

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227.

POR:

VALENCIA FUEL JOHNATAN FERNANDO

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título
de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **VALENCIA FUEL JOHNATAN FERNANDO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**.

TLGO. ULICES CEDILLO
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, 1 de Mayo del 2013

DEDICATORIA

“Que no importe el fin del camino,
sino las enseñanzas que te reportan
sus pasos por el”.

Cayetano Arroyo.

Tras un suave respirar, un suspiro podría ser, el punto en el que se une la conciencia y el corazón; en ese frágil segundo te das cuenta de lo que en realidad significa la vida: un camino a seguir lleno de metas anhelos, cosas por aprender, gente por conocer, risas, sueños, a veces desesperación, preocupación, tristeza, alegría, en fin, la vida es una hermosa trayectoria en la cual te desenvuelves y creces.

Dicen que cada uno de nosotros somos como un cheque en blanco: Dios lo gira, la vida paga y nosotros lo llenamos; quiero llenar ese cheque de múltiples metas y más que eso, de la infinita e invaluable sabiduría que dichas metas representan, razón por la cual es mi deseo dedicarle la realización de este proyecto principalmente a Dios que me guía y acompaña siempre, a mi familia que son los ángeles que Dios en su infinita bondad puso en mi camino y que han sabido apoyarme incondicionalmente y a mis maestros y amigos con los cuales tuve el gusto de recorrer este interesante trayecto que hoy se refleja en el presente proyecto de grado.

Valencia Fuel Johnatan Fernando

AGRADECIMIENTO

“Saber y saberlo demostrar es valer dos veces”.

Baltasar Gracián.

Como todos sabemos desde siempre, nadie hace nada solo. Yo no soy diferente, por el contrario, soy muy dependiente de las personas que conviven conmigo diariamente. Algunas personas, esas que cruzan nuestra vida dejándola intensamente más rica, colorida y sabrosa, son muy responsable por este proyecto. Algunas por el conocimiento, otras por el incentivo, muchas por el ejemplo. Razón por la cual quiero agradecerle a Dios por permitirme estar aquí y cumplir hoy uno de mis más grandes sueños, a mis padres y hermanas que han sabido apoyarme en las buenas y en las malas, a mi esposa por estar siempre a mi lado, a mi hijita que a pesar de ser tan pequeñita con su sonrisa ilumina y mueve mi mundo, a mis amigos por su incondicional ayuda, a mis maestros por compartir conmigo tan generosamente su sabiduría y a mi director de tesis porque sin su colaboración la elaboración del presente proyecto no hubiese sido posible.

Valencia Fuel Johnatan Fernando

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
RESUMEN	XVI
SUMMARY	XVII

CAPÍTULO I EL TEMA

1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e Importancia	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
1.4. Alcance.....	2

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. La Hélice	4
2.1.1 Fundamentación teórica	4
2.1.2. Ángulo de la hélice	4
2.1.3 Características aerodinámicas de las hélices.....	7
2.1.4. Partes de la hélice	7
2.1.4.1. Las palas	8
2.1.4.1.1 Perfil aerodinámico de las palas.....	9

2.1.4.2. El cubo	10
2.1.4.2.1 Barril	11
2.1.4.3 Gobernador	11
2.1.5. Términos relativos a las hélices y esfuerzos	11
2.1.5.1 Eje de rotación	11
2.1.5.2 Plano de rotación	11
2.1.5.3. Recorrido de la hélice.....	11
2.1.5.4. Ángulo de la pala.....	12
2.1.5.5. Paso	12
2.1.5.5.1. Paso geométrico.....	12
2.1.5.5.2. Paso efectivo	12
2.1.5.6. Resbalamiento	13
2.1.5.7. Trayecto de la hélice	13
2.1.5.8. Ángulo efectivo.....	13
2.1.5.9. Ángulo de ataque	13
2.1.5.10. Fuerza centrífuga	14
2.1.5.11. Momento centrífugo de torsión.....	14
2.1.5.12. Esfuerzo de flexión	14
2.1.6 Tipos de hélice	14
2.1.6.1. Hélices de paso fijo	15
2.1.6.2. Hélice ajustable en tierra.....	15
2.1.6.3. Hélice de paso variable	16
2.1.7 Funcionamiento de la hélice.....	17
2.1.8. Hélices Dowty Rotol	19
2.1.8.1. Introducción.....	19
2.1.8.2. Precauciones.....	20
2.1.8.3. Necesidades del sistema.....	20
2.1.8.4. Generalidades	20
2.1.8.5. Revoluciones de la hélice.....	21
2.1.8.6. Revoluciones que se debe evitar en taxeo.....	21
2.1.8.7. Tipo de hélice	21
2.1.8.7.1. Hidromática	21
2.1.8.7.2. Velocidad constante	22
2.1.8.7.3. Paso variable.....	22

