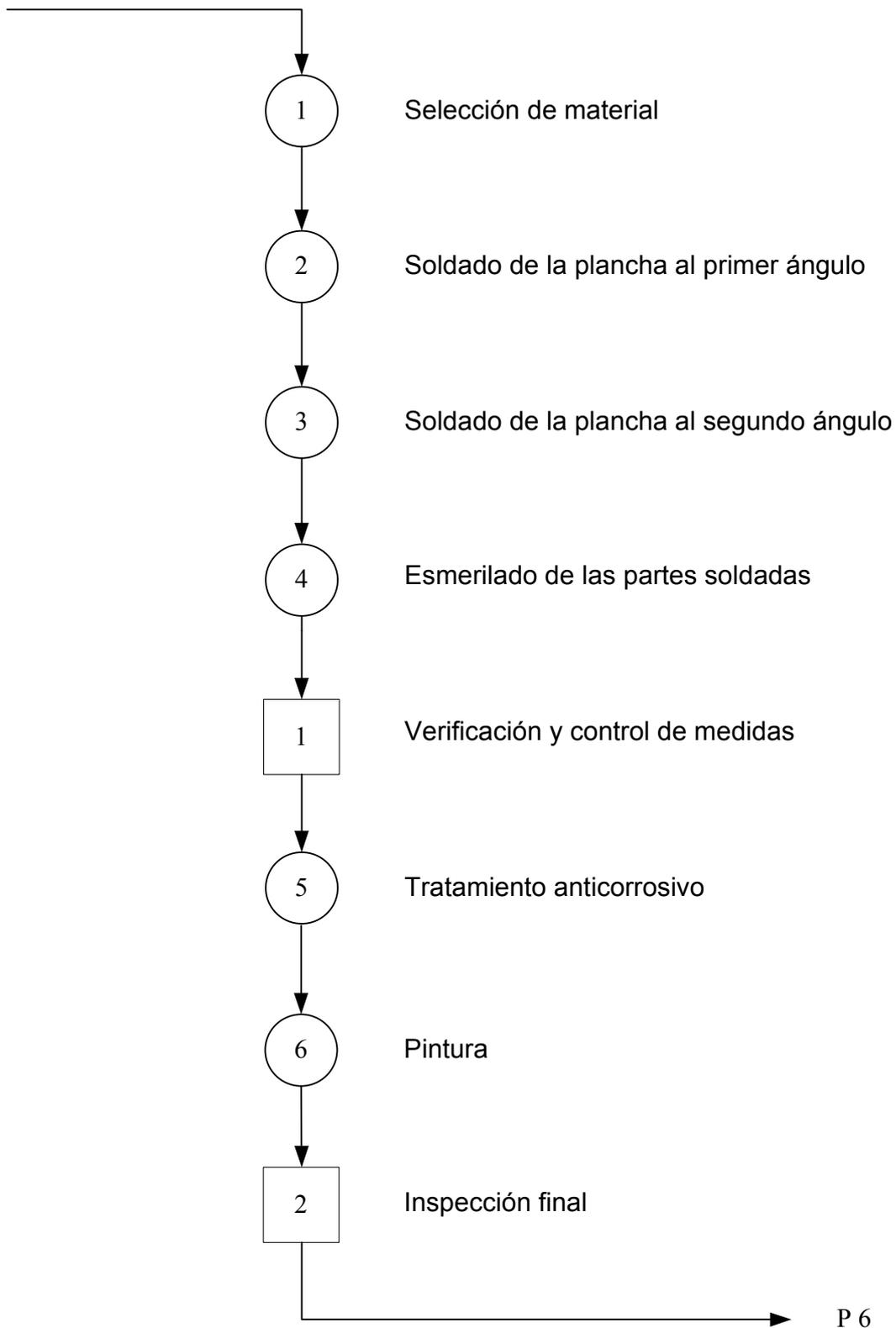
### 3.6.5.- Diagrama de procesos de construcción de la tuerca del perno principal

Material: Acero SAE-1040 (eje de transmisión) de (2") 50,8 mm. de diámetro x 40 mm. de largo (tuerca rosca cuadrada).



