

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE BALANCEO
ESTÁTICO PARA LAS HÉLICES HARTZELL
HC-B4MP-3B Y HC-B3TN-3D PARA LOS AVIONES
SK AIR 300,200 Y T 34-C”.**

POR:

CBOS - MC AV TIGACI MONTA JORGE ARMANDO

Proyecto de grado como requisito parcial para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2006

CERTIFICACIÓN

Certifico que este trabajo fue realizado en su totalidad por el señor **CBOS-MC AV TIGACI MONTA JORGE ARMANDO**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Ing. Bassantes Dag.

DIRECTOR

Latacunga, agosto 14 del 2006

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto de grado a DIOS a mis padres, a mi esposa, mi hijo y la Institución a la que orgullosamente represento.

Quiero también dedicar este trabajo a todas las personas que me han apoyado a alcanzar un alto nivel académico, con esto podré colaborar con mayores conocimientos a la Armada del Ecuador especialmente a la Aviación Naval.

TIGACI M. Jorge.

AGRADECIMIENTO

Un Agradecimiento muy especial a Dios por acompañarme siempre. A mis padres por guiarme por el camino del bien, a mi esposa e hijo que supieron comprenderme y apoyarme, para poder cumplir con una meta mas en la vida gracias a ellos por el cariño y apoyo prestado.

A la ARMADA del ECUADOR en especial a la AVIACIÓN NAVAL por brindarme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, también un agradecimiento a la FUERZA AEREA por acogerme en sus aulas y a sus profesores por compartir sus conocimientos fortaleciendo a un más los míos.
“Gracias”.

TIGACI M. Jorge.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

Carátula.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de Contenidos.....	V
Listado de Tablas.....	X
Listado de Figuras.....	XII
Listado de Anexos.....	XIV
Glosario de términos.....	XV

CAPITULO I

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Planteamiento del problema.....	2
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Alcance.....	5

CAPÍTULO I I: MARCO TEÓRICO

2.1 Principios de una hélice.....	6
2.1.1 Descripción de la hélice.....	6

2.1.2 Perfil aerodinámico.....	7
2.1.3 Ángulo de la Hélice.....	7
2.1.4 Partes de la Hélice.....	8
Pala.....	8
Cruceta.....	8
Eje.....	8
2.1.5. Tipos de hélices.....	9
Hélices de Paso Variable.....	10
Hélices de Velocidad Constante.....	11
Hélices de Paso Reversible.....	13
Hélices de Paso Fijo.....	14
2.1.6 Términos relacionados con la hélice.....	14
Paso Geométrico.....	14
Paso Efectivo.....	14
Deslizamiento.....	15
2.2 Características de la hélice HC-B4MP-3B.....	15
2.2.1 Características Generales.....	15
2.2.2 Velocidad Constante.....	17
2.2.3 Hidromática.....	17
2.2.4 Paso Variable.....	18
2.2.5 Conjunto de Palas.....	18
2.2.6 Conjunto de la Cruceta.....	18
2.2.7 Conjunto de la Cúpula.....	18
2.2.8 Conjuntos a Fines.....	19
Gobernador Principal.....	19

Gobernador de Sobre velocidad.....	19
El FCU.....	20
Spinner.....	20
2.2.9 Palancas de control de la hélice.....	20
2.2.10 Reversa.....	21
2.2.11 Switch de Prueba de Beta.....	21
2.2.12 Luz Indicadora de Low Pitch.....	21
2.2.13 Luz de Prop RVS NOT READY.....	21
2.2.14 Sistema de Autoembanderamiento.....	22
2.3 Balanceo Estático de la Hélice.....	22
2.3.1 Balance Estático de la Hélice Hartzell.....	24
2.3.2 Balance Dinámico de la Hélice Hartzell.....	28
2.4 Equipos para Balanceo Estático.....	28
2.4.1 Equipo para Balancear Micro-Poise Sistema Péndulo.....	29
2.4.2 Equipos para el balance Estático con fosa.....	30
2.4.3 Equipo para el balance Estático con bases.....	30

CAPÍTULO III: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Identificación de alternativas.....	32
3.2 Estudio Técnico.....	32
3.2.1 Primera Alternativa.....	32
3.2.2 Segunda Alternativa.....	33
3.3 Análisis de factibilidad.....	34
3.3.1 Primera alternativa.....	35
3.3.2 Segunda Alternativa.....	35

3.4 Determinación de Parámetros.....	36
Factor Técnico.....	36
Factor Económico.....	37
Factor Ergonomico.....	37
3.5 Selección de la mejor Alternativa.....	40
3.6. Determinación de requerimientos Técnicos.....	40

CAPÍTULO IV: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

4.1 Descripción del equipo.....	42
Puntos de apoyo.....	42
Eje.....	43
Bases.....	43
Pesos de Balance.....	44
4.2 Funcionamiento.....	45
4.3 Calculos Esfuerzo Cortante y Momento Flector.....	45
4.3.1 Diagrama de Esfuerzo Cortante y Momento Flector.....	46
4.4 Codificación de Máquinas, Equipos y Herramientas.....	47
4.5 Diagramas de Procesos.....	49
4.5.1 Diagramas de fabricación de las bases según el plano.....	49
4.5.2 Diagrama de fabricación de los puntos de apoyo y eje según el plano.....	50

CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1 Descripción General.....	51
5.2 Pruebas de Funcionamiento.....	52

5.3	Manual de Operación.....	55
5.4	Manual de Mantenimiento.....	57
5.5.	Formatos de Registro.....	58

CAPÍTULO VI: ESTUDIO ECONÓMICO

6.1	Análisis económico.....	61
6.1.1	Máquinas, Herramientas y Equipos	61
6.1.2	Materiales	62
6.1.3	Mano de obra.....	63
6.1.4	Otros.....	63

CAPÍTULO VII: OBSERVACIONES CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

7.1	Observaciones.....	65
7.2	Conclusiones.....	66
7.2	Recomendaciones.....	66

Bibliografía

Anexos

Plano General

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO II	Página
Tabla 2.1 Generalidades de la Hélice HC-B4MP-3C.....	16
Tabla 2.2 Especificación de la Hélice Hartzell HC-B4MP-3C.....	16
Tabla 2.3 Generalidades de la Hélice HC-B3TN-3D.....	17
Tabla 2.4 Especificaciones de la Hélice Hartzell HC-B3TH-3D.....	17
Tabla 2.5 Ubicación de los pesos de Balance.....	26
 CAPÍTULO III	
Tabla 3.1 Matriz de evaluación.....	39
Tabla 3.2 Matriz de decisión.....	40
 CAPÍTULO IV	
Tabla 4.1 Datos técnicos de las maquinas usadas en el proyecto.....	47
Tabla 4.2 Datos técnicos de las herramientas utilizadas en el proyecto.....	47
Tabla 4.3 Datos técnicos de los equipos utilizados en el proyecto.....	48
Tabla 4.4 Tiempos de operación en los diferentes procesos de construcción.....	48
 CAPÍTULO V	
Tabla 5.1 Codificación de los manuales.	51
Tabla 5.2 Pruebas de Funcionamiento.....	52
Tabla 5.3 Manual de Operación.....	55
Tabla 5.4 Manual de Mantenimiento.....	57

CAPÍTULO VI

Tabla 6.1 Cuadro de costos de utilización de máquinas herramientas.....	62
Tabla 6.2 Lista de materiales del equipo de balanceo.....	62
Tabla 6.3 Costo de mano de obra.....	63
Tabla 6.4 Otros gastos.....	63
Tabla 6.5 Costo total del proyecto.....	64

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Página

Figura 2.1 Empuje de la Hélice.....	6
Figura 2.2 Perfil aerodinámico.....	7
Figura 2.3 Ángulo de la pala.....	7
Figura 2.4 Pala de la Hélice.....	8
Figura 2.5 Cruceta.....	8
Figura 2.6 Eje.....	9
Figura 2.7 Hélice de paso Variable.....	10
Figura 2.8 Cruceta de aluminio.....	12
Figura 2.9 Cruceta de acero.....	12
Figura 2.10 Mecanismo de control de la Hélice.....	13
Figura 2.11 Paso efectivo y geométrico.....	15
Figura 2.12 Hélice Hartzell HC-B4MP-3B del avión Super King Air 300.....	16
Figura 2.13 Balance Estático.....	23
Figura 2.14 Balanceo de la Hélice.....	24
Figura 2.15 Posición de tornillos.....	27
Figura 2.16 Equipo para balancear Micro-Poise.....	29
Figura 2.17 Equipo para el balance estático con fosa.....	29
Figura 2.18 Equipo de balanceo con bases.....	31

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Equipo para el balanceo estático con fosa.....	33
Figura 3.2 Equipo de balanceo con bases.....	34

CAPITULO IV

Figura 4.1 Puntos de apoyo.....	43
Figura 4.2 Eje.....	43
Figura 4.3 Bases.....	44
Figura 4.4 Pesos de Balance.....	44

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Balanceo estático hélice Hartzell

Anexo B: Balanceo dinámico hélice Hartzell

Anexo C: Ubicación pesos de balance en hélices Hartzell

Anexo D: Lubricación hélice Hartzell

Anexo E: Desmontaje conjunto de la cúpula hélice Hartzell

GLOSARIO DE TERMINOS

HC-B4MP-3B

HC: Hélice Controlable

B: Diseño básico de la hélice

4: Número de palas

M: Tamaño de la Espiga

P: Tamaño del Eje.

B: Modificaciones Menores.

HARTZELL: Fabricante.

FCU : Unidad de control de combustible.

PF-BE-P: Pruebas de Funcionamiento - Balanceo Estático (procedimiento)

MO-BE-P: Manual de Operación – Balanceo Estático (procedimiento)

MM-BE-P: Manual de Mantenimiento – Balance Estático (procedimiento)

FR-BE-R: Formato de Registro – Balance Estático (registro)

HC- B3TN-3D

HC: Hélice Controlable

B: Diseño básico de la hélice

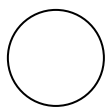
3: Número de palas

N: Tamaño de la Espiga

T: Tamaño del Eje.

D: Modificaciones Menores.

SIMBOLOGÍA



: Acción dentro de un proceso.



: Inspección.

RESUMEN

El presente proyecto de grado surge de la necesidad que tiene el ESCUADRÓN-100 de la Aviación Naval para poder cumplir a cabalidad con las inspecciones que se le realiza a las Hélices Hartzell de los aviones Súper King Air 200, 300 y T- 34C, perteneciente a este escuadrón y también con el fin de actualizar en conocimientos a sus técnicos y al mismo tiempo para ahorrar recursos invertidos en este tipo de trabajos de mantenimiento.

En la primera parte de este trabajo, se expone el objetivo de construir un Equipo para el Balanceo Estático. Se empezó a realizar la selección de alternativas en el aspecto de construcción. Para esto se utilizó una matriz de decisión en la cual se tomó los aspectos más relevantes para dicha construcción.