2.1.8.8. Principales componentes	22
2.1.8.8.1. Conjunto de palas.....	23
2.1.8.8.2. Conjunto de la cruceta o barril.....	24
2.1.8.8.3. Conjunto de la cúpula o domo.....	25
2.1.8.8.4. Tubos de transferencia.....	26
2.1.8.8.4.1. Tubo exterior	26
2.1.8.8.4.2. Tubo interior	26
2.1.8.8.5. Conjunto de pitch lock	27
2.1.8.8.6. Conjunto del spinner.....	29
2.1.8.8.7. Conjunto de platos de control.....	29
2.1.8.8.7.1. Plato colector N° 1	29
2.1.8.8.7.2. Plato colector N° 2.....	30
2.1.8.8.8. Conjunto de carbones	30
2.1.8.8.9. Conjunto del cut out switch.....	31
2.1.8.8.10. P.C.U. “GOBERNADOR”	32
2.1.8.8.11. Conjunto del sincronizador	32
2.1.8.8.12. Freno de la hélice	33
2.1.8.8.13. Conjunto de la with drawn	33
2.1.8.8.14. Luces indicadoras.....	34
2.1.9. Balanceo estático de la hélice	34
2.1.9.1. Balanceo estático de la hélice Dowty Rotol.....	36
2.1.9.2. Balanceo dinámico de la hélice Dowty Rotol.....	37
2.1.10. Daños más comunes producidos en las hélices.....	37
2.1.10.1. Vibraciones en la hélice.....	38
2.1.10.2. Oscilación	39
2.1.11. Requerimientos básicos de inspección para las hélices.....	40
2.1.11.1. Inspección diaria	40
2.1.11.2. Inspección periódica.....	40
2.1.12. Tipos de bancos de pruebas para calibrar hélices	40
2.1.12.1. Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo	41
2.1.12.2. Flojedad en las palas.....	42
2.1.12.3. Banco de pruebas para inspeccionar el balance de las hélices estático con fosa.....	42
2.2. Reloj comparador	43

2.2.1. Lectura del reloj.....	44
2.3. Software de simulación	45
2.3.1. Análisis de elementos finitos	46
2.3.1.1. Aplicación.....	46
2.3.1.2. Revisión de la literatura del análisis por elementos finitos.	47
2.3.1.3. Análisis por elementos finitos.....	48
2.3.1.4. Pre-procesamiento	48
2.3.1.5. Análisis (computo de la solución)	49
2.3.1.6. Post-procesamiento (visualización).....	49
2.4. Teoría de Von Mises	49

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Descripción del equipo	51
3.2. Simulación y análisis en el softwre.....	52
3.2.1. Eje.....	52
3.2.2. Puntos de apoyo	55
3.2.3. Estructura	58
3.2.4. Conclusión.....	62
3.3. Construcción del equipo.....	63
3.3.1. Eje.....	63
3.3.1.1. Elaboración	63
3.3.1.2. Roscado exterior del eje.....	65
3.3.2. Dispositivos de seguridad (tuercas de seguridad).....	67
3.3.3. Puntos de apoyo	68
3.3.4. Estructura de la balanceadora.....	70
3.3.5. Ruedas.....	72
3.3.6. Tornillos de fijacion.....	73
3.3.7. Niveles.....	79
3.3.8. Acabados (primer y pintura)	79
3.3.8.1. Proceso de pintura	79
3.3.9. Reloj comparador	81

3.3.10. Banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking de las hélices Dowty RotoI 2-model R257/4-30-4/60 aplicable al avión escuela Fairchild FH-227	83
3.4. Dimensiones del banco	84
3.5. Diagrama de proceso de construcción	86
3.5.1. Codificación de maquinas, equipos y herramientas	86
3.5.2. Simbología	87
3.5.3. Diagrama de proceso de construcción de la estructura y sus componentes según el plano.....	88
3.5.4. Diagrama de fabricación del eje y sus componentes según el plano	94
3.5.5. Diagrama de fabricación de las tuercas de seguridad.....	96
3.5.6. Diagrama del ensamble final del banco para el balance estático y tracking de la hélice.....	98
3.6. Funcionamiento.....	99
3.7. Elaboración de manuales	99
3.7.1. Tipos de manuales	99
3.8. Estudio económico	107
3.8.1. Presupuesto	107
3.8.2. Análisis de costos.....	107
3.8.2.1 Costos primarios	108
3.8.2.1.1. Costos de materiales.....	108
3.8.2.1.2. Costos de utilización de herramientas y equipos	109
3.8.2.1.3. Costos por mano de obra	110
3.8.2.1.4. Total de costos primarios	111
3.8.2.2. Costos secundarios	111
3.8.2.2.1. Total costos secundarios.....	111
3.8.2.3. Costo total del proyecto.....	112

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	113
4.2. Recomendaciones.....	114

ABREVIATURAS	115
GLOSARIO DE TÉRMINOS	116
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Empuje de la hélice	4
Figura 2.2: Hélice de cuatro palas.....	5
Figura 2.3: Plano de rotación de la hélice	5
Figura 2.4: Relación entre el paso de pala y el ángulo de la pala	6
Figura 2.5: Camino de la hélice en el aire	6
Figura 2.6: Hélice	7
Figura 2.7: Pala de la hélice	9
Figura 2.8: Perfil aerodinámico de la pala	10
Figura 2.9: Paso efectivo y paso geométrico.....	12
Figura 2.10: Términos relativos a las hélices	13
Figura 2.11: Hélice de paso fijo	15
Figura 2.12: Hélice de paso variable	16
Figura 2.13: Ángulos de la hélice	17
Figura 2.14: Perfiles y ángulos de incidencia.....	18
Figura 2.15: Componentes de las palas.....	23
Figura 2.16: Componentes de cruceta	24
Figura 2.17: Componentes del domo	26
Figura 2.18: Tubos de transferencia.....	27
Figura 2.19: Componentes del pitch lock	28
Figura 2.20: Componentes del spiner	28
Figura 2.21: Platos de control de la hélice.	29
Figura 2.22: Conjunto de carbones	30
Figura 2.23: Cut out switch.....	31
Figura 2.24: Gobernador (PCU)	32
Figura 2.25: Balanceo de la hélice	35
Figura 2.26: Balanceo de la hélice	35
Figura 2.27: Balanceo estático y dinámico.....	37
Figura 2.28: Equipo para calibrar flojedad de palas y cubo.....	41
Figura 2.29: Equipo para el balance estático con fosa.....	42
Figura 2.30: Reloj comparador y soporte	43