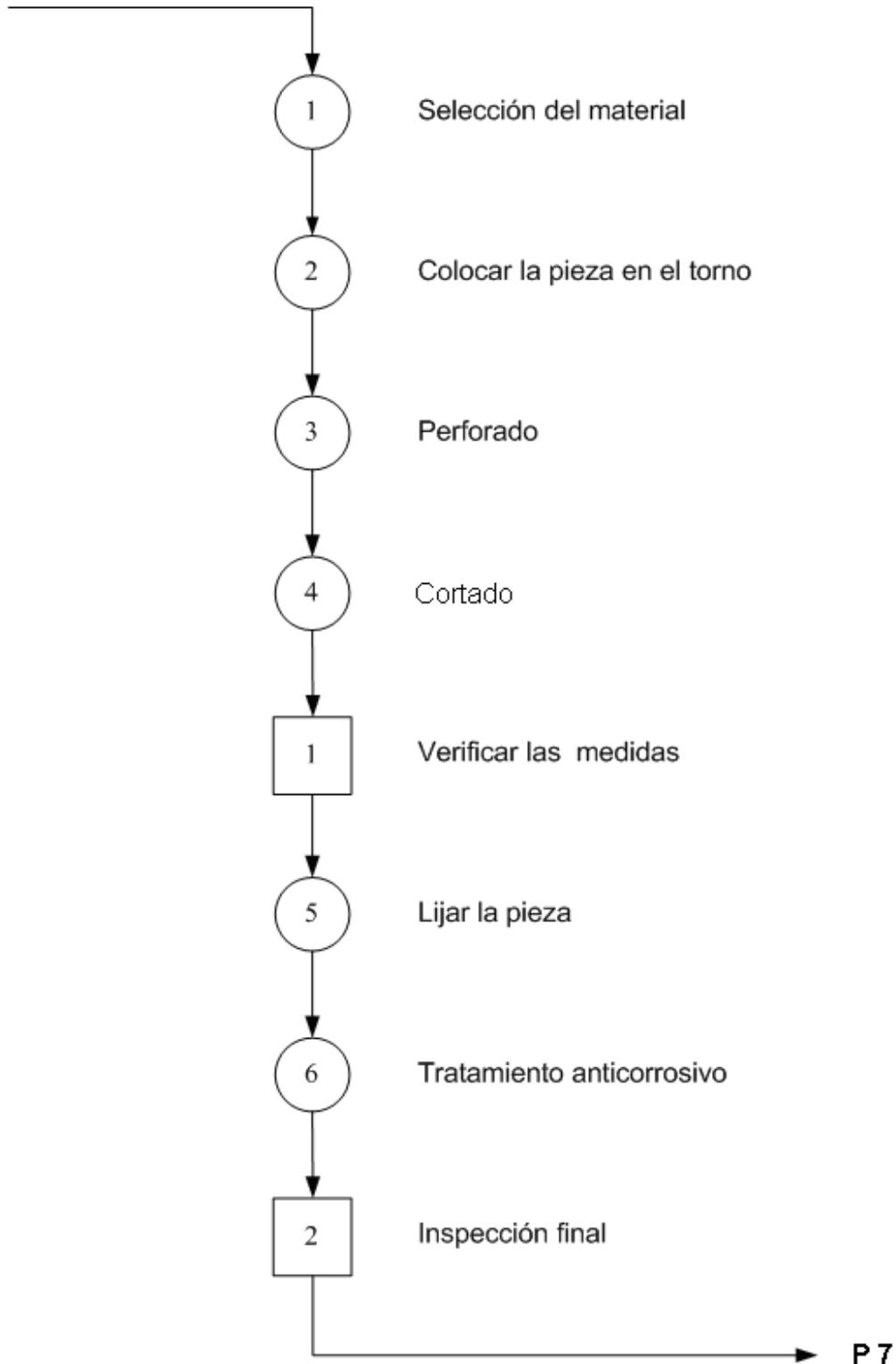
### 3.6.6.- Diagrama de procesos de construcción de la base principal.

Material: Plancha central de acero estructural y ángulo de 300 mm. x  $\{(1 \frac{1}{4}'' )$   
 $31,75 \times (\frac{1}{4}'' ) 6,35\}$  mm.



### 3.6.7.- Diagrama de procesos de construcción de la base de sustentación del conjunto de resortes.

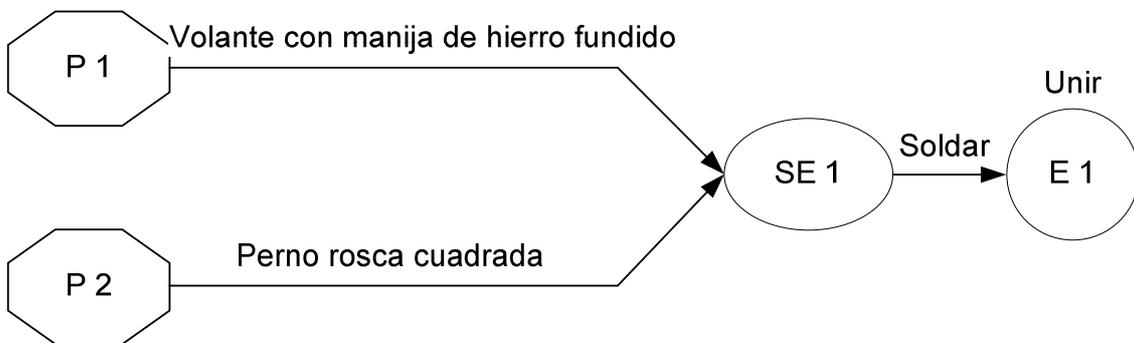
Material: Acero SAE-1040 (eje de transmisión) de (2 ¼") 57,15 mm. de diámetro x 50 mm. de largo.