Una vez hecha una evaluación precisa de las alternativas, se escogió la más idónea. Se procedió a la construcción y ensamblaje del equipo en el Taller de La Aviación Naval sección tornos de Guayaquil.

Cuenta también con anexos en los cuales se puede encontrar información sobre lubricación y balanceo estático de otros tipos de hélices Hartzell.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las aeronaves que posee la Aviación Naval, debido a su alto nivel de operación, siempre están propensas a daños por diferentes factores tales como: climáticos, fatiga de material, como en la plataforma de vuelo.

Debido a estos factores una de los componentes que ven afectadas son las hélices las cuales se consideran una de los componentes más importantes en la aeronave, que junto al motor constituyen el medio de propulsión.

Dentro de los daños más comunes se pueden encontrar, las vibraciones que puede causar una hélice desbalanceada en cualquier tipo de aeronave que utilice la hélice.

Para corregir vibraciones en la hélice se debe proceder a un balanceo estático y dinámico para alargar, tanto la vida de la hélice, del motor y la aeronave

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Aviación Naval es un reparto operativo, y tiene la necesidad de contar con todas sus aeronaves operativas para cual instruye a sus técnicos diariamente para cumplir con la misión encomendada.

Existen aeronaves en las que se encuentran montadas en sus motores hélices de la casa Hartzell las cuales necesitan un balanceo estático a fin de evitar el daño de las mismas por vibración, y mantener operativa la aeronave.

En los talleres de mantenimiento no se cuenta con un equipo de balanceo estático, por lo cual las hélices son enviadas al exterior para realizar este trabajo, ya que este tipo de trabajo se lo realiza en el overhaul de la hélice.

La misión de la aviación naval con todo su personal tanto como pilotos y técnicos y medios aéreos disponibles, es de brindar protección y seguridad en el territorio marítimo, en forma permanente a fin de evitar la pesca ilícita, el asalto a buques en el golfo, y la piratería por esta razón es importante que el personal día a día se capacite para así crecer intelectual e institucionalmente

1.2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un equipo para balanceo estático en los talleres de mantenimiento de la Aviación Naval, permitirá un mejor control y prevención de vibraciones en la hélice de las aeronaves con las que se cuenta, cual justifica la realización de este proyecto.

Este proyecto servirá para comprobar y corregir el balanceo estático de las hélices Hartzell con el fin de mantener al máximo su operación y vida útil de las mismas.

La justificación en si de este proyecto se debe a la falta de equipo para el balanceo estático de las hélices ya que todo este proceso se lo realiza fuera del país, por esta razón me ha impulsado a desarrollar este proyecto, ya que este trabajo se lo podrá realizar dentro del país con un costo mas económico que anteriormente en el extranjero.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un equipo de balanceo estático para las hélices HC-B4MP-3B y HC-B3TN-3D de los aviones; Súper King Air 200, 300 y T-34C operativos en la Aviación Naval.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de las características técnicas de las hélices Hartzell HC-B4MP-3B y HC-B3TN-3D.
- Realizar un estudio sobre el balanceo estático de las hélices.
- Analizar materiales e instrumentos que van a ser utilizados en la construcción.
- Construir el equipo para el balanceo de las hélices y realizar pruebas de funcionamiento.

- Elaborar manuales de mantenimiento, operación, funcionamiento y formatos de registro del equipo.

1.4. ALCANCE

El proyecto esta destinado para brindar conocimientos técnicos, prácticos e ilustrativos de hélices para todo el personal de mecánicos de esta sección, y mantener la hélice en buenas condiciones ya que junto con el motor conforman el sistema de propulsión que es un sistema indispensable dentro de la aeronave.

Para cual se realizara las siguientes actividades:

- Recopilación de información de la hélice HC-B4MP-3B y HC-B3TN-3D.
- Recopilación de información de los equipos para balance estático.
- Construcción del equipo.
- Pruebas de funcionamiento.
- Elaboración de manuales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PRINCIPIOS DE UNA HÉLICE.

La hélice, es un accesorio vital del avión, está sujeto a vibraciones y fatiga de metal, tensiones que pueden causar rajaduras. El daño también puede ser el resultado de melladuras causadas por las ruinas molidas y los objetos aerotransportados.

2.1.1 DESCRIPCIÓN

La hélice es un dispositivo giratorio diseñado para producir empuje, está compuesta de palas que sirven para producir empuje, mientras tanto que en operación, una hélice funciona de la misma manera que un tornillo, las palas se enroscan a través del aire y proporcionan el empuje que tiende a tirar el avión hacia delante.

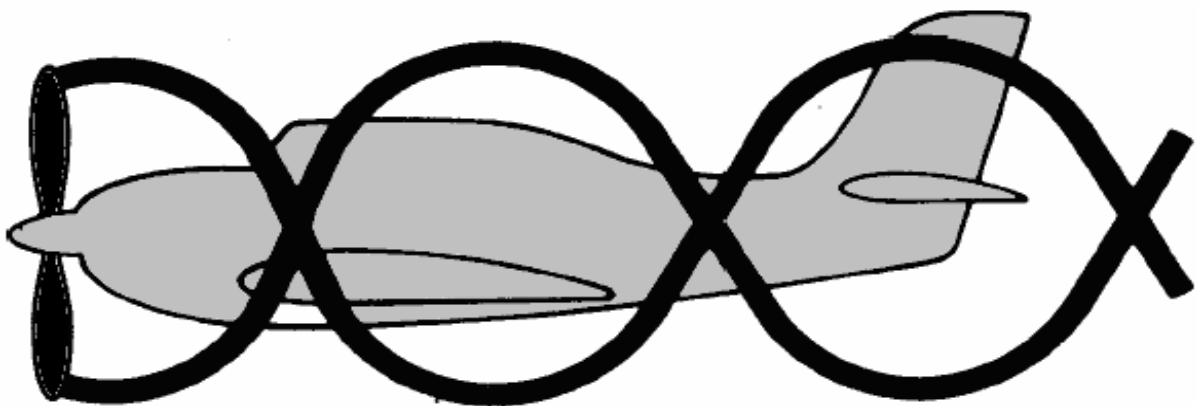


Figura 2.1 Empuje de la Hélice.

2.1.2 PERFIL AERODINÁMICO

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

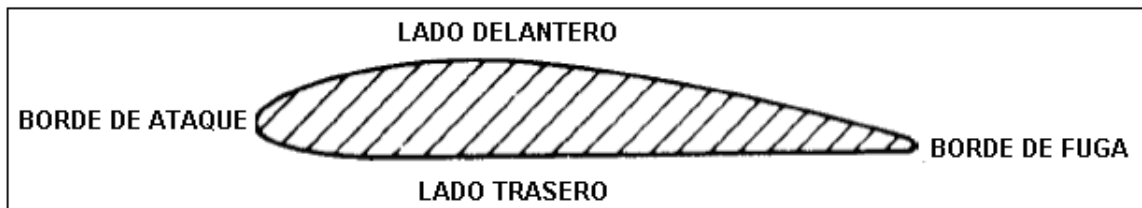


Figura 2.2 Perfil Aerodinámico.

2.1.3 ÁNGULO DE LA HÉLICE.

La cantidad de avance de la hélice es determinada por el ángulo de la pala. Un paso bajo o fino se usaría para el despegue y ascenso del avión, un ángulo de paso alto o grueso tomará un avance mayor, el paso alto se usaría para crucero y a alta velocidad.

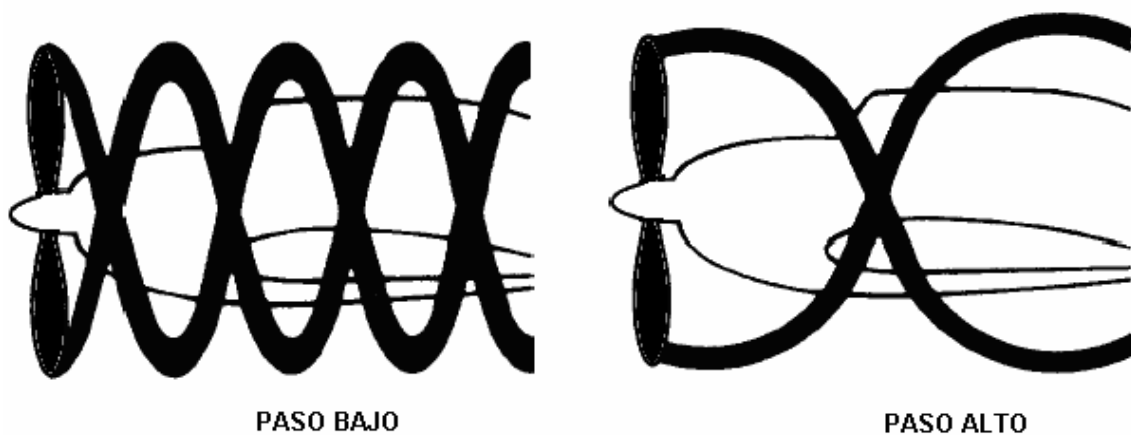


Figura 2.3 Angulo de pala

2.1.4 PARTES DE LA HÉLICE.

Las partes principales de la hélice hartzell son:

- Palas
- Cruceta cubo
- Eje

PALA

La pala puede ser descrita como un torcido plano aerodinámico, que está formada por un sin número de delgados perfiles aerodinámicos en miniatura.

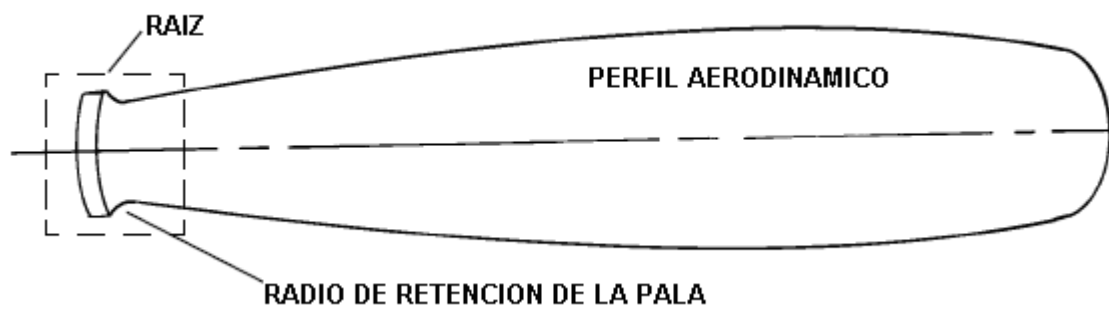


Fig. 2.4 Pala de la Hélice

CRUCETA O CUBO

Es la parte central de la hélice. Sirve como soporte a la raíz de la pala, la pala se empotra y se retiene en la cruceta.