Figura 2.31: Medición del reloj	44
Figura 2.32: Medición del reloj	44
Figura 2.33: Software Autodesk	45
Figura 2.34: Análisis de una estructura 3D sujeta a deformaciones plásticas.....	47

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en el eje	52
Figura 3.2: Análisis de esfuerzos cortantes en el eje	53
Figura 3.3: Deformación del eje (multiplicado por un coeficiente de cien)	54
Figura 3.4: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en el punto de apoyo... ..	55
Figura 3.5: Análisis de los esfuerzos cortantes en el punto de apoyo.....	56
Figura 3.6: Deformación de los puntos de apoyo (multiplicado por un coeficiente de mil).. ..	57
Figura 3.7: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en la estructura principal bajo el criterio de Von Mises	58
Figura 3.8: Esfuerzos cortantes de Von Mises en la parte superior de la estructura	59
Figura 3.9: Esfuerzos cortantes de Von Mises en el soporte inferior derecho de la estructura.....	59
Figura 3.10: Deformación de la estructura, multiplicada por un factor de 100 veces	60
Figura 3.11: Soportes para estructuras laterales.....	61
Figura 3.12: Montaje del eje	63
Figura 3.13: Preparación de cuchillas	64
Figura 3.14: Selección de velocidad del torno.....	64
Figura 3.15: Interpretación del plano	65
Figura 3.16: Montaje del eje	65
Figura 3.17: Afilado de cuchillas para el roscado	66
Figura 3.18: Selección de velocidad del torno.....	66
Figura 3.19: Fin de la elaboración del eje (desbaste-roscado).....	67
Figura 3.20: Acero de transmisión de 4"	67

Figura 3.21: Perforado y roscado interior	68
Figura 3.22: Eje con sus tuercas de seguridad	68
Figura 3.23: Platinas soldadas entre sí para los puntos de apoyo	69
Figura 3.24: Anillos de retención	69
Figura 3.25: Rodamientos en sus puntos de apoyo	70
Figura 3.26: Concavidad en la parte superior.....	70
Figura 3.27: Cortes de los tubos cuadrados.....	71
Figura 3.28: Soldando los tubos de la estructura	71
Figura 3.29: Soldando los soportes.....	72
Figura 3.30: Ruedas.....	72
Figura 3.31: Ruedas móviles.....	73
Figura 3.32: Eje roscado	73
Figura 3.33: Perforación en la parte superior del eje.....	74
Figura 3.34: Acero SAE 1018 de ½” torneado.....	74
Figura 3.35: Accesorio, forma parte estructural del tornillo de fijación	75
Figura 3.36: Hendidura de sujeción para la base	75
Figura 3.37: Torneado de las bases, acero de 2 ½”	76
Figura 3.38: Orificios para acopar base-tornillo.....	76
Figura 3.39: Base para el tornillo de fijación.....	77
Figura 3.40: Perforado y roscado	77
Figura 3.41: Acople para tornillo de fijación.....	78
Figura 3.42: Componentes del tornillo de fijación.....	78
Figura 3.43: Niveles de la estructura	79
Figura 3.44: Pando fondo con el primer y pintado.....	80
Figura 3.45: Pintada de la estructura	80
Figura 3.46: Reloj comparador	81
Figura 3.47: Base magnética.....	82
Figura 3.48: Reloj comparador y base magnética.....	82
Figura 3.49: Banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking.....	83
Figura 3.50: Diagrama de proceso de construcción de la estructura	88
Figura 3.51: Diagrama de fabricación del eje	94
Figura 3.52: Diagrama de fabricación de las turcas de seguridad.....	96
Figura 3.53: Diagrama del ensamble final.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Datos Generales de la hélice DOWTY ROTOL.....	20
--	----

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Dimensiones del banco	84
Tabla 3.2: Codificación de maquinas.	86
Tabla 3.3: Codificación de equipos.	86
Tabla 3.4: Codificación de herramientas	87
Tabla 3.5: Simbología.	88
Tabla 3.6: Proceso de construcción del soporte estructural.....	93
Tabla 3.7: Proceso de construcción del eje.....	95
Tabla 3.8: Proceso de construcción de las tuercas de seguridad	97
Tabla 3.9: Codificación de los manuales.....	100
Tabla 3.10: Costos de materiales.....	108
Tabla 3.11: Costos de utilización de herramientas y equipos.	109
Tabla 3.12: Costos por mano de obra.	110
Tabla 3.13: Tabla del total de costos primarios	111
Tabla 3.14: Total de costos secundarios.....	111
Tabla 3.15: Tabla del costo total del proyecto.....	112

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:

Planos Balanceadora de la Hélice Dowty Rotol	119
--	-----

ANEXO B:

Cálculos120

ANEXO B1:

Cálculos para rodamientos.....121

ANEXO B2:

Cálculos para ruedas123

ANEXO C:

Hoja de vida del graduado125

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS127

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL128

RESUMEN

El presente proyecto de grado surge de la necesidad que tiene el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO de poder cumplir a cabalidad con las inspecciones que se realiza a las Hélices Dowty Rotol del avión escuela FAIRCHILD FH-227, desarrollado además con el fin de brindar conocimientos técnicos y ahorrar recursos invertidos en este tipo de mantenimientos.