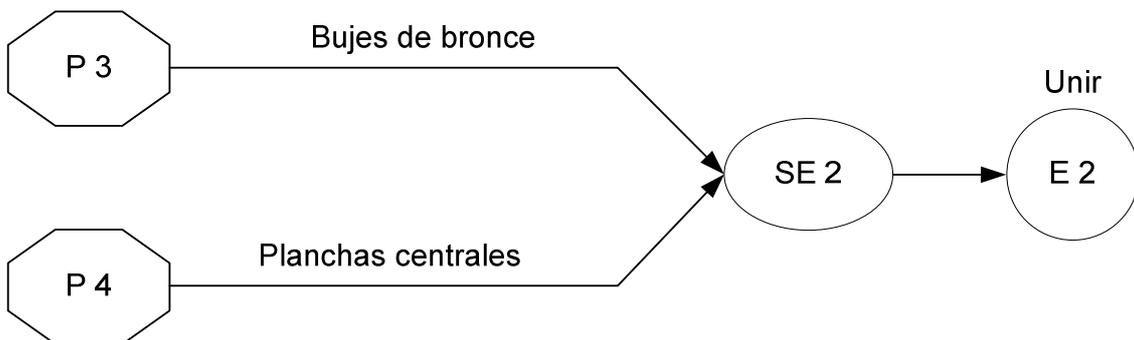
### 3.7.- Diagramas de ensamble.

Para el ensamble de los diferentes elementos que conforman la Herramienta Especial, se debe realizar con mucho cuidado y con la debida seguridad al armar las uniones por medio de soldadura con los electrodos apropiados con las especificaciones técnicas que constan en el **Anexo C**.

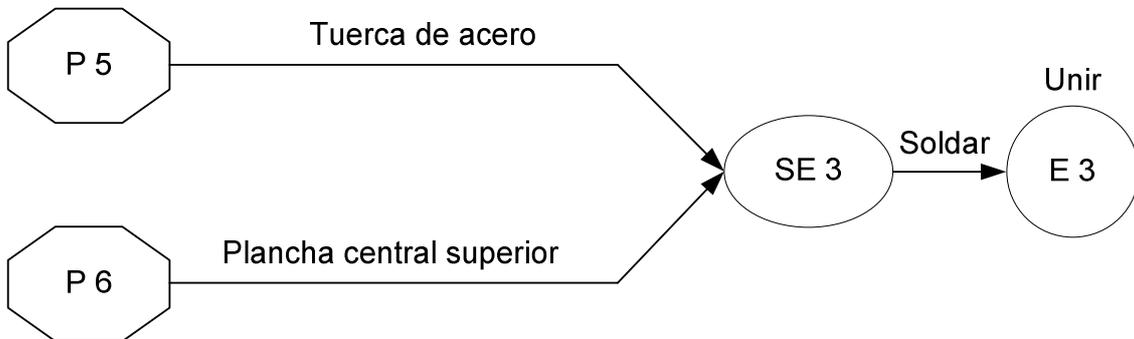
#### 3.7.1.- Diagrama de Sub ensamble del perno al volante



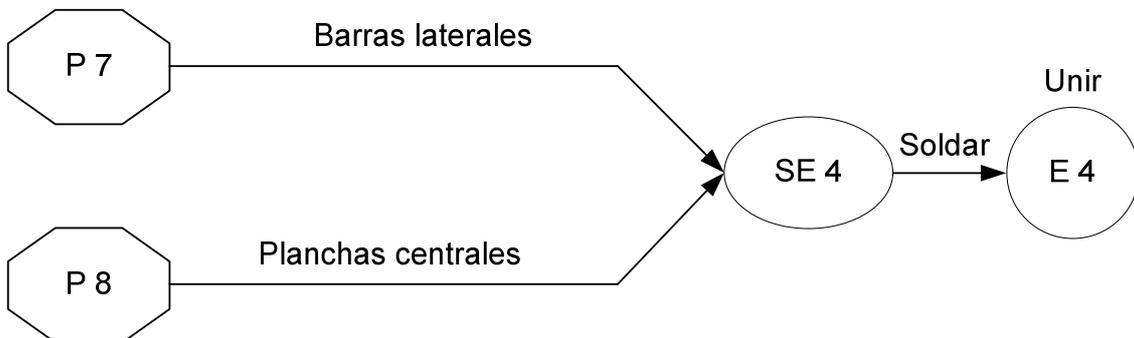
#### 3.7.2.- Diagrama de Sub ensamble de los bujes en la plancha central