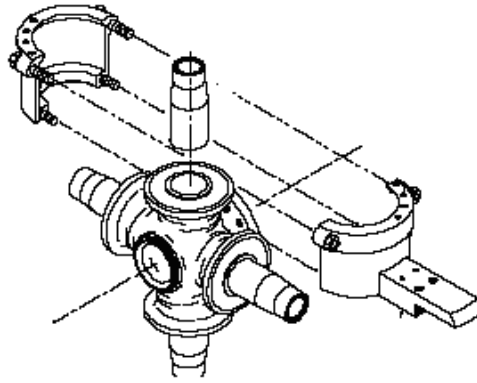


Fig. 2.5 Cruceta

EJE

Es donde va montada la hélice. Puede ser extensión del cigüeñal en motores de bajo caballaje, en motores de alto caballaje el eje sale de una caja de reducción la misma que es operada por el motor.

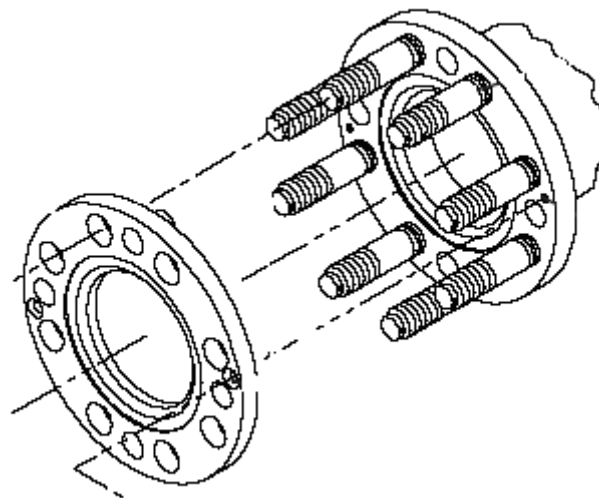


Fig. 2.6 Eje

2.1.5 TIPOS DE HÉLICE.

Existen diferentes tipos de hélices, que son fabricadas para adaptarse a las especificaciones y necesidades de varios modelos de aviones.

Las hélices Hartzell son fabricada de 2, 3, 4,5 y 6 palas según el diseño, dentro de los diseños existen diferentes tipos de crucetas o cubos, para el acoplamiento o combinaciones de cambio de paso, reversibles, de velocidad controlada o paso reversible.

Hélice de paso variable.

Este tipo de hélice, permite al piloto ajustar el paso, regulando a las diferentes fases de vuelo, el 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.

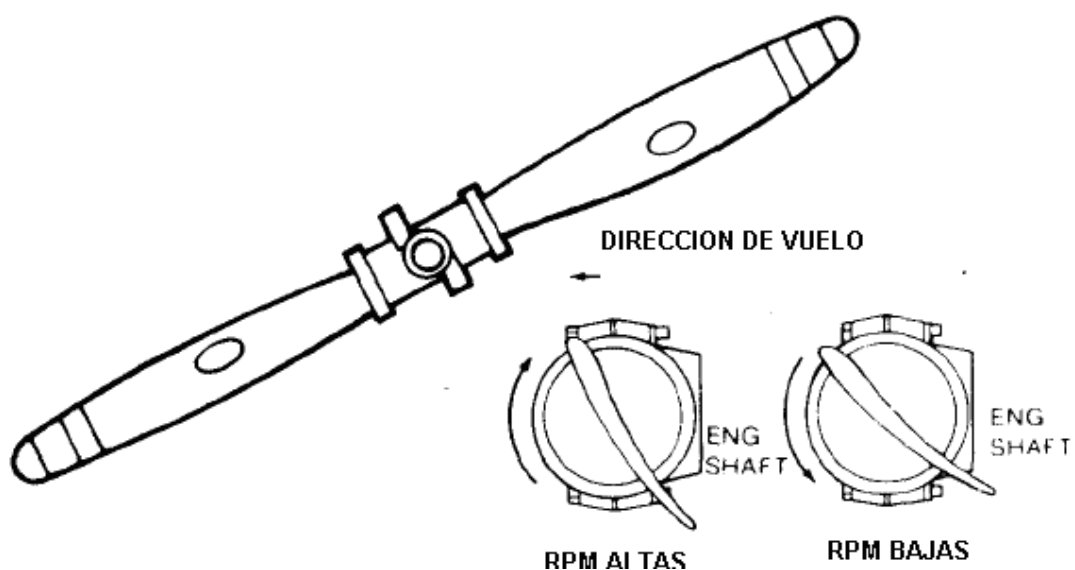


Figura 2.7 Hélice de Paso Variable.

Paso Variable:

1. La mayoría de los motores de combustión interna obtienen su máxima potencia en un punto cercano al máximo de r.p.m.
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 que la hélice puede girar más libre y rápidamente, permitiendo el mejor desarrollo de la potencia del motor. Esto 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.

El paso largo, supone mayor ángulo de ataque y por ello mayor resistencia inducida, lo que con lleva menos r.p.m. en la hélice y menor desarrollo de la potencia del motor, pero en 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.

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)

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.

La Hartzell fabrica dos tipos básicos de crucetas o cubos para estas hélices, una cruceta de aluminio, y una cruceta de acero.

La cruceta de aluminio está disponible con 2, 3, 4, 5 o 6 palas, usa una carga de aire comprimido, contrapesos y/o resortes que proporciona la capacidad de regular la hélice, el mecanismo de cambio de paso se encuentra dentro de la cruceta.

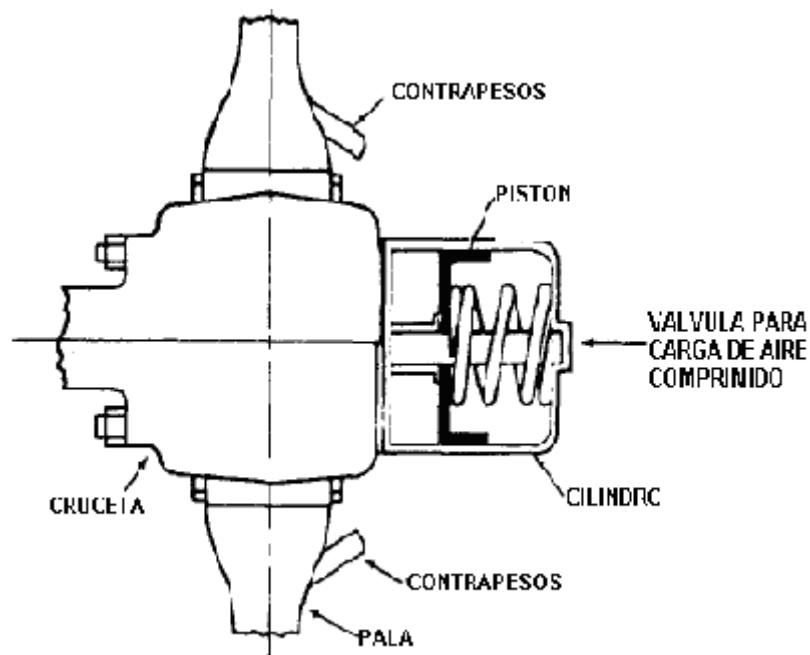


Figure 2.8. Cruceta de Aluminio

Las crucetas de acero están disponibles con 2, 3, 4 o 5 hojas, la cruceta de acero, usa contrapesos y un resorte a tensión que proporciona la regulación de la hélice.

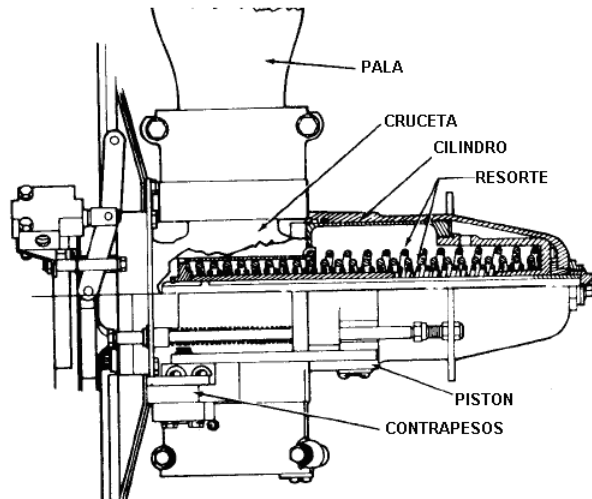


Figura 2.9. Cruceta de Acero

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.

El gobernador se encuentra montado sobre el motor, el cual regula el flujo de aceite a la hélice y para la hélice, la hélice controla la velocidad del motor para variar el ángulo de la pala de la hélice, a continuación se muestran los componentes básicos de este sistema con un diagrama de control.

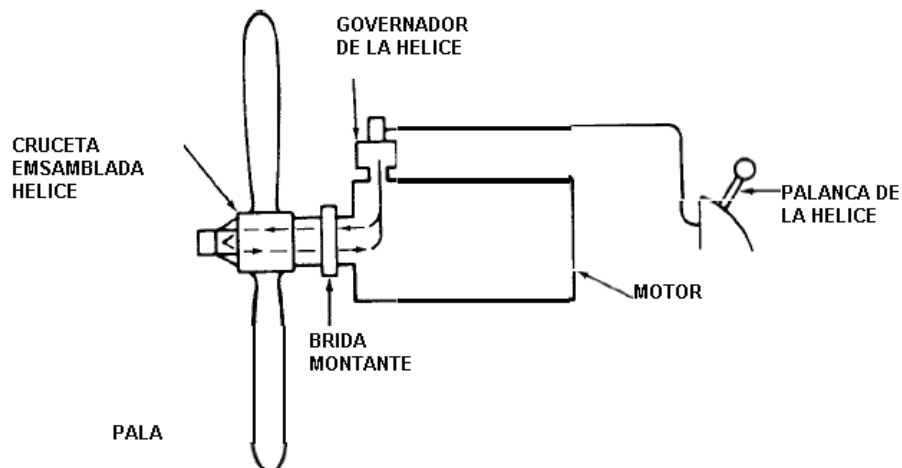


Figura 2.10 Mecanismo de control de la Hélice.

HÉLICES DE PASO REVERSIBLES

La hélice reversible también es una hélice de velocidad constante. Su mecanismo de regulación es un accesorio que opera en un rango extendido, extendiéndose entre la regulación de la hélice y el cambio de ángulo de la pala.

El cambio del ángulo de la pala proporciona el empuje en la dirección opuesta para retardar el avión o una acción de frenado después de aterrizar.

Estas hélices son principalmente usadas en aviones equipados con los motores turbo-hélices.

Hélice de paso fijo.

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.

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 r.p.m. 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 r.p.m. de la hélice difieren de las r.p.m. del motor.

2.1.6. Términos relacionados con la hélice

Paso geométrico

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

Paso efectivo.

Es la distancia real hacia adelante 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 2.11 Paso efectivo y paso geométrico.

Deslizamiento

Es la distancia perdida o la diferencia que hay entre el paso geométrico y el paso efectivo.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS HÉLICES HC- B4MP-3B y HC-B3TN-3D.