Se expone en primera instancia el objetivo de construir un Banco Móvil para el Balance Estático y Tracking de las Hélices Dowty Rotol del Avión Escuela; para lo cual se utilizó una matriz de decisión en la cual se tomó en cuenta los aspectos más relevantes para dicha construcción.

Una vez hecha una evaluación precisa de todos los aspectos, se procedió a la construcción y ensamblaje del equipo en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico (CEMA), de la ciudad de Latacunga, en las secciones de estructuras, soldadura y tornos.

Cuenta también con anexos en los cuales se puede encontrar los planos de los diseños de cada una de las partes de Banco Estático y Tracking de las Hélices.

SUMMARY

This project was born from the needs of the INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO to comply fully inspections performed at Dowty Propellers Plane Rotor School FAIRCHILD FH-227, also developed to provide technical know and save resources invested in this maintenance.

The main objective is build a mobile for Static Balance and Tracking of Dowty Propellers Plane Rotor School, for which we used a decision matrix in which took into account the most relevant to construction.

After making a detailed assessment of all aspects, we was start with the process for to build and assemble of the equipment at the “Centro de Mantenimiento Aeronáutico (C.E.M.A.)” in Latacunga city, at sections of structures, welding and lathes.

It also has annexes in which you can find drawings of designs of each part of Static Bank and Tracking of the propellers.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes

La hélice se atornilla en el aire, hala y se mueve hacia delante; lo mismo que el tornillo cuando se introduce en la madera, parten el movimiento de rotación al tornillo de la misma manera que el eje de la hélice hace girar a las palas.

Esta relación entre la hélice y el tornillo común era tan evidente para los primeros diseñadores británicos que bautizaron a lo que llamamos hélice con el nombre de “tornillo del aire”.

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

En la actualidad, el diseño de bancos de pruebas van acopladas a un sistema computarizado la cual detecta sus defectos ya sea de rotación como de vibraciones que son las más comunes, han ido marcando en la historia pasos muy importantes para la evolución del campo aeronáutico.

1.2 Justificación e Importancia

Es necesario ejecutar esta labor, de forma que transforme la ilustración práctica del funcionamiento, mejorando la enseñanza docentes-alumnado. Además cabe resaltar que esta tarea aportara al progreso de nuestra patria y a mejorar la imagen del instituto.

Por otra parte la importancia de este proyecto se debe a la falta de un banco móvil de pruebas para el balanceo estático y tracking de las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-30-4/60, ya que este proceso lo realizan fuera del país razón por la cual me he impulsado al desarrollo del mismo de manera que los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica y la población en general tengan una base de referencia para realizar futuros estudios y avances a través de la información recopilada en la investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Construir un banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking de las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-30-4/60 aplicable al avión escuela FAIRCHILD FH-227 del instituto tecnológico superior aeronáutico ITSA.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las características técnicas de las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-30-4/60.
- Realizar un estudio sobre el balanceo estático y tracking.
- Analizar los materiales e instrumentos que van a ser utilizados en la construcción.
- Elaborar un manual de mantenimiento, operación, funcionamiento y formatos de registro del equipo.

1.4 Alcance

El vigente proyecto está encaminado a brindar conocimientos técnicos, prácticos e ilustrativos de este tema, para todo el personal de mecánicos, con el objetivo de que en un futuro no muy lejano sirva de referencia para realizar pruebas, estudios y avances a los tecnólogos de la carrera Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A., de

manera que les permita perfeccionar sus destrezas e innovar el ámbito aeronáutico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La hélice

2.1.1 Fundamentación teórica

La hélice es un dispositivo giratorio diseñado para producir empuje, su propósito es arrastrar el avión, logrando esto por medio de un empuje obtenido por la acción de las palas al girar en el aire.

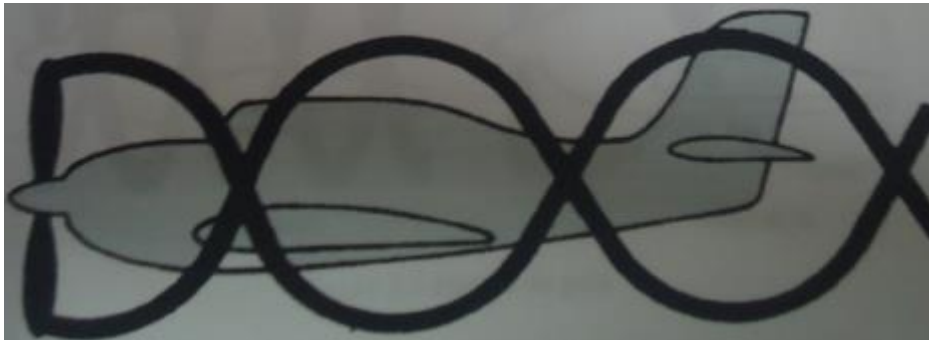


Figura 2.1: Empuje de la hélice.