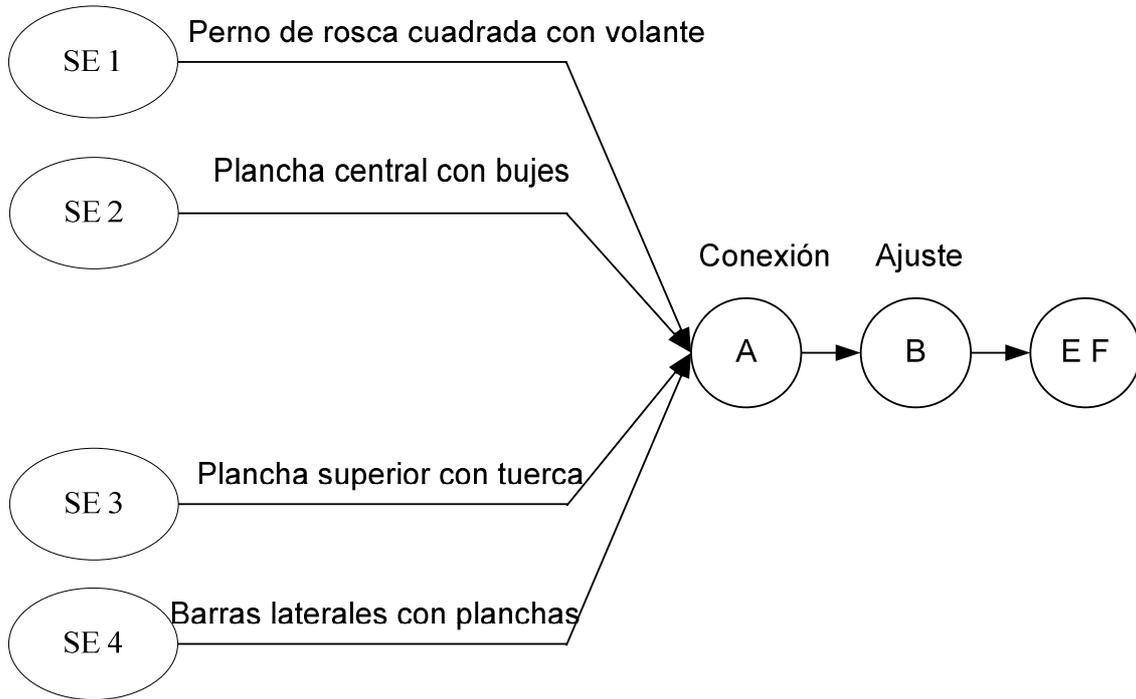
### 3.7.3.- Diagrama de Sub ensamble de la tuerca a la plancha central



### 3.7.4.- Diagrama de Sub ensamble de las barras laterales a las planchas centrales



### 3.7.5.- Diagrama de ensamble final.



### 3.8.- Pruebas funcionales

Al terminar el ensamble de los diferentes elementos que conforman la Herramienta Especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, se procede a realizar una verificación de la configuración correcta de todos los elementos para obtener un acertado funcionamiento de los mecanismos en conjunto, analizando el estado de cada uno de ellos; obteniendo una rigidez y estabilidad adecuada para el trabajo que va a realizar.

**Tabla 3.2. Verificación del funcionamiento de la Herramienta Especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D.**

| <b>ELEMENTOS</b>   | <b>CARGA DE COMPRESIÓN DE 277 Kgf</b> | <b>CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO</b> | <b>CONDICIÓN DE ENSAMBLE</b> |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Estructura         | ✓                                     | ✓                                  | ✓                            |
| Planchas centrales | ✓                                     | ✓                                  | ✓                            |
| Perno              | ✓                                     | ✓                                  | ✓                            |
| Base principal     | ✓                                     | ✓                                  | ✓                            |

Cabe indicar que para el desarmado del conjunto de resortes se aplica una carga de 277 Kgf comprimiendo el conjunto de resortes una distancia de 10 mm. (desde donde ya está comprimido, en total se comprime 600 mm).

**NOTA:** La fuerza con que se comprime a los resortes las distancia indicadas anteriormente, fueron medidas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE).

**(Ver anexo D).**

## **CAPÍTULO IV**

### **ELABORACIÓN DE MANUALES**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

En esta parte se establece los procedimientos de operación, mantenimiento, seguridad y verificación de la herramienta especial con sus debidas hojas de registro. La implementación de estos manuales facilitará el uso, condición, conservación y desempeño óptimo de la herramienta especial.

Los manuales de operación nos garantizan los pasos apropiados para la manipulación de la herramienta especial en lo que respecta a su uso.

Los manuales de mantenimiento nos indican cuando se debe realizar las inspecciones y el tiempo establecido con esto se previene que la herramienta especial sufra algún tipo de daño y lograremos que se mantenga en condiciones apropiadas para su funcionamiento.

Los manuales de verificación sirven para un desenvolvimiento correcto de cómo maniobrar la herramienta especial y así lograr en lo posible que no se produzcan daños, y mantener en óptimas condiciones de funcionamiento la herramienta cuando el personal calificado lo requiera.

Los manuales de seguridad nos darán las precauciones a tomarse durante la operación de la herramienta para evitar accidentes o incidentes sobre todo proteger la integridad física del personal y los posibles daños en el material.

**Tabla 4.1. Codificación de los Manuales**

| <b>PROCEDIMIENTO</b>      | <b>CÓDIGO</b>   |
|---------------------------|-----------------|
| Manual de verificación    | HEDACRE-HHCR-M1 |
| Manual de operación       | HEDACRE-HHCR-M2 |
| Manual de mantenimiento   | HEDACRE-HHCR-M3 |
| Manual de seguridad       | HEDACRE-HHCR-M4 |
| Registro de mantenimiento | HEDACRE-HHCR-R1 |
| Registro de operación     | HEDACRE-HHCR-R2 |
| Registro de daños         | HEDACRE-HHCR-R3 |

## 4.2 MANUAL DE VERIFICACIÓN

|   |  |                                    |
|---|--|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE VERIFICACIÓN</b>                  | <b>Página : 1 de 3</b>             |
|   | <b>VERIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b> | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M1</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b>  | <b>Revisión No: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b>  | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

### 1. OBJETIVO:

Documentar los procedimientos para la verificación de funcionamiento de la herramienta especial.

### 2. ALCANCE:

Examinar el correcto funcionamiento de la herramienta especial consignada a su verificación para que este en óptimas condiciones para su uso posterior.