2.2.1 Características Generales

Las hélices Hartzell son de fabricación Americana, son hélices de velocidad constante, reversibles y de tipo full embanderamiento, y sus numeraciones son HC- B4MP-3B; HC-B3TN-3D. y van instaladas primordialmente en motores Pratt and Whitney. Las cuales se encuentran instaladas en los aviones Súper King Air 200, 300 y T-34 C aeronaves que sirven de exploración aeromarítima y entrenamiento.

A continuación en la figura se presenta la Hélice Hartzell HC- B4MP-3B.



2.12. Hélice Hartzell HC- B4MP-3B del Avión Super King Air 300

Tabla 2.1 Generalidades de la Hélice Hartzell HC- B4MP-3C

HC	Hélice controlable
----	--------------------

B	Diseño Básico de la hélice
4	Número de palas
M	Tamaño de la Espiga
P	Tamaño del Eje
3B	Modificaciones menores

Tabla 2.2. Especificación de la Hélice Hartzell HC- B4MP-3C

Diámetro de la hélice	8 pies (8 pulgadas)
Peso	229 libras
Paso Alto	27 grados
Paso fino de vuelo	18grados
Bandera	79.5 grados
Reversa	-14 grados
RPM de decolaje	1700
Relación de Rotación	60 a 1
Estación de referencia	42

Tabla 2.3 Generalidades de la Hélice Hartzell HC- B3NT-3D

HC	Hélice controlable
B	Diseño Básico de la hélice
3	Número de palas
N	Tamaño de la Espiga
T	Tamaño del Eje
3D	Modificaciones menores

Tabla 2.4. Especificación de la Hélice Hartzell HC- B3NT-3D

Diámetro de la hélice	8 pies (6 pulgadas)
-----------------------	---------------------

Peso	134 libras
Paso Alto	27 grados
Paso fino de vuelo	17grados
Bandera	87 grados
Reversa	-15 grados
RPM de decolaje	2200
Relación de Rotación	15 a 1
Estación de referencia	30

2.2.2. Velocidad Constante.-

El cambio de ángulos es realizado por medio del gobernador.

2.2.3 Hidromática.-

Todo su trabajo se realiza por presión del aceite.

2.2.4. Paso Variable

Por que puede variar los ángulos.

La hélice esta dividida en tres conjuntos principales que son:

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

2.2.5. 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 torquedadas y frenadas).

2.2.6. Conjunto de la Cruceta.-

Esta construida de acero, la misma que soporta a las cuatro 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 de engranajes de reducción de velocidad.

2.2.7. Conjunto de la Cúpula. -

En el interior de este conjunto se recibe la presión de aceite para variar el ángulo o paso de la hélice, 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 la cúpula.

2.2.8. Conjuntos a Fines.-

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

- El spinner

GOBERNADOR PRINCIPAL.-

Éste conjunto se encuentra localizado en la parte superior frontal de la caja de reducción de velocidad, su principal función es controlar el paso de la hélice por medio de la presión de aceite del motor. Este gobernador principal no es nada más que una bomba del motor que controla la presión de aceite del motor y la hélice.

GOBERNADOR DE SOBRE VELOCIDAD.-

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

EL FCU.-

Este conjunto se encarga de controlar el paso de combustible al motor el mismo que controla las RPM de la hélice mediante la palanca de potencia.

SPINNER.-

Es un cobertor aerodinámico que cubre toda la parte central y frontal de la hélice evitando así que el aire de impacto golpee y produzca resistencia al avance.

2.2.9. 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-DECOLAJE Y REVERSA 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. Las RPM. son 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.

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

2.2.10. Reversa.-

La reversa en el avión funciona 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.

2.2.11. 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.

2.2.12 Luz Indicadora de Low Pitch.-

Esta se ilumina cuando la palanca de la hélice recorre desde el embanderamiento hasta obtener el paso alto, aquí entra a funcionar una caja sincronizadora que iguala la RPM. de las hélices.

2.2.13. Luz de Prop RVS NOT READY.-

Es de color roja y se ilumina cuando las RPM. Decrecen hasta 1675 RPM. ya que el rango de operación normal es de 1700 RPM esta se iluminara siempre que realice la prueba en tierra de reversa.

2.2.1.4. Sistema de Autoembanderamiento.-

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

La hélice se embandera entre los 4.7 PSI en un descolaje normal sistema esta armado, y si el piloto retrocede las palancas de potencia a IDLE en un abordaje, 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 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 esta montado en la caja engranajes de reducción.

Si existe alguna falla del gobernador de velocidad constante este gobernador impide que sobrepase la velocidad de 1700 RPM.

2.3. BALANCEO ESTÁTICO DE LA HÉLICE.

El balanceo estático es un balanceo de fuerzas debidas a la acción de la gravedad, es un proceso de pesado en el que se aplica a la pieza una fuerza de gravedad o una fuerza centrífuga.

Si el rotor esta en balance estático, no rueda bajo la acción de la gravedad sin importar cual sea la posición angular del rotor.

Para obtener balance estático se requiere que el centro de gravedad del sistemas de masas este en el eje $O-O$ de rotación.

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

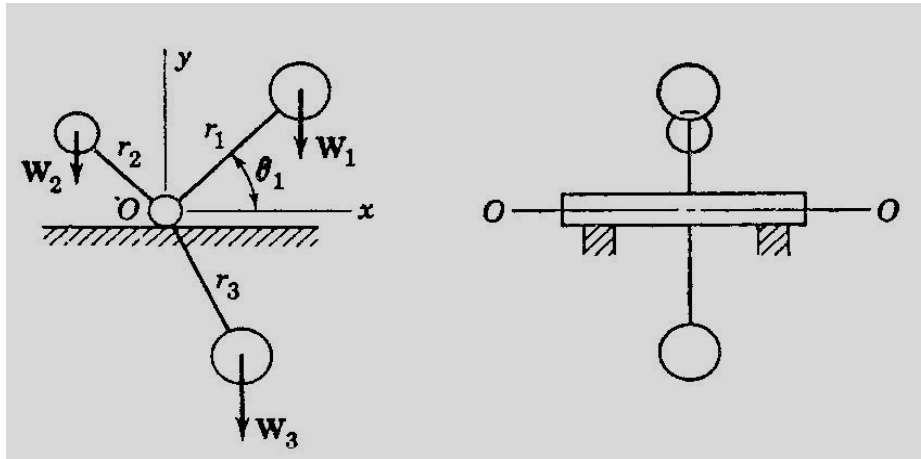


Figura 2.13. Balanceo Estático

El uso de guías paralelas como el la figura es un método sencillo de balancear en el taller o grandes volúmenes de rotores que tienen masas en un plano radial común.

El balance dinámico de las hélices de los aeroplanos se prueba en esta forma a partir de una prueba de balance estático. Se logra un alto grado de balance agregando rodanas a la maza de la hélice en la forma mostrada.

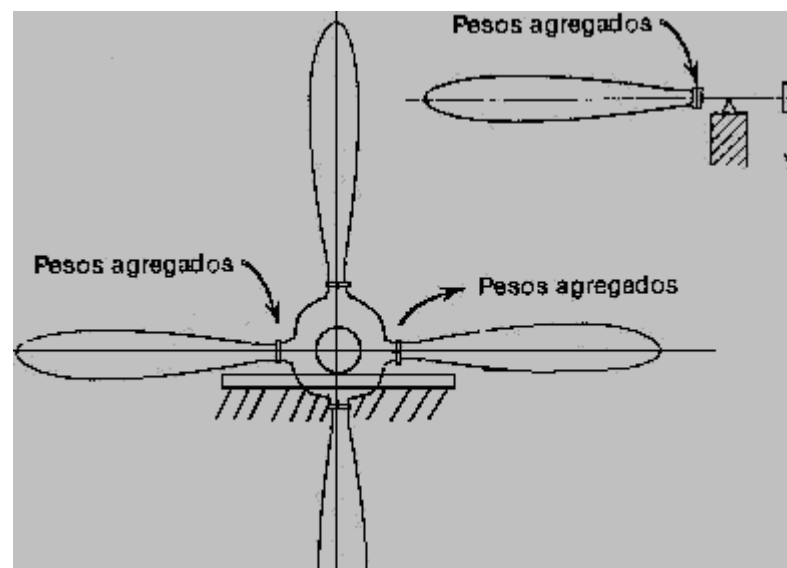


Figura 2.14. Balanceo de la hélice

Adicionalmente, como se indica, se agregan las rodanas al vástago de la hoja, al balancear las aspas individuales contra un momento estándar de balanceo.

No se recurre al balanceo por eliminación de metal mediante el taladro debido a la concentración de esfuerzos originados por los barrenos. Frecuentemente se balancean estáticamente los rotores que tienen la forma general de un disco delgado tales como los engranajes, ruedas, levas, ventiladores, volantes e impulsores.

Balanceo Estático de la Hélice Hartzell

Dentro del procedimiento de Overhaul existe un paso mandatorio del fabricante que se realiza a todo tipo de hélices, es realizar el Balanceo Estático a la hélice.

Las hélices pueden ser balanceadas estáticamente en forma apropiada solamente desmontando la hélice del avión y haciendo una evaluación del balanceo horizontal y vertical sobre un dispositivo especial, y comprobar que el peso sea similar en las dos o más palas de la hélice.

Cuando la hélice está balanceada el funcionamiento del motor es correcto y el avión se comporta adecuadamente en el aire, cuando la hélice está desbalanceada provoca vibración la misma que afecta a la marcha del

motor acortando así la vida útil de este, y puede producir daños a la estructura de la aeronave debido a la vibración.

Una vez realizado el balanceo según la Orden Técnica al momento de instalar la hélice al avión, no se va a tener la presencia de vibración.

El balanceo estático de la hélice debe realizarse únicamente en un taller específicamente habilitado.

Para las hélices hartzell la casa fabricante recomienda en el manual 202 A que: Todas las hélices deben ser lubricadas antes de empezar el proceso de balanceo, y se debe seguir el proceso de lubricación correctamente para mantener el balance estático de la hélice, no seguir los procedimientos de la Orden Técnica y de lubricación puede llegar a provocar desbalanceo y vibración excesiva (ver anexo D).

Lubricar de manera excesiva a una de las palas de la hélice puede provocar desbalanceo de peso en la hélice.

Todas las hélices deben ser balanceadas en un área libre de viento. De esta manera se evitará cometer fallas, debido a que al momento de balancear la hélice estará montada en un eje colocado sobre rodamientos que permiten que el conjunto hélice - eje pueda rodar sin fricción, y la acción del viento sobre la hélice puede provocar que esta gire a un lado dando así una percepción errónea sobre que pala es la que está fuera de balance.

Para la hélice Hartzell la ubicación de los pesos de balance depende de tres factores: tipo de cruceta, tipo de pala y si hay o no contrapesas ver cuadro 2.1 y (anexo A)

TABLA 2.5 Ubicación de Pesos de Balance

Descripción de la Hélice	Ubicación Pesos De Balance
Steel Hub/Aluminum Blade	Blade Clamp Assembly
Steel Hub/Composite Blade	Blade Clamp Assembly
Aluminum Hub/Aluminum Blade	Blade Socket Shoulder
Aluminum Hub Composite Blade	Blade Socket Shoulder
Aluminium Hub Composite Blade Counterweight Clamp	Blade Socket Shouldert Counterweight Clamp

Los procedimientos para balancear hélices de diferente diseño hartzell son los mismos con la excepción de donde van ubicados los pesos de balance (ver anexo C).