Fuente: <http://aeromodelismo2000.com/images>.

2.1.2 Ángulo de la hélice

El avance de la hélice es determinada por el ángulo de la pala, técnicamente, el ángulo de la pala es definido como el ángulo entre la cara y la cuerda de la sección de la pala y el plano en la cual las palas de la hélice giran.

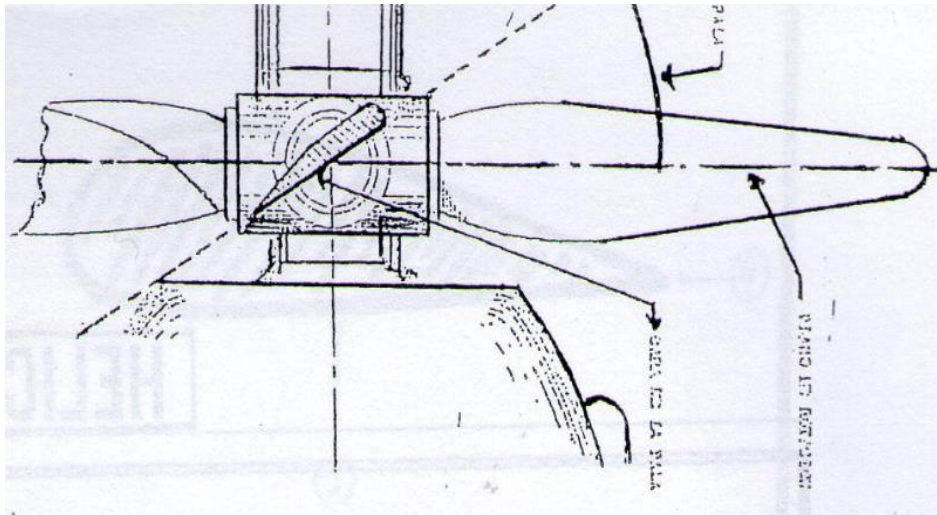


Figura 2.2: Hélice de cuatro palas.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

La figura 2.3 presenta una vista de una hélice de cuatro palas pero solamente presenta una vista completa de dos, podemos observar el ángulo de la pala, el plano de rotación, la cara de la pala el eje longitudinal y la nariz del avión son todos presentados en esta ilustración.

Observe que el plano de rotación es perpendicular al eje.

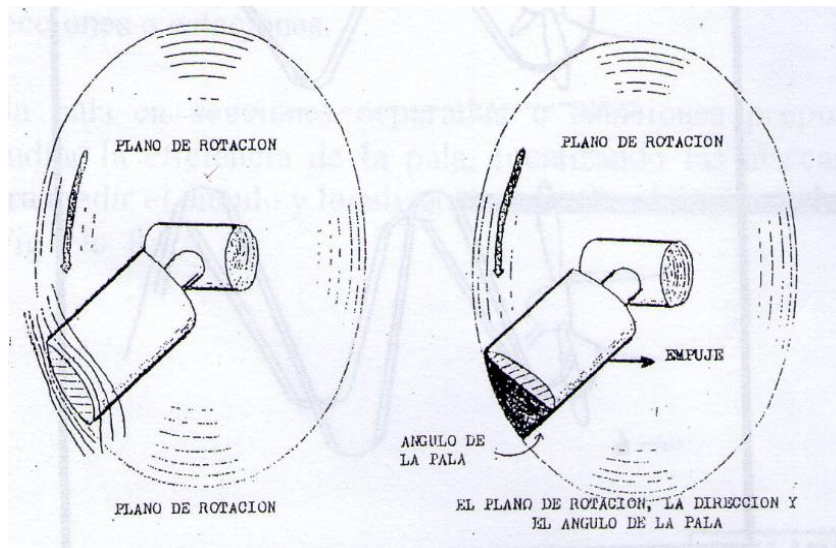


Figura 2.3: Plano de rotación de la hélice.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

Con el fin de obtener empuje, la pala de la hélice debe ser puesta a cierto ángulo en su plano de rotación. Mientras la hélice está girando durante el vuelo, cada sección de la pala tiene un movimiento que combina hacia delante del avión con el movimiento giratorio de la hélice.