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

Hartzell Company (2000). Manual de Mantenimiento de Hélices.  
Manual de mantenimiento y overhaul de la hélice.

### 4. PROCEDIMIENTO:

1. Verificar que todos los componentes de la herramienta especial se encuentren en buen estado y en su respectivo lugar.
2. Revisar que no hayan objetos que puedan causar daño tanto al equipo como al conjunto de resortes.
3. Comprobar que el volante junto con el tornillo sin fin tengan un giro uniforme y no muy forzado.
4. Verificar que el tornillo tenga una adecuada lubricación para evitar su desgaste.

|   |  |                                    |
|---|--|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE VERIFICACIÓN</b>                  | <b>Página : 2 de 3</b>             |
|   | <b>VERIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b> | <b>Código:<br/>HEDACREHH-CR-M1</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b>  | <b>Revisión No: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b>  | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

## 5. DEFINICIONES:

Número de pruebas realizadas 3, luego de analizar los mismos se han obtenido los siguientes resultados:

|                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Prueba 1.- Control Mecánico          | Resultado satisfactorio |
| Tiempo de recorrido                  | Prueba 1      16s       |
|                                      | Prueba 2      15s       |
|                                      | Prueba 3      16s       |
| Prueba 2.- Acoplamiento del conjunto | Resultado satisfactorio |
| Con la base de sustentación          | Prueba 1      3s        |
| Tiempo de acople                     | Prueba 2      4s        |
|                                      | Prueba 3      2s        |
| Prueba 3.- Funcionamiento del Equipo | Resultado satisfactorio |
| Tiempo de recorrido                  | Prueba 1      20s       |
|                                      | Prueba 2      22s       |
|                                      | Prueba 3      21s       |

## 6. CONCLUSIONES:

- a) Con los pasos a seguir se nota que el mecanismo de compresión y el acoplamiento del conjunto funcionan correctamente para lo que fueron construidos.
- b) El tiempo que transcurrió al operar el equipo es considerablemente ahorrativo al que transcurría haciendo el trabajo al no haber esta herramienta.

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE VERIFICACIÓN</b>                  | <b>Página : 3 de 3</b>         |
|   | <b>VERIFICACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b> | <b>Código: HEDACRE-HHCR-M1</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b>  | <b>Revisión No: 01</b>         |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b>  | <b>Fecha: 03/08/2006</b>       |

- c) En el equipo en general no se produjeron contratiempos y se opero correctamente.
- d) Queda a disposición del personal del taller de hélices del Ala 11 de Quito utilizar esta herramienta especial al 100 % de operatividad para fines de inspección, reparación y trabajos diarios.

**7. FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

### 4.3 MANUAL DE OPERACIÓN

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>                    | <b>Página : 1 de 4</b>         |
|   | <b>OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código: HEDACRE-HHCR-M1</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión No: 01</b>         |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>       |

#### 1. OBJETIVO:

Documentar el procedimiento correcto de operación de la herramienta especial para el desarmado y armado del conjunto de resortes de embanderamiento de las hélices hartzell HC-B3TN-3D.

#### 2. ALCANCE:

Poner en funcionamiento a la herramienta para lo que fue construida y así facilitar el trabajo de los técnicos de una forma más segura.

#### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

Propeller Owner's Manual & Log Book No. 139.

Manual de Overhaul de la Hélice Hartzell.

#### 4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA HERRAMIENTA

Ancho parte inferior.....36 cm.  
 Ancho parte media y superior.....30 cm.  
 Altura.....60cm.  
 Profundidad.....30 cm.  
 Peso.....25 kg.  
 Porcentaje de Fuerza..... 277 Kgf

|   |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>                    | <b>Página : 2 de 4</b>             |
|   | <b>OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M2</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión No: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

### 5. PROCEDIMIENTO:

Antes de empezar a manipular la herramienta especial se deben de seguir los siguientes pasos en la hélice: **(Para todos los pasos ver anexo E).**

- 1) Cuando se trabaja en la hélice esta siempre se encuentra en posición de bandera ya sea que este o no en un banco.
- 2) Sacar las 3 tuercas del anillo de tope bajo con la llave de boca 9/16.
- 3) Remover las tuercas de las varillas de tope de paso bajo con la llave 9/16.
- 4) Aflojar la tuerca que sujeta a la cúpula con una llave de corona 1 7/16, haciendo contra fuerza con una llave de copa 5/8 con una palanca de fuerza o racha.
- 5) Remover los pines sujetadores de los brazos que aseguran las palas con la cúpula. (Solo el tornillo de abajo).
- 6) Levantar la cúpula. (Tener cuidado si la hélice se encuentra en un banco, el aceite fluirá).
- 7) Quitar el freno del conjunto de embanderamiento.
- 8) Con la llave especial spring o una faja o una llave de cadena, proceder a desajustar el conjunto de resortes de embanderamiento de la hélice.
- 9) Trasladar el conjunto al equipo.

|   |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>                    | <b>Página : 3 de 4</b>             |
|   | <b>OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M2</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión N°: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

**EN EL EQUIPO: (Para todos los pasos ver anexo F).**

- 1) Colocar el conjunto de embanderamiento acoplándolo con la base de sustentación del resorte.
- 2) Accionar manualmente el mecanismo de compresión del equipo hasta tener libre acceso al seguro del conjunto.
- 3) Retirar los seguros que tienen forma de media luna.
- 4) Accionar el mecanismo de compresión en sentido contrario para aflojar el tornillo y quitar la tensión de los resortes.
- 5) Desarmar el conjunto en su totalidad, quedando este listo para inspeccionar sus componentes por rajaduras, fatiga de material, y si lo amerita reemplazar las partes dañadas.