Las hélices son balanceadas en posición horizontal y vertical es así como recomienda el manual "202A".

Además el manual de procedimientos estándar "202 A" indica la cantidad de pesos de balance que no se deben exceder por pala (ver anexo A).

La hélice Hartzell HC-B4MP-3B tiene en las abrazaderas ocho agujeros para tornillos (AN501 A 10-6) que da cuatro posiciones que pueden ser usadas en el caso de balanceo estático para ubicar los pesos de balance, en este caso la hélice tiene sistema DE ICE donde se ubicaran las conexiones eléctricas de las botas.

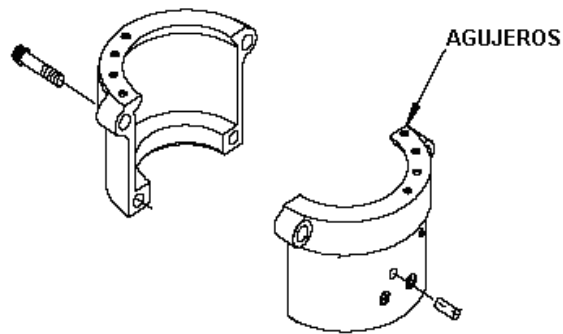


Figura 2.15. Posiciones de Tornillos

La hélice es un componente de la aeronave que está más propensa a sufrir daños es por eso que se le debe dar el mantenimiento adecuado y de acuerdo a las ordenes técnicas que manda el manual de mantenimiento.

Se debe eliminar melladuras, rajaduras e impactos de las palas, usando una escorquina, procurando hacer lo mismo a las cuatro palas de la hélice para evitar desbalancear a la hélice. Si es una reparación de tipo mayor se procede a un nuevo chequeo en lo que respecta al balanceo estático de la hélice.

Balanceo Dinámico de la Hélice Hartzell

Las hélices también pueden ser balanceadas dinámicamente montadas en la aeronave. Cuando esto se pueda realizar, el Manual de Mantenimiento deberá describir los procedimientos específicos para la colocación de los pesos de balanceo. Estos se instalan usualmente sobre el plato posterior del cono de hélice usando un equipo específico para el balanceo dinámico, para determinar los valores exactos de los pesos.

A menos que el Manual de Mantenimiento de la aeronave autorice el balanceo dinámico para un modelo específico, el balanceo de la hélice debe estar limitado al balanceo estático.

Antes de realizar el balanceo dinámico la hélice debe ser balanceada estáticamente, si no se lo realiza esta puede estar severamente desbalanceada así que el balanceo dinámico no debe ser realizado (ver anexo B).

2.4. EQUIPOS PARA BALANCEO.

Los tipos de bancos de pruebas que se han podido investigar para calibrar hélices son:

- Equipo para balancear Micro-Poise Sistema de Péndulo
- Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices con fosa.
- Equipo para balanceo de la hélice con bases.

A continuación se presenta las fotos de cada uno de los bancos enunciados:

2.4.1. Equipo para balancear Micro-Poise Sistema de Péndulo

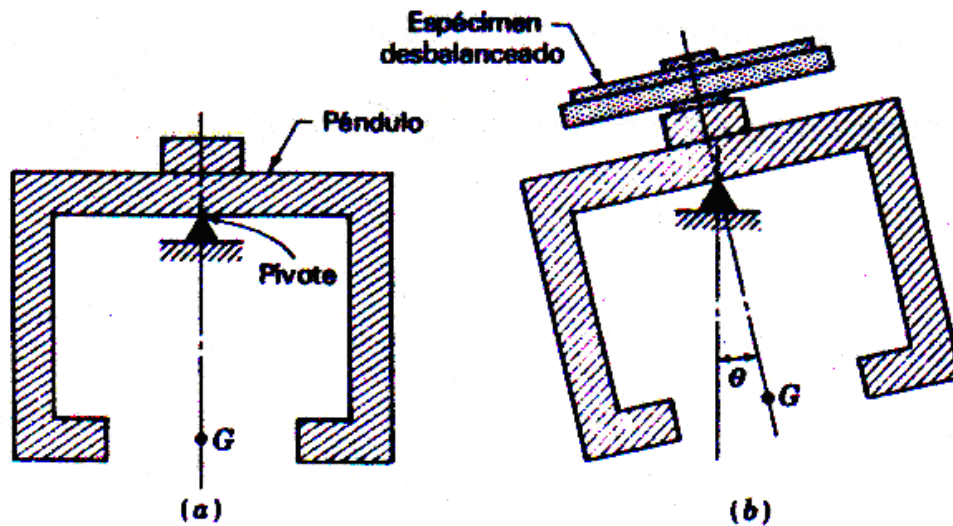


Figura 2.16. Equipo para Balancear Micro-Poise.

Cuando se fabrican piezas de máquinas en grandes cantidades se puede utilizar un sistema de péndulo como el de la figura, el que proporciona tanto la magnitud como la ubicación del desequilibrio y en el que no es necesario hacer girar la pieza. La dirección de la inclinación da la ubicación del desequilibrio y el ángulo indica la magnitud.

2.4.2. Equipo para el balanceo de las hélices con fosa.



Figura 2.17. Equipo para el balanceo estático con fosa.

El banco de prueba para inspeccionar el balanceo de las hélices permitirá mediante un equilibrio y alineación, determinar si la hélice tiene desbalanceo lo que permitirá aumentar vibraciones perjudiciales al momento del decolaje y vuelo.

2.4.3 Equipo para balanceo de la hélice con bases.

El equipo de balanceo estático es un equipo que ayuda a verificar el balance de la hélice entre las palas.

Este equipo esta compuesto de:

- Eje
- Rodamientos
- Bases
- Pesos de balance

La hélice debe estar montada en el equipo de balanceo, para esto el conjunto de la cúpula debe ser desmontado de la hélice, para que pueda ser colocado un eje de modo que la hélice quede en medio del mismo y se pueda apoyar todo el conjunto sobre los dos montantes, así todo el conjunto hélice - eje queda estable entre los montantes.

Sobre los montantes se ubican rodillos que ayudan a que el conjunto hélice - eje giren con facilidad y así poder determinar cual pala es la de mayor peso o cual de las palas es la de menor peso y así poder colocar los pesos de balance e ir viendo si se excede el peso o si aun hace falta peso en la pala.

Los montantes soportan el peso del conjunto hélice-eje y van empotrados al piso evitando así cualquier tipo de desplazamiento del equipo de balanceo durante el proceso, que provocaría cometer errores en el momento del balancear la hélice.



Figura 2.18 Equipo de balanceo con bases.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.

En base a los equipos para balanceo estático descritos en el capítulo anterior se plantean las siguientes alternativas:

- Equipo de balanceo estático con fosa.
- Equipo de balanceo estático con bases.

3.2 ESTUDIO TÉCNICO.

3.2.1 Primera Alternativa.

La primera alternativa trata sobre la construcción de un equipo para el balanceo estático de hélices con fosa, para la construcción de este equipo hay que cavar una fosa para que la hélice gire libremente cuando se encuentre montado en el equipo, consta de las siguientes partes:

1. eje
2. rodamientos
3. fosa



Figura 3.1 Equipo para el balance estático con fosa.

3.2.2 Segunda Alternativa.

La segunda alternativa trata sobre la construcción del equipo para el balanceo estático de las hélices con bases.

Este equipo permite verificar y realizar el balanceo estático de la hélice, para realizarlo la hélice debe ser desmontado de la aeronave y colocada el eje que permitirá que la hélice sea montada sobre los rodamientos. Este equipo o consta de las siguientes partes:

- Eje
- Rodamientos
- Bases



Figura 3.2 Equipo de balanceo con bases.

3.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

En el estudio de factibilidad se debe tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa para determinar cuál sería la mejor y analizar requerimientos técnicos de la misma.

3.3.1 Primera Alternativa.

Construcción de un banco de prueba para inspeccionar el balanceo estático de las hélices con fosa.

Ventajas.

- Su función principal es la de determinar el balanceo de la hélice.
- Se pueden balancear hélices de mayor diámetro.

Desventajas.

- Peligro de caída del operador en la fosa.
- El lugar que ocupa el banco es considerablemente grande en el taller de trabajo.

3.3.2 Segunda Alternativa.

Construcción de un banco de pruebas para el balance estático de las hélices con bases.

Ventajas.

- Su función principal es la de determinar el balanceo de la hélice hartzell de tres y cuatro palas.
- Reducido espacio para su instalación.
- Fácil operación.
- Mantenimiento sencillo.

Desventajas.

- Obligatoriamente debe estar debidamente empotrado para evitar problemas de estabilidad.

3.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS.

Para elegir la mejor alternativa se toma en cuenta las ventajas y desventajas que presentan y la opción que tenga mayor calificación será la elegida para posteriormente ser construida.

Los parámetros de evaluación tendrán un factor de importancia o ponderación llamado X y su valor estará comprendido entre cero y diez, de tal manera que las alternativas serán evaluadas en función de ciertos parámetros y aquella que obtenga el valor más alto en su calificación será seleccionada para la construcción.

Los tres factores a considerar dentro de los parámetros de selección son: Técnico, Económico y Ergonómico:

Factor Técnico:

- Accesibilidad.
- Seguridad.
- Proceso de Construcción.

- Didáctico.
- Materiales.
- Facilidad de Operación y Control.
- Fiabilidad.
- Mantenimiento.

Factor Económico

- Costo de implementación y operación.
- Costo de fabricación

Factor Ergonómico

- Tamaño y forma

Cada uno de estos parámetros se define de la siguiente manera:

- **Accesibilidad.-** Se refiere a los procesos de montaje y desmontaje, así como la facilidad de acceso de sus partes en el momento de la operación y mantenimiento. Tendrá un valor de 8.
- **Seguridad.-** Es necesario para desarrollar el trabajo de mantenimiento en la hélice de manera segura y con un buen ambiente de trabajo. Tiene un valor de 6.

- **Proceso de Construcción.-** Es importante contar con un taller bien equipado en cuanto a variedad de herramientas, para construir las partes de la máquina y su ensamblaje, además evaluará la complejidad de construcción de cada una de los componentes del banco de comprobación. Tiene un valor de 8.

- **Didáctico.-** Se refiere a la capacidad que el equipo brinda al estudiante para entender de una manera rápida el proceso que explica el banco de comprobación. Tiene un valor de 6.

- **Materiales.-** Analiza las características, el tipo de material más adecuado y que sea de fácil adquisición para la construcción del banco. Tiene un valor de 8.