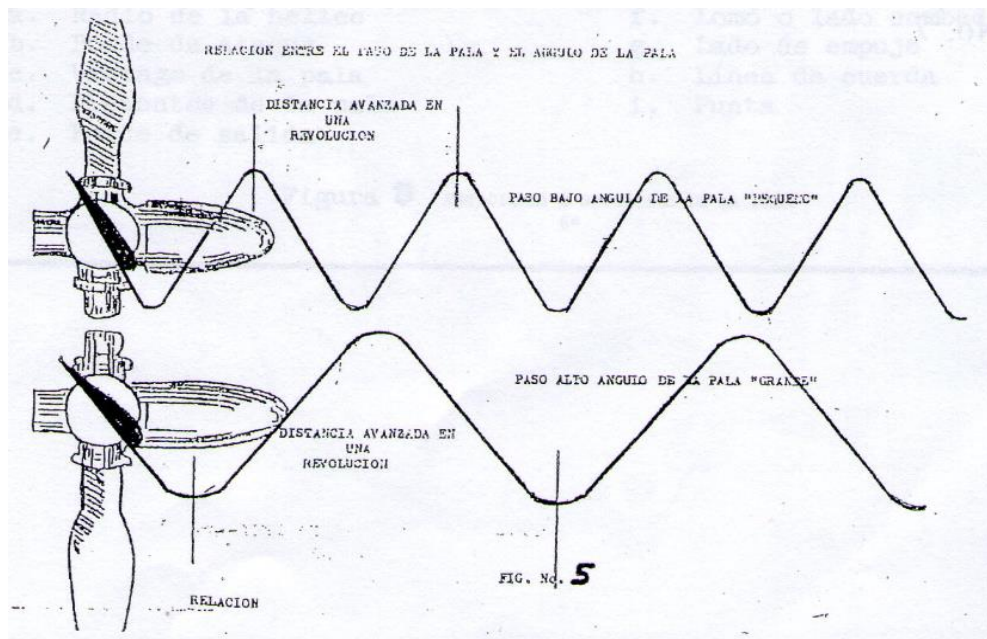


Figura 2.4: Relación entre el paso de pala y el ángulo de la pala.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

Por tanto, cualquier sección de la pala tiene un camino por el aire, el cual lleva o tiene la forma de un espiral o sacacorchos.

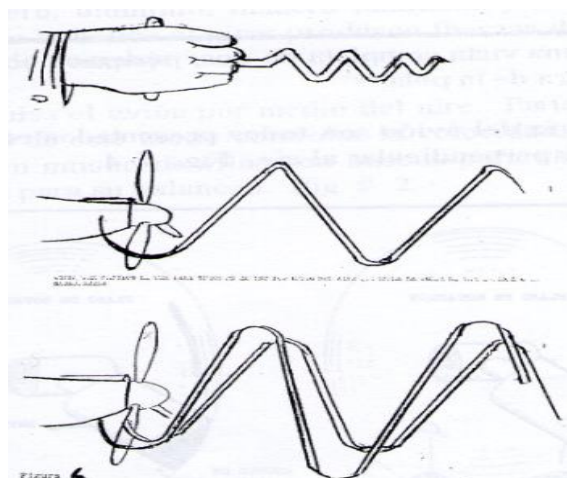


Figura 2.5: Camino de la hélice en el aire.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

Un paso bajo o fino se usaría para decolaje y ascenso del avión, un ángulo de paso alto o grueso tomara un avance mayor, el paso alto se usaría para crucero y a alta velocidad.

2.1.3 Características aerodinámicas de las hélices

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

2.1.4 Partes de la hélice

Básicamente tiene solo dos partes: un cubo y dos o más palas, cuyos extremos interiores (culatas) están retenidas en el cubo. El eje de la hélice, cuando está íntimamente relacionado con el sistema de la hélice, no forma parte de ella, sino de los componentes principales del motor.



Figura 2.6: Hélice.

Fuente: http://www.hobbyarte.es/hobby/index.php?cPath=188_291_426

2.1.4.1 Las palas

El término “pala” es comúnmente usado por muchas personas para designar toda la hélice. Pero tenga presente que el nombre específico significa el aspa solamente y no toda la hélice. El aspa, como el ala es una superficie aerodinámica y proporciona la fuerza de propulsión.

Esta fuerza es llamada empuje y, como sabemos, no es lo mismo que sustentación, debido a su movimiento hacia adelante. Debe haber empuje, que es la fuerza que hace al avión que se mueva, antes de que pueda haber sustentación.

Las palas grandes son hechas de acero o de aluminio y las pequeñas, o sea las destinadas a los aviones livianos, se fabrican de madera laminada y hasta el material fenólico. La figura muestra una pala típica. Si usted fuera a observarla estando de pie frente al avión, vería el lomo o lado combado (f), que es la parte de atrás de pala. Desde el lado contrario, usted vería la cara (g) o, como es comúnmente llamado, el lado del empuje. Observe que el lomo es curvo, mientras que el borde de ataque es necesariamente plano. Durante el funcionamiento, el borde de ataque (b) pega primero con el aire.

Observe ahora la vista de corte transversal (d) que hay en la parte inferior de la figura. Esto es lo que se llama elementos de la pala; la figura muestra la forma aerodinámica de la pala en aéreas determinadas conocidas como estaciones estas estaciones están a 6 pulgadas la una de la otra y no están en realidad grabadas en la superficie de la pala. El personal de mantenimiento las marcan algunas veces, para que sirvan como puntos de referencia para fines de inspección o reparación. Una de ellas, la estación de referencia de la pala, se marca pintando una franja de dimensiones determinadas en el lado del empuje.