**NOTA:** La inspección que manda los manuales de la hélice, es una inspección de N.D.I. (No destructive inspection) (Ensayos no destructivos). A las partes internas o componentes de le Hélice.

|   |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>                    | <b>Página : 4 de 4</b>             |
|   | <b>OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M2</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión No: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

**6. TIEMPO DE DURACION:**

Siguiendo todos los pasos escritos en este manual a una velocidad moderada, el tiempo estimado para culminar el trabajo es de 15 a 20 minutos.

**7. PRESTACION DE SERVICIOS:**

Realizar un trabajo de una manera más técnica, eficiente y segura en el taller de hélices del Ala de Transportes No. 11 de Quito.

**8. FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

#### 4.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO

|  |   |                                |
|--|---|--------------------------------|
|   | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>                  | <b>Página : 1 de 1</b>         |
|  | <b>MANTENIMIENTO DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b> | <b>Código: HEDACRE-HHCR-M3</b> |
|  | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b>   | <b>Revisión N°: 01</b>         |
|  | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b>   | <b>Fecha: 03/08/2006</b>       |
| <p><b>1. OBJETIVO:</b><br/>Documentar los procedimientos de inspecciones de mantenimiento de la herramienta especial.</p> <p><b>2. ALCANCE:</b><br/>Contempla el mantenimiento mensual de la herramienta Especial, para mantener en buen estado la misma.</p> <p><b>3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b><br/>Manual de mantenimiento de la Hélice Hartzell.<br/>Manual de Mantenimiento de Aviación.</p> <p><b>4. PROCEDIMIENTO:</b><br/>Ya que el equipo va a ser operado en un ambiente no húmedo ni salino se a designado hacer su mantenimiento mensualmente y después de cada trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limpiar el equipo para evitar el contacto con el polvo y suciedades.</li><li>• Verificar que este libre de objetos extraños.</li><li>• Revisar el estado de la pintura.</li><li>• Verificar que no existan golpes o ralladuras que afecten la integridad del equipo.</li><li>• Dar lubricación al tornillo sin fin con grasa tipo: Aero Shell Grease No. 5 (Shell Oil Co.) o Mobil Grease 28 (Mobil Oil Corp.)</li><li>• Inspeccionar que cada elemento del equipo este bien asegurado y no haya sufrido corrosión o rotura.</li></ul> <p><b>5. FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p> |   |                                |

## 4.5 MANUAL DE SEGURIDAD

|   |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>                    | <b>Página : 1 de 2</b>             |
|   | <b>SEGURIDAD DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M4</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión N°: 01</b>             |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

### 1. OBJETIVO:

Documentar los procedimientos de seguridad durante el funcionamiento de la herramienta especial.

### 2. ALCANCE:

Permitir el buen funcionamiento del equipo, evitando cualquier tipo de incidentes y accidentes para conservar la integridad del factor mecánico y sobre todo el factor humano.

### 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

Manual de mantenimiento de la Hélice Hartzell.  
Manual de mantenimiento del Avión Twin Otter.  
Seguridad e Higiene Industrial 2da Edición. Guillermo Flores.  
Manual de Mantenimiento de Aviación.

### 4. DEFINICION:

Pasos que deben de seguirse para evitar daños que puedan derivarse como consecuencia de la ejecución de un trabajo mal realizado.

### 5. PROCEDIMIENTO:

- a. Como equipo de protección se utilizará gafas protectoras, casco y demás implementos que se requiera para preservar la seguridad del operario siempre y cuando no lleguen a estorbar al mismo.

|   |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
|  | <b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>                    | <b>Página : 2 de 2</b>             |
|   | <b>SEGURIDAD DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL</b>   | <b>Código:<br/>HEDACRE-HHCR-M4</b> |
|   | <b>Elaborado por: Sr. Ruiz B. Cristian M.</b> | <b>Revisión N°:</b>                |
|   | <b>Aprobado por: Sgop. Lic. Jorge Morillo</b> | <b>Fecha: 03/08/2006</b>           |

- b. Antes de manipular el equipo tomar las precauciones generales de seguridad.
- c. Precaución con el accionamiento del tornillo sin fin según los manuales de operación y verificación de la Herramienta.
- d. Al momento de comprimir el conjunto de resortes tener cuidado de que estos no se atasquen entre si.
- e. Asegurar que todos los elementos estén en correcto funcionamiento y no produzcan fallas.
- f. Tener cuidado de no meter los dedos entre los resortes al momento de comprimir el conjunto.
- g. Operar solo personal con conocimiento y capacitación acerca de la operación de la herramienta especial.
- h. Al momento de armar el conjunto de resortes tener en cuenta que se debe aplicar una fuerza moderada.