- **Facilidad de Operación y Control.-** Trata acerca de la sencillez de operación y control. Tiene un valor de 7.

- **Fiabilidad.-** Las alternativas a elegir deben tener un funcionamiento satisfactorio por lo que es un factor muy importante. Tiene un valor de 8.

- **Mantenimiento.-** La facilidad que se puede adquirir los repuestos en el mercado local para establecer un adecuado funcionamiento para que el equipo cumpla con su objetivo. Tiene un valor 5.

- **Costo de fabricación.-** Implica el costo de los componentes que involucra a cada alternativa. Tiene un valor de 7.

- **Costo de implementación y operación.-** Busca la opción más económica en el consumo de energía durante su operación. Tiene un valor de 6.

- **Tamaño y forma.-** Tanto el tamaño que es el espacio físico que ocupará la maqueta y su forma física y estética. Tiene un valor de 2

Tabla 3.1: Matriz de Evaluación

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	X	ALTERNATIVAS	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Accesibilidad	8	5	6
Seguridad	6	6	6
Proceso de Construcción	8	6	7
Materiales	8	6	6
Facilidad de Operación y Control	7	6	6
Didáctico	6	7	7
Fiabilidad	8	6	7
Mantenimiento	8	7	8
Costo de fabricación	7	5	7
Costo de Implementación	6	4	4
Forma y Tamaño	2	3	4

Tabla 3.2: Matriz de Decisión

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Accesibilidad	40	48
Seguridad	36	36
Proceso de Construcción	48	56
Materiales	48	48
Facilidad de Operación y Control	42	42
Didáctico	42	42
Fiabilidad	48	56
Mantenimiento	56	64
Costo de fabricación	35	49
Costo de Implementación	24	24
Forma y Tamaño	6	8
TOTAL	447	451

3.5 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Realizado el estudio técnico, económico y ergonómico de las alternativas en base de parámetros de construcción, se ha decidido que la segunda alternativa es la más adecuada.

3.6 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

Como requerimiento para balancear la hélice hartzell el eje del equipo de balanceo estático debe estar a una altura mínima de 1.55 m de altura para

evitar que la punta de la hélice rose o choque con el suelo y tener una distancia entre las bases de 38 cm.

El eje debe tener un diámetro de 21/4" para que sea introducido en la cruceta de la hélice.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Este equipo se usa para balancear la hélice, ayudado por la fuerza de gravedad que hará caer a la pala que esté más pesada. Este equipo está conformado por:

- Puntos de apoyo para el balanceo
- Un eje
- Dos bases
- Pesos de balance

PUNTOS DE APOYO

Es sobre estos puntos que el conjunto hélice - eje va montado. Los dos puntos de apoyo están contruidos de acero SAE 1020 y contruidos por rodamientos (6202) para permitir que el conjunto hélice - eje gire sin fricción, esta piezas de acero tienen un canal en la mitad para permitir que los rodamientos giren, perforaciones en los extremos superiores para permitir la colocación de los pasadores que soportan a los rodamientos, una concavidad en la parte superior que permite que los cojinetes sobresalgan y así poder colocar el conjunto hélice - eje y que este gire sin tener resistencia, los dos puntos de apoyo tienen perforaciones en la parte inferior para poder colocar un tomillo

que se enrosca en la tuerca que tiene las bases en su parte superior, este tornillo permite nivelar al eje y aumenta una altura de 3 cm.



Figura 4.1 Puntos de Apoyo.

EJE

Esta construido de acero SAE 1020, tiene una longitud de 62 cm. El diámetro del eje es de medida del diámetro interno de la cruceta de la hélice.



Figura 4.2 Eje

BASES

Están construidas de tubos de 2 1/2" x 3mm de espesor y tiene una altura de 1.50 m. estas bases en la parte inferior tienen una plancha con cuatro agujeros que sirven para asegurar las bases al piso mediante pernos. Los tubos van soldados sobre las planchas de acero de 8mm. de espesor.

En la parte superior dentro del tubo se encuentra soldada una tuerca que sirve para alojar al tornillo de los puntos de apoyo.



Figura. 4.3 Bases del Equipo de Balanceo

PESOS DE BALANCE

Los pesos de balance P/N A-1305 ítem 640 proporciona la casa fabricante.



Figura 4.4 Pesos de balance

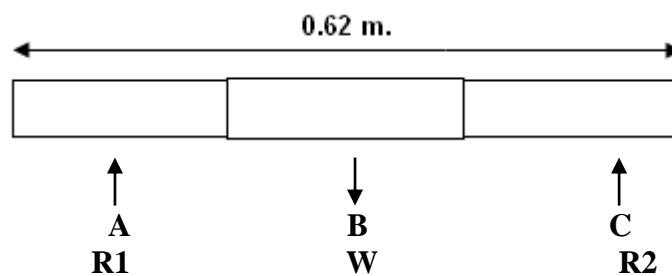
4.2 FUNCIONAMIENTO

Siguiendo la hélice montada en el equipo se procede a balancear a la hélice colocando los pesos de balance en las palas menos pesadas de la hélice, y el balanceo se realiza en posición vertical y horizontal, anotando los pesos de balance que necesita la pala procurando no exceder el número de los pesos de balance de acuerdo al tipo de hélice como manda el manual 202 A hasta que la hélice permanezcan en cualquier posición que se la coloque y no gire como cuando está desbalanceada.

Para el caso de hélices no se puede reducir peso haciendo perforaciones en la pala debido a que las palas de la hélice están expuestas a grandes esfuerzos en vuelo.

Para construir las diferentes partes del equipo de balanceo, se usaron varias máquinas, herramientas y equipos existentes en el taller de mantenimiento de La AVINAV sección tornos.

4.3 CALCULOS



DATOS

Material

Acero SAE 1020

$W=228$ lb.

$L = 0.62$ m.

R eje= 0.02855 m.

$$\sum Fy = 0$$

$$R1 + R2 - W = 0$$

$$R1 + R2 = W$$

$$R1 = R2$$

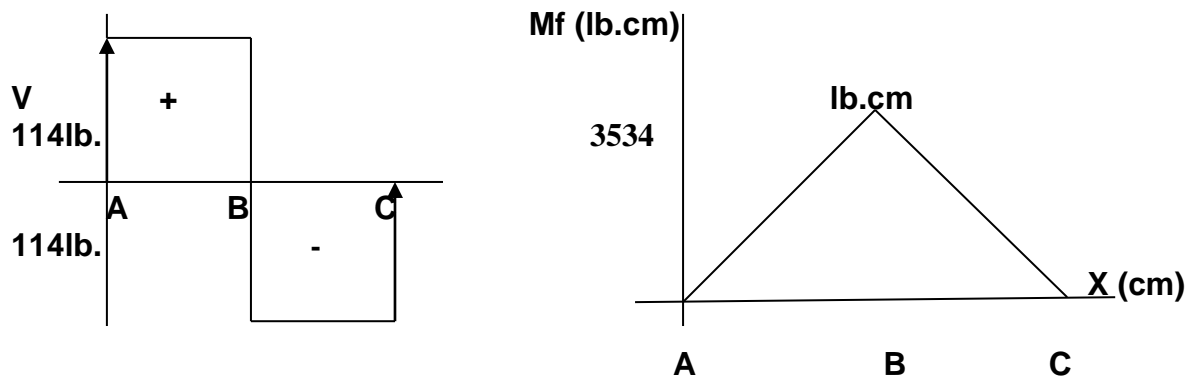
$$R1 = \frac{W}{2}$$

Como el peso esta en el centro de la barra y equidistante a los puntos de apoyo.

$$R1 = \frac{W}{2} \quad R1 = \frac{228(lb)}{2} = 114(lb.)$$

$$R2 = 114(lb.)$$

4.3.1 DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



$$V_{max} = 114 \text{ lb.} \times \frac{1\text{Kg}}{2.2\text{lb.}} = 51.8 \text{ Kg.}$$

$$Mf_{max} = 3534 \text{ lb.m} \times \frac{1\text{Kg.}}{2.2\text{lb.}} \times \frac{1\text{m.}}{100\text{cm.}} = 16.1\text{Kg.m}$$

Se utiliza un acero SAE 1020 cuyo limite de fluencia es de 2400 Kg. /cm²

$$\sigma_{tra} = \frac{Mf.Y}{Ix}$$

$$Ix = \frac{\pi.r^4}{4} \quad Ix = \frac{\pi(0.02855)^4}{4} \quad Ix = 5.18 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{16.1Kg.m \times 0.02855m}{5.218 \times 10^{-7} m^4}$$

$$\sigma = 880.9 \frac{Kg}{m^2} \times \frac{1m}{(100cm)^2} \quad \sigma_{tra} = 88.1 \frac{Kg}{cm^2}$$

$\sigma_{tra} < \sigma_{cortante}$ SE ACEPTA EL MATERIAL

4.4 Codificación de Máquinas, Equipos y Herramientas

Tabla 4.1: Datos técnicos de las máquinas utilizadas en el proyecto.

Nº	MAQUINA	MARCA	CARACTERÍSTICAS	CODIFICACIÓN
1	TORNO	SAN-SHING SB-25	Distancia entre puntos 1000 mm., 3HP, 450 mm. de volteo.	M1
2	FRESA	BRIDGEPORT	1/2 HP, 220 V, velocidad 150RPM a 1500RPM	M2
3	TALADRO ELECTRICO	RONG LONG	220 V, 1700RPM	M3
4	SIERRA	WILLIAMS	14" de avance	

Tabla 4.2: Datos técnicos de las herramientas utilizadas en el proyecto.

Nº	HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICA	CODIFICACIÓN
1	FRESA	Cierra circular	H1
2	FRESA	Corte Horizontal	H2
3	BROCAS	HSS, diferente diámetro	H3
4	FLEXO METRO		H4

Tabla 4.3: Datos técnicos de los equipos utilizados en el proyecto.

Nº	EQUIPO	MARCA	CARACTERÍSTICA	CODIFICACIÓN
01	Suelda eléctrica	Súper Bantam	325 AC/DC	E1
02	Compresor	Ron long	HP	E2

Tabla 4.4. Tiempo de operación en los diferentes procesos de construcción.

ELEMENTO	OPERACION (h)							
	A	B	C	D	E	F	G	Total
Simbología								
Puntos de apoyo	0.25	1		2	2.5	0.33		6.08
Base	0.50	0.50	0.83				0.75	2.58
Eje	0.25	0.25		2.50				3
Pasadores	0.25			0.50				0.75
Total por operación	1.25	1.75	0.83	5	2.5	0.33	0.75	12.41

Simbología:

- A. Trazado.
- B. Corte.
- C. Soldado.
- D. Torneado.
- E. Fresado.
- F. Perforado.
- G. Pintado.