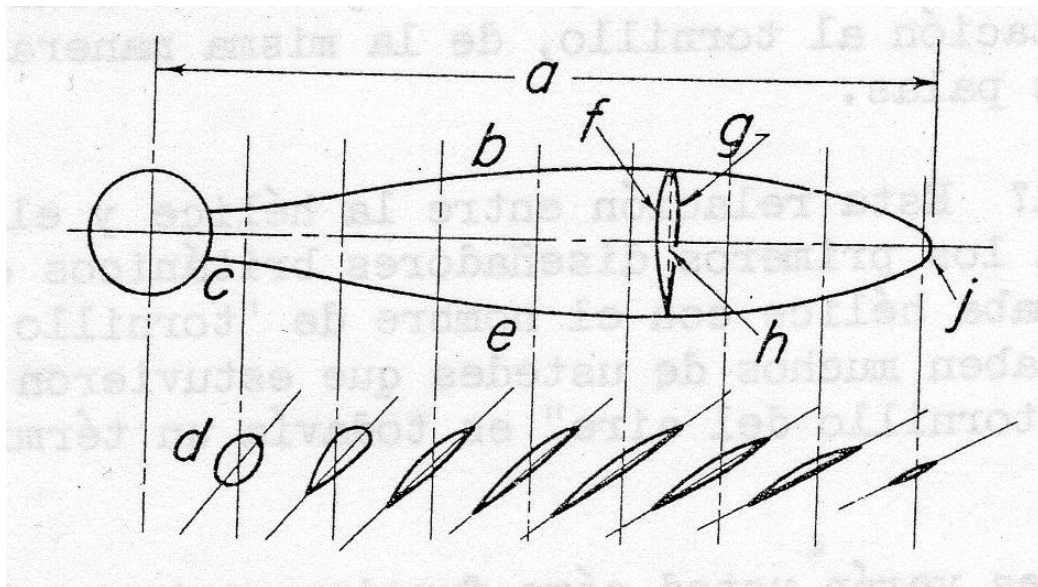


Figura 2.7: Pala de la hélice.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

- a. Radio de la hélice
- b. Borde de ataque
- c. Vástago de la pala
- d. Elementos de la pala
- e. Borde de salida
- f. Lomo o lado combado
- g. Lado del empuje
- h. Línea de cuerda
- i. Punta

Las dimensiones, lo mismo que la ubicación precisa, se dan en la Orden Técnica aplicable a la hélice. Es en esta estación de referencia, que usualmente esta en el punto 42, 54 o 72 pulgadas, que usted toma las lecturas de los ángulos de la pala con el transportador.

2.1.4.1.1 Perfil aerodinámico de las palas

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

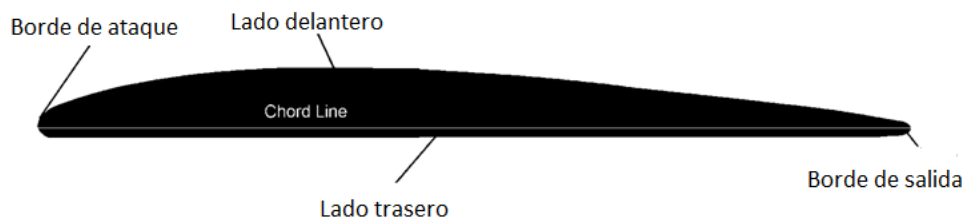


Figura 2.8: Perfil aerodinámico.

Fuente: <http://.aeromodelismo2000.com/images>.

2.1.4.2 El cubo

El cubo y la mayoría de sus componentes son hechos de acero.

Tienen estrías internas que corresponden con las estrías externas del eje de la hélice y van asegurado a este mediante una tuerca de retención. Algunas hélices tienen cubo de una sola pieza. Mientras que otras tienen un grupo de piezas llamado barril. Además, el cubo puede estar encerrado en una caja cónica para darle contornos aerodinámicos.

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

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

2.1.4.2.1 Barril

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

2.1.4.3 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.

2.1.5 Términos relativos a las hélices y esfuerzos

En realidad no hay muchos términos que usted deba recordar. Sin embargo, una vez que usted los conozca le será más fácil entender, a medida que usted llegue a cada termino, consulte con la figura, además observe la estrecha relación que existe entre los términos.

2.1.5.1 Eje de rotación

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

2.1.5.2 Plano de rotación

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

2.1.5.3 Recorrido de la hélice

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

2.1.5.4 Angulo de la pala

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

2.1.5.5 Paso

Es la distancia de recorrido de la hélice.

2.1.5.5.1 Paso geométrico (f)

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

2.1.5.5.2 Paso efectivo (g)

Es la distancia real hacia adelante que la hélice recorre en una revolución. Sin embargo, como la hélice da vueltas a través del aire – un gas – en vez de moverse en un sólido, hay una cierta cantidad de resbalamiento y, consecuentemente, el paso geométrico (100 % de eficiencia) nunca se alcanza.