**6. FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

|   |  |                                       |   |
|---|--|---------------------------------------|---|
|  | <h1>REGISTRO</h1>  | <b>Código:</b><br>HEDACRE-HHCR-<br>R1 |  |
|   | <b>LIBRO DE VIDA DE MANTENIMIENTO DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL DESARMADO Y ARMADO DEL CONJUNTO DE RESORTES DE EMBANDERAMIENTO DE LAS HÉLICES HARTZELL HC-B3TN-3D</b> | <b>Registro N°:</b>                   |   |

Hoja: ..... de.....

| N°. | FECHA   |        | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO | ENCARGADO | OBSERVACIONES |
|-----|---------|--------|-------------------|---------------------------------|-----------|---------------|
|     | ENTRADA | SALIDA |                   |                                 |           |               |
|     |         |        |                   |                                 |           |               |
|     |         |        |                   |                                 |           |               |
|     |         |        |                   |                                 |           |               |
|     |         |        |                   |                                 |           |               |

Firma de Responsabilidad: \_\_\_\_\_

|   |  |                                       |   |
|---|--|---------------------------------------|---|
|  | <h1>REGISTRO</h1>  | <b>Código:</b><br>HEDACRE-HHCR-<br>R2 |  |
|   | <b>LIBRO DE VIDA DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL DESARMADO Y ARMADO DEL CONJUNTO DE RESORTES DE EMBANDERAMIENTO DE LAS HÉLICES HARTZELL HC-B3TN-3D</b> | <b>Registro N°:</b>                   |   |

Hoja: ..... de.....

| FECHA | MOTIVO | PRUEBAS EJECUTADAS | HORAS DE FUNCIONAMIENTO | OBSERVACIONES |
|-------|--------|--------------------|-------------------------|---------------|
|       |        |                    |                         |               |
|       |        |                    |                         |               |
|       |        |                    |                         |               |
|       |        |                    |                         |               |
|       |        |                    |                         |               |
|       |        |                    |                         |               |

Firma de Responsabilidad: \_\_\_\_\_

|   |  |                                       |   |
|---|--|---------------------------------------|---|
|  | <h1>REGISTRO</h1>  | <b>Código:</b><br>HEDACRE-HHCR-<br>R3 |  |
|   | <b>LIBRO DE VIDA DE DAÑOS DE LA HERRAMIENTA ESPECIAL PARA EL DESARMADO Y ARMADO DEL CONJUNTO DE RESORTES DE EMBANDERAMIENTO DE LAS HÉLICES HARTZELL HC-B3TN-3D</b> | <b>Registro N°:</b>                   |   |

Hoja: ..... de.....

| Nº. | FECHA | DAÑO OCASIONADO | CAUSA DEL DAÑO | ACCIÓN CORRECTIVA | REPUESTO UTILIZADO | OBSERVACIONES |
|-----|-------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------|
|     |       |                 |                |                   |                    |               |
|     |       |                 |                |                   |                    |               |
|     |       |                 |                |                   |                    |               |
|     |       |                 |                |                   |                    |               |
|     |       |                 |                |                   |                    |               |

Firma de Responsabilidad: \_\_\_\_\_

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

En este capítulo se especifica con detalle el costo de la construcción de la herramienta especial.

#### **5.1 PRESUPUESTO**

Antes de concretar este proyecto de grado y de la construcción del mismo se realizó un estudio económico con el cual se llegó a la expectativa de que la herramienta especial para el desarmado y armado del conjunto de resortes de embanderamiento de la hélice hartzell HC-B3TN-3D costaba aproximadamente, 710 USD.

#### **5.2 ESTUDIO ECONÓMICO**

Para este análisis se tomó en cuenta cuatro rubros principales para la elaboración de este proyecto.

1. Materiales.
2. Máquinas, herramientas y equipos.
3. Mano de obra.
4. Otros.

### 5.2.1 Materiales

Aquí se incluye todos los elementos constituyentes y los materiales mecánicos que van a ser utilizados en la construcción de la herramienta especial.

**Tabla 5.1. Lista de costo de materiales utilizados en la construcción del Proyecto de Grado.**

| <b>No.</b>   | <b>MATERIAL</b>                      | <b>CANTIDAD</b>    | <b>COSTOS USD</b> |
|--------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1            | Eje de transmisión 1 ¼" de diámetro. | 1 metro            | 12                |
| 2            | Eje de transmisión 2" de diámetro.   | 1 metro            | 28                |
| 3            | Eje de transmisión 2 ¼" de diámetro. | 1 metro            | 43.53             |
| 4            | Volante con manija 8" de diámetro.   | 1                  | 12                |
| 5            | Oxicortes de (100 x 300 x 15) mm.    | 3                  | 15                |
| 6            | Ángulos de 300 mm. x 1 ¼" x ¼"       | 2                  | 6.74              |
| 7            | Eje de transmisión 5/8" de diámetro. | 1 metro            | 3.40              |
| 8            | Tuercas 5/8" NF                      | 8                  | 1.60              |
| 9            | Electrodos 6011 AGA                  | 1 kilo             | 2.64              |
| 10           | Pintura amarilla tráfico             | ½ galón            | 12                |
| 11           | Tiñer laca                           | ½ galón            | 2.58              |
| 12           | Lija de hierro N.- 140_240           | 2 pliegos cada una | 1.12              |
| <b>TOTAL</b> |                                      |                    | <b>140.61</b>     |

### 5.2.2 Máquinas, Herramientas y Equipos

En el proceso de construcción de la herramienta especial se utilizaron máquinas, herramientas y equipos existentes en los talleres del COTRAN.

**Tabla 5.2. Costo de utilización de máquinas, herramientas y equipos.**

| No.          | MAQUINA,<br>HERRAMIENTA,<br>Y EQUIPO | CÓDIGO | VALOR /<br>HORA | Nº. HORAS | COSTOS<br>USD |
|--------------|--------------------------------------|--------|-----------------|-----------|---------------|
| 1            | Torno Paralelo                       | M1     | 5.80            | 10        | 58            |
| 2            | Soldadora<br>Eléctrica               | M2     | 5.80            | 5         | 29            |
| 3            | Taladro de<br>Pedestal               | M3     | 2               | 3         | 6             |
| 4            | Compresor                            | E1     | 2               | 4         | 8             |
| 5            | Acaladora<br>Portátil                | E2     | 2               | 3         | 6             |
| 6            | Esmeril                              | E3     | 1               | 3         | 3             |
| 7            | Sierra Sanflex<br>grano fino         | H1     | 0.50            | 4         | 2             |
| 8            | Sierra Manual                        | H2     | 0.50            | 5         | 2.5           |
| <b>TOTAL</b> |                                      |        |                 |           | <b>114.50</b> |

### 5.2.3 Mano de Obra

Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por la fabricación de la estructura, pintura, ensamble, acabados, etc.

**Tabla 5.3. Costos de mano de obra**

| <b>DETALLE</b> | <b>COSTOS USD</b> |
|----------------|-------------------|
| Estructura     | 120               |
| Ensamble       | 50                |
| Pintura        | 20                |
| <b>TOTAL</b>   | <b>190</b>        |

#### **5.2.4 Otros**

Estos costos comprenden los materiales utilizados para pruebas funcionales, impresión de textos y planos, transporte, alimentación, etc.

**Tabla 5.4. Costo de otros gastos**

| <b>DETALLE</b>         | <b>COSTOS USD</b> |
|------------------------|-------------------|
| Impresión de textos    | 50                |
| Anillados              | 15                |
| Internet y computadora | 30                |
| Alimentación           | 80                |
| Transporte             | 80                |
| Empastados             | 20                |
| Hojas                  | 5                 |
| <b>TOTAL</b>           | <b>280</b>        |

El costo total de la herramienta especial se detalla a continuación:

**Tabla 5.5. Costo Total del Proyecto**

| <b>DETALLE</b>                    | <b>COSTOS USD</b> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Materiales                        | 140.61            |
| Máquinas, Herramientas, y Equipos | 114.50            |
| Mano de Obra                      | 190               |
| Otros                             | 280               |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>725.11</b>     |

### **5.3 ESTUDIO DE COSTOS**

En el exterior adquirir una herramienta para estos fines puede costar 3.500 USD incluido gastos de transporte y aduana, además con la concerniente dificultad para encontrarla en el mercado, según el análisis económico ha costado 725.11 USD construirla en el país con materiales de adquisición nacional y garantizados. Se ha ahorrado 2.774,89 USD lo que nos refleja que si es conveniente construirla en el país.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- La información recopilada acerca del funcionamiento y mantenimiento de las hélices hartzell fue esencial, tomándola como referencia para la elaboración de manuales.
- Con la información técnica y la ayuda del personal del taller de hélices del COTRAN se diseñó el modelo de la herramienta especial tomando en cuenta el factor ergonómico, facilidad de operación, rendimiento y seguridad.
- En base a los parámetros de evaluación, técnica, económica y complementaria se escogió la mejor alternativa de construcción de acuerdo a los requerimientos que demanda los manuales técnicos de mantenimiento.
- Se construyó la herramienta especial para el desarmado y armado del conjunto de los resortes de embanderamiento de las Hélices Hartzell HC-B3TN-3D, con el único propósito de mejorar las condiciones de eficiencia y seguridad al realizar esta operación, obteniendo resultados sumamente satisfactorios en su funcionamiento.
- Se elaboró manuales de operación, verificación, mantenimiento, seguridad y hojas de registro para garantizar un trabajo eficiente y seguro durante su utilización.

- En base a las pruebas realizadas se determina que la herramienta especial construida satisface los requerimientos operacionales.
- La implementación de la herramienta especial en el taller de hélices del COTRAN logró una gran aceptación del Escuadrón Mantenimiento 1121 del Ala de Transportes No. 11 de Quito, ya que con esta los trabajos se realizan de una manera más segura y eficiente.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- La herramienta especial debe ser manipulada únicamente por personal capacitado y calificado.
- Hacer siempre referencia a las normas y precauciones indicadas en los manuales de operación, mantenimiento y seguridad.
- Se recomienda implementar la herramienta especial a las diversas bases de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que trabajen con este tipo de hélices tomando como referencia el diseño y construcción del equipo construido para el Ala No. 11 de Quito.
- Se recomienda a los alumnos del I.T.S.A. seguir construyendo innovando e implementando diferentes equipos que ayudarán a la modernización en el Área de Mantenimiento de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y por ende contribuir a la Aviación de nuestro País.