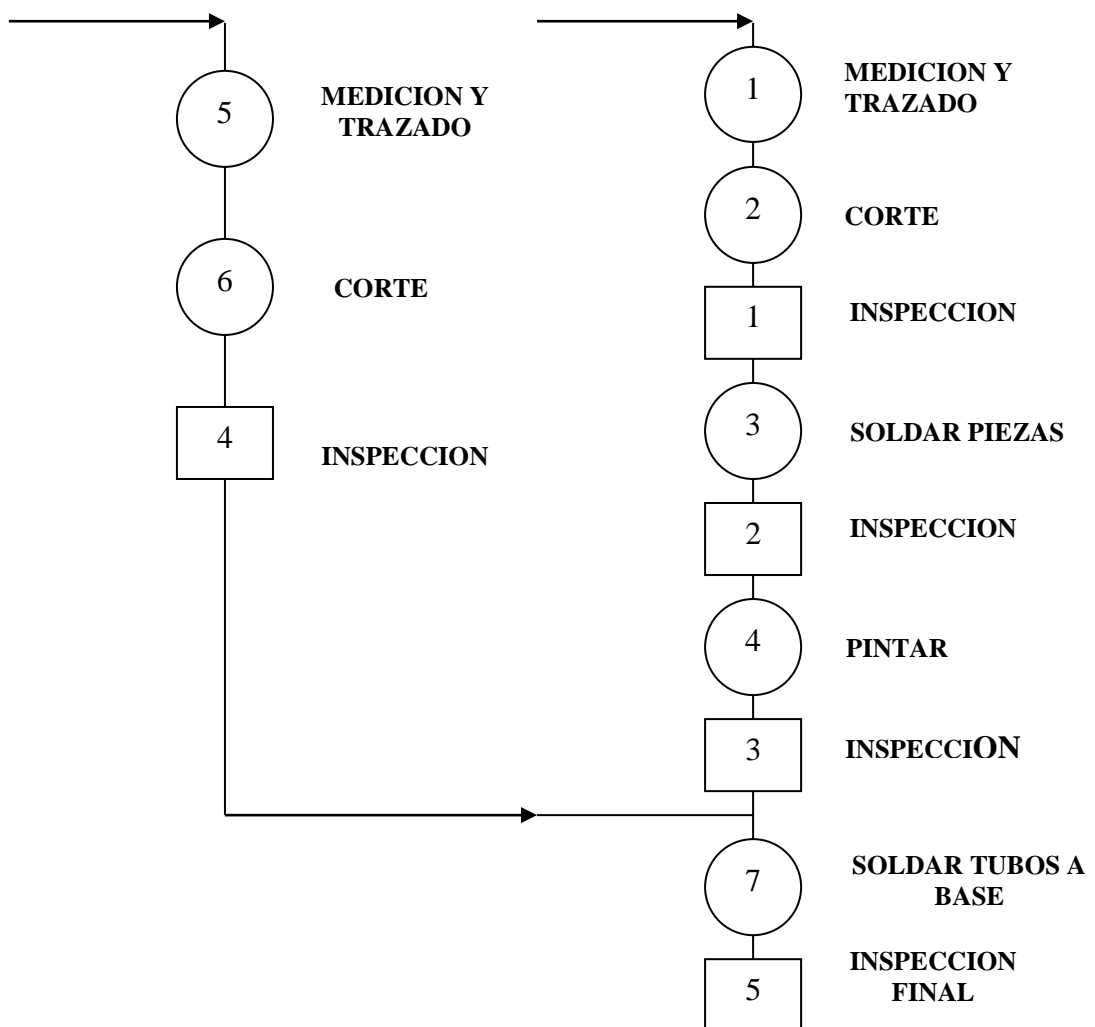
4.5 DIAGRAMAS DE PROCESOS.

A continuación se presenta los diagramas de procesos de la construcción de la base y los puntos de apoyo.

4.5.1 DIAGRAMA DE FABRICACIÓN DE LAS BASES SEGÚN EL PLANO.

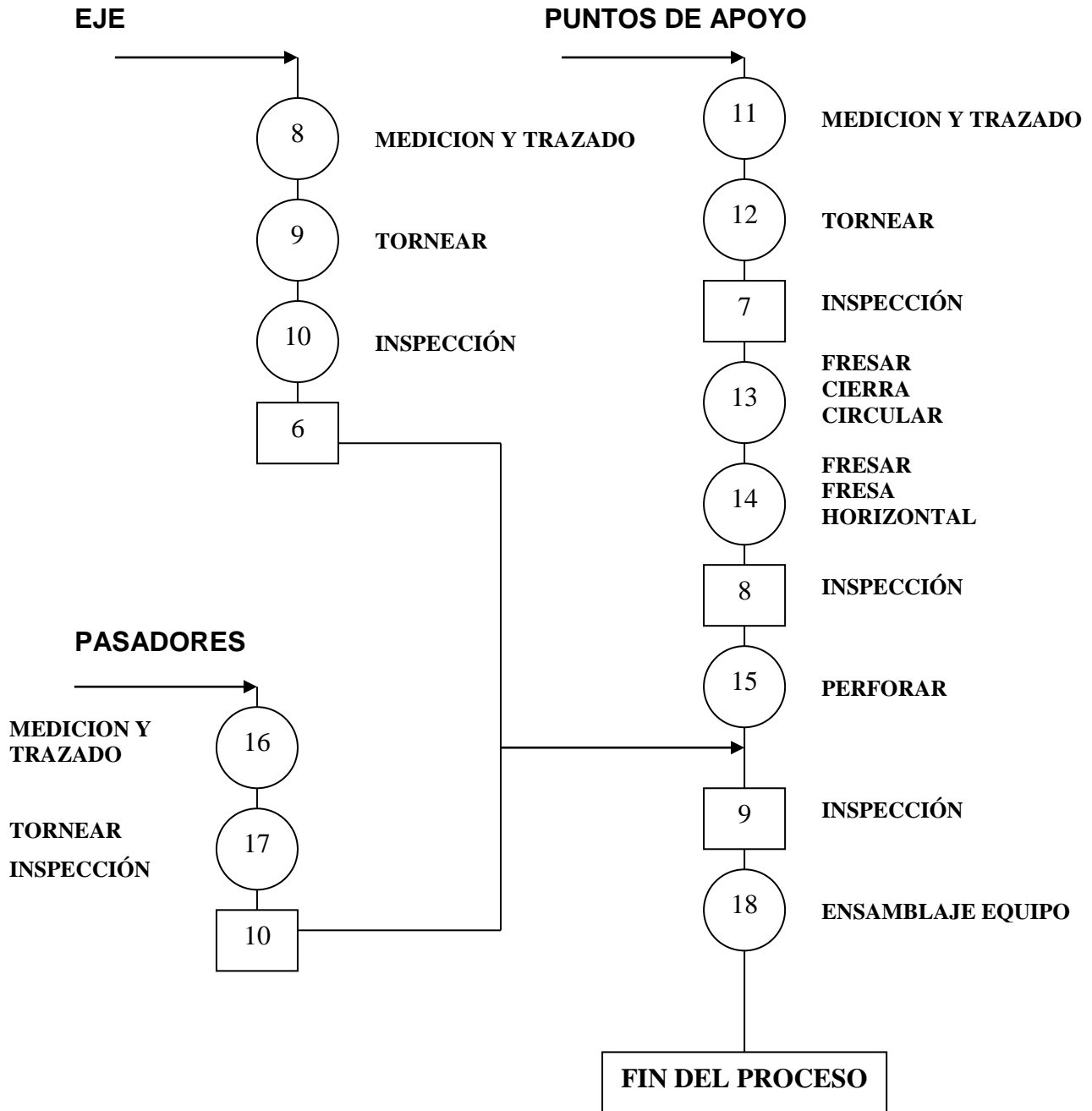
MATERIAL: Tubos de 2 ½" por 3 mm.

Planchas de hierro de 8 mm.



4.5.2 DIAGRAMA DE FABRICACIÓN DE LOS PUNTOS DE APOYO Y EJE SEGÚN EL PLANO.

MATERIAL: Acero SAE 1020 2 1/2 "x 650 mm. Acero SAE 1020 5" x 60 mm.



CAPÍTULO V

ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL


En este capítulo, se establecen los distintos procedimientos de operación, mantenimiento, prueba de funcionamiento, registros de operación, mantenimiento y daños para su correcto funcionamiento y operación del equipo.

Tabla 5.1 Codificación de los manuales.

Procedimiento	Código
Pruebas de Funcionamiento.	PF-BE-P
Manual de Operación.	MO-BE-P
Manual de Mantenimiento.	MM-BE-P
Registro de mantenimiento.	FR-BE-R
Registro de funcionamiento.	FR-BE-R
Registro de daños.	FR-BE-R

5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

ITSA	REGISTRO		Pág.: 1 de 1																				
	EQUIPO DE BALANCEO ESTÁTICO PARA LA HÉLICE HARTZELL		Código :PF-BE-P																				
	Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge		Revisión No. : 1																				
MECANICA	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag.	Fecha : 2006-07-19	Fecha : 2006-07-19																				
Pruebas Iniciales:																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Palas</th> <th style="width: 25%;">Horizontal N° pesos</th> <th style="width: 25%;">Vertical N° pesos</th> <th style="width: 25%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°1</td> <td>4 pesos</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N°2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N°3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Palas	Horizontal N° pesos	Vertical N° pesos	Observaciones	N°1	4 pesos			N°2				N°3				N°4			
Palas	Horizontal N° pesos	Vertical N° pesos	Observaciones																				
N°1	4 pesos																						
N°2																							
N°3																							
N°4																							
TIPO DE HÉLICE:		Hartzell Controlable																					
MODELO:		HC – B3TN-3D																					
Condiciones Ambientales :																							
Temperatura 18 ° C																							
Reporte de Inspección:																							
Realizado el balanceo estático de la hélice HC – B3TN-3D N° serie 774925																							
Avión Super King Air 200 en la que observamos que el balanceo estático																							
Se encuentra sin novedad																							
Compañía de aviación Solicitante:																							
FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____																							

ITSA	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		Pág. : 1 de 2
	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO PARA EL BALANCEO ESTÁTICO DE LA HELICE HARTZELL		Código :PF-BE-P
	Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge		Revisión No. : 1
MECANICA	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag.	Fecha : 2006-07-19	Fecha : 2006-07-19

1. OBJETIVO:


Documentar las pruebas de funcionamiento para la operación del equipo de Balanceo Estático para la hélice Hartzell.

2. ALCANCE:


Analizar el correcto funcionamiento del equipo de Balanceo Estático para la hélice Hartzell.