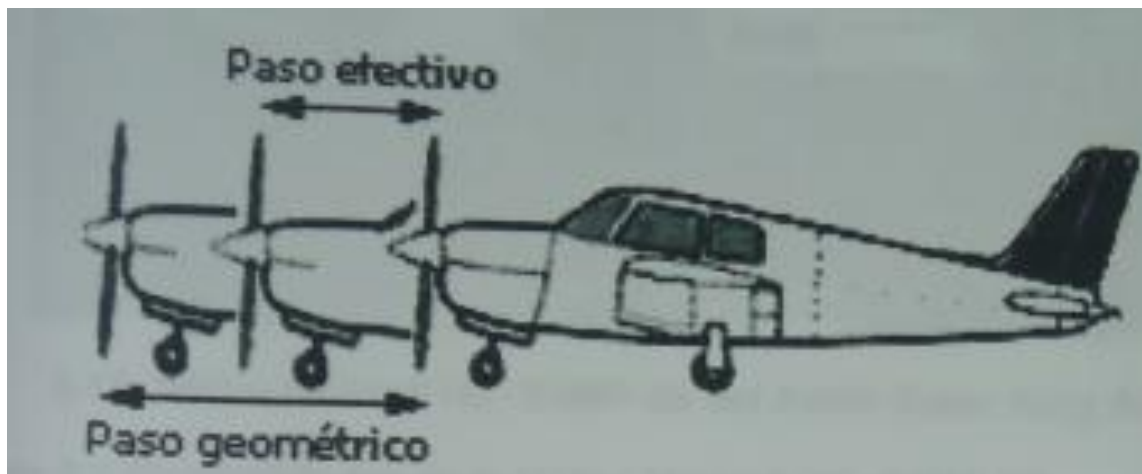


Figura 2.9: Paso efectivo y paso geométrico.

Fuente:Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

2.1.5.6 Resbalamiento

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

2.1.5.7 Trayecto de la hélice

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

2.1.5.8 Ángulo efectivo

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

2.1.5.9 Ángulo de ataque

Es el ángulo formado entre el trayecto de la hélice y la cuerda de la pala (m). Algunas veces es llamado el “bocado” que toma la pala.

Estos términos se refieren a la rotación de la hélice. A medida que la hélice gira, hay tres fuerzas principales que actúan sobre ella. Estas son: la fuerza centrífuga (tensión), el momento centrífugo de torsión (torsión) y el esfuerzo de flexión.

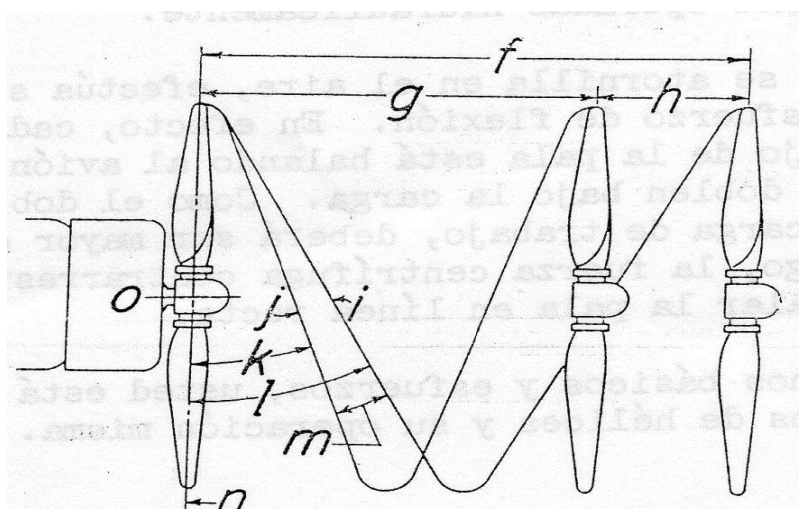


Figura 2.10: Términos relativos a las hélices.

Fuente: Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.

- f. Paso geométrico
- g. Paso efectivo
- h. Resbalamiento
- i. Línea del paso geométrico
- j. Trayecto de la pala
- k. Angulo efectivo
- l. Angulo de la pala
- m. Angulo de ataque
- n. Plano de rotación
- o. Eje de rotación

2.1.5.10 Fuerza centrífuga

Es la fuerza que tiende a halar o tirar la pala del cubo.

2.1.5.11 Momento centrífugo de torsión

Es la fuerza que tiende a hacer girar las palas hacia el ángulo plano o neutral.

2.1.5.12 Esfuerzo de flexión

Es la fuerza que tiende a doblar las palas hacia adelante bajo el empuje de la carga como resultado de la aceleración de la masa de aire (Ver Dowty Rotol, Manual de Entrenamiento Propeller Systems HS-748).

2.1.6 Tipos de hélices

Los nombres de los tipos de hélices se derivan de las propiedades de paso de sus palas. Por consiguiente, los tres tipos generales de hélice son llamados de paso fijo, ajustable en tierra y de paso variable.

2.1.6.1 Hélice de paso fijo



Figura 2.11: Hélice de paso fijo.

Fuente: http://www.hobbyarte.es/hobby/index.php?cPath=188_291_426

Los aviones primitivos tenían motores de bajo rendimiento de potencial y hélices sencillas cuyo ángulo de la pala no podía ser cambiado. Como el paso era fijo, había que usar un ángulo de la pala para todas las fases de vuelo, a pesar de que para la eficiencia máxima, cada fase – despegue, ascenso, crucero y aterrizaje – deberían tener un ángulo diferente de pala. Siendo imposible tener un ángulo variable, los fabricantes usaron un ángulo de término medio que diera la mejor combinación para todas las características de vuelo. A pesar que tiene algunas desventajas, tales como el no obtener economía máxima de combustible, la hélice de paso fijo no está en desuso. Todavía la usamos en los aviones livianos de enlace, ya que es ideal para estos aviones pequeños de poca potencia. Las dos ventajas principales que tienen son su bajo costo y su poco peso, puesto que las hélices de paso fijo son hechas de metal o de madera laminada (las puntas y el borde de ataque de las palas de madera están protegidos por tiras de metal.)

2.1.6.2 Hélice ajustable en tierra