3. PROCEDIMIENTOS:

1. Desmontar el conjunto de la cúpula de la hélice.
2. Colocar el eje del equipo de balanceo en la hélice.
3. Colocar la hélice en el equipo de balanceo.
4. Verificar el balance de la hélice.
5. Detectar la pala mas pesada.
6. Realizar balanceo horizontal a las palas y remover los pesos de balance.
7. Anotar en el registro de operación el Número de pesos de balance utilizados.
8. Realizar balanceo vertical solo a dos palas y remover los pesos de balance.
9. Anotar en el registro de operación el Número de pesos de balance utilizados


ITSA	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		Pág. : 2de 2
	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO PARA EL BALANCEO ESTÁTICO DE LA HELICE HARTZELL		Código: PF-BE-P
			Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge
MECANICA	Aprobado por: Ing. Bassantes Dag.	Fecha : 2006-07-19	Fecha : 2006-07-19
<p>10. Distribuir los pesos de balance para mantener el balance estático de las palas.</p> <p>11. Colocar cualquiera de las palas en cualquier posición, la pala debe permanecer en esa posición.</p> <p>12. Realizar las anotaciones en los registros de operación.</p>			
<p>4.FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

5.3.- MANUAL DE OPERACIÓN.

ITSA	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. :1 de 2
	OPERACIÓN DEL EQUIPO DE BALANCEO ESTÁTICO PARA LA HÉLICE HARTZELL		Código: MO-BE-P
	Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge		Revisión No. : 1
MECANICA	Aprobado por Ing. Bassantes Dag	Fecha : 2006-07-19	Fecha : 2006-07-19
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar el procedimiento para la operación del equipo de balanceo para la hélice hartzell.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Realizar la correcta operación del equipo de balanceo estático para la hélice hartzell.</p> <p>3. PROCEDIMIENTO:</p> <p>NOTA: Este procedimiento aplica a balance arbor equipment cuando se balancea una hélice con cruceta de acero con palas de aluminio o material compuesto.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar el eje del equipo de balanceo sobre los puntos de apoyo. 2. Nivelar el eje, subiendo o bajando los puntos de apoyo. 3. Comprobar que el eje se encuentra nivelado usando un nivel de burbuja. 4. Con la hélice desmontado el conjunto de la cúpula, introducir el eje del equipo de balanceo estático en la cruceta asegurarse que este bien colocado. 5. Colocar hélice - eje sobre los puntos de apoyo. 6. Verificar el balance horizontal disponiendo los pesos de balance en la esquina de la pala y abrazadera. 7. Anote el numero de pesos de balance requeridos para el balance 8. Remover los pesos de balance horizontales. 			

ITSA	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. : 2de 2
	OPERACIÓN DEL EQUIPO DE BALANCEO ESTÁTICO PARA LA HÉLICE HARTZELL		Código :MO-BE-P
	Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge		Revisión No. : 1
MECANICA	Aprobado por Ing. Bassantes Dag	Fecha : 2006-07-19	Fecha : 2006-07-19
<p>9. Chequear el balance vertical con la pala pesada arriba.</p> <p>NOTA: Balance vertical es requerido en dos palas de la hélice solamente.</p> <p>10. Colocar los pesos de balance en el borde de la abrazadera de la pala junto a la pala.</p> <p>11. Alinear los pesos de balance con el borde de ataque o borde de salida de la pala.</p> <p>12. Anotar el número de pesos de balance requeridos para el balanceo.</p> <p>13. Remover los pesos de balance verticales.</p> <p>14. distribuir los pesos de balance para mantener el balanceo horizontal y vertical.</p> <p>AVISO: NO EXCEDER EL LIMITE DE PESOS DE BALANCE ESPECIFICADOS EN EL (ANEXO A)</p> <p>15. Unir los pesos de balance a las abrazaderas de las palas con tornillos apropiados.</p> <p>16. Asegurar los tornillos de unión de los pesos de balance usando alambre de freno de 0.032 inch. (0.81 mm.) de diámetro mínimo.</p> <p>4. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

5.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág. : 2de 2
	MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE BALANCEO ESTÁTICO PARA LA HÉLICE HARTZELL		Código :MM-BE-P
			Elaborado por: CBOS MC-AV Tigaci Jorge
MECANICA	Aprobado por Ing. Bassantes Dag	Fecha : 2006-07-19	Fecha: 2006-07-19
<p>1. OBJETIVO :</p> <p>Documentar el procedimiento de mantenimiento del equipo de Balanceo Estático para la hélice Hartzell.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Contempla el equipo de Balanceo Estático para la hélice hartzell destinado a ser dado mantenimiento.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Semanalmente deben limpiarse y examinarse los rodamientos, si se los limpia con disolventes (<u>petróleo</u> refinado, parafina, etc.) deberán aceitarse o engrasarse inmediatamente para evitar su oxidación. 2. Semestralmente verificar el estado del eje, evitando que se produzca corrosión. 3. Semestralmente verificar el estado de la rosca de los puntos de apoyo y la tuerca de las bases evitando que se produzca corrosión en estos componentes. 4. Anualmente revisar la parte inferior de las bases, para evitar corrosión. <p>4.FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se especifica el costo de la construcción del equipo para el balance estático para la hélice Hartzell.

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.

En la construcción de este proyecto se tomo en cuenta 4 factores económicos más relevantes siendo estos:

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

6.1.1 Máquinas, Herramientas y Equipos.

Para la construcción del equipo de balanceo estático se utilizaron máquinas, herramientas y equipos existentes en el Taller de mantenimiento de la AVIACION NAVAL tornos y en el Departamento de Hélices ALA N° 11

Tabla 6.1. Cuadro de costos de utilización de las máquinas y herramientas

No.	ÍTEM	CODIFICACIÓN	TIEMPO HORAS	VALOR USD/HORA	SUBTOTAL (USD)
01	Torno	M1	6.00	15	90
02	Fresadora	M2	3,50	20	70
03	Sierra Eléctrica	M4	1	7	7
04	Suelda eléctrica	E1	2	10	20
05	Compresor	E2	1	9	9
06	Taladro	M3	0.50	5	2.50
TOTAL			14		198.5

6.1.2 Materiales.

En este factor se incluyen todos los materiales usados para la construcción del equipo para el balanceo estático de la hélice Hartzell.

Tabla 6.2. Lista de materiales del equipo de balanceo.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO					
No.	ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO (USD.)	SUBTOTAL (USD.)
1	Acero SAE 1020 de 3' 1/2 x 700 mm.	30	Kg.	6	180
2	Acero Sae1018 de 6" x 60 mm.	7	Kg.	6	42
3	Tubo de 2" 1/2 x 3 mm.	7	m.	30	30
4	Plancha de hierro 20 x 20 mm. x 8 mm.	1		10	20
5	Rodamientos	4		3	12
TOTAL DE MATERIALES					284

6.1.3. Mano de Obra.

Comprende la fabricación del eje, los puntos de apoyo, las bases del equipo, soldadura de las partes.

Tabla 6.3. Costo de mano de obra.

No.	DETALLE	VALOR (USD)
01	Eje, puntos de apoyo y bases	100
02	Soldadura de Partes	20
TOTAL MANO DE OBRA		120

6.1.4. Otros.

Se mencionan los costos de pruebas funcionales, Internet e imprevistos que no se mencionaron en las tablas anteriores.

Tabla 6.4. Otros Gastos.

No.	DETALLE	VALOR (USD)
01	Pruebas de funcionamiento	20
02	Internet	20
03	Documentación requerida	20
04	Otros	20
TOTAL DE OTROS GASTOS		80

Considerando todos los aspectos económicos antes mencionados en las tablas, el costo total del equipo de balanceo estático es:

Tabla 6.5. Costo Total del Proyecto.

No.	DETALLE	VALOR (USD)
01	Materiales y accesorios	284
02	Máquinas y herramientas	198.5
03	Mano de obra	120
04	Otros	80
TOTAL DEL PROYECTO		682.5

El valor invertido en el proyecto es de 682.5 (seiscientos ochenta y dos con 50 centavos americanos)

CAPITULO VII

OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo se desarrollado en base a los objetivos propuestos en este proyecto y que han sido cumplidos totalmente, a continuación presentamos las observaciones, conclusiones y recomendaciones que han dejado el proyecto de tesis.

7.1 .OBSERVACIONES

- a) Toda la información recopilada se encuentra en los manuales de la Hélice Hartzell y la Aviación Naval (Guayaquil).
- b) Los manuales de este equipo se realizo en base al tipo de la Hélice y el balance a cual esta destinada.
- c) En este equipo de balanceo estático se pueden también balancear hélices de los aviones Súper King Air 200 y T- 34C, ya que son hélices de la misma casa fabricante Hartzell, y que no deben tener un diámetro mayor a 1.50 m.
- d) Las pruebas de funcionamiento del equipo de balanceo se las realizo con una hélice que se encuentra en el laboratorio de Mecánica del ITSA con Asesor del proyecto.

7.2 CONCLUSIONES

- 1) El equipo de balanceo estático para la hélice Hartzell en base a las pruebas realizadas se encuentra en condiciones estándar de funcionamiento.
- 2) Los estudios realizados sobre las características técnicas de balanceo, ayudo para obtener información sobre equipos y herramientas que se usan en el proceso de balanceo estático de una hélice, y sobre estas propuestas se plantearon y realizaron las alternativas de construcción.
- 3) Los manuales de operación y mantenimiento descritos anteriormente permiten el chequeo, mantenimiento, del equipo de balanceo previo, durante y después de la utilización del equipo de la misma manera su mantenimiento programable y secuencial.
- 4) Este equipo se lo puede utilizar en cualquier tipo de hélice Hartzell, la única diferencia que existe es la variación del diámetro del eje, mientras que los procedimientos son, los mismos.

7.3 RECOMENDACIONES

- 1) Dentro de las recomendaciones se recalca que el personal que va utilizar el equipo de balanceo debe realizar un estudio y adiestramiento

general de las partes y componentes de este equipo de balanceo estático para correcto uso y un eficaz balanceo.

- 2) También se recomienda seguir los procedimientos descritos en los respectivos manuales de operación, mantenimiento y funcionamiento, con el fin de evitar daño o una operación este equipo.
- 3) Otras de las recomendaciones es de empotrar las bases en un lugar firme y nivelado con el fin de obtener un perfecto balanceo ya que si no se realiza esto pueden existir fallas en el balanceo, adicional este banco tiene unos puntos de apoyo regulables para que no exista este tipo de problemas.
- 4) Se recomienda llenar los diferentes formularios después de realizar el balanceo respectivo para constancia del trabajo realizado.

Bibliografía

- Hartzell, Manual de Mantenimiento de la Hélice.
- 2003 Wichita (Kansas)
- Hartzell, Manual de Practicas Estándar N° 202 A.
- 2003 Wichita (Kansas)
- Hartzell, Manual de Catalogo de Partes de la Hélice.
- 2003 Wichita (Kansas)
- Hartzell, Manual de Boletines de Servicio.
- 2003 Wichita (Kansas)
- Hartzell, Manual de Instrucciones de Servicio.
- 2003 Wichita (Kansas)
- Manual de Mantenimiento, del Avión Súper King Air 300.
- 2004 Raytheon (Florida)
- Super King Air 300 Maintenance Training Manual. For Training Purposes only. 2002 Texas.

Internet

<http://www.Monografias.com>

www.hartzell.propeller.com

www.geocities.com/mecanicoweb/26a.htm.

www.eletrerava.es/espanol/docum/equilibradosecc-01html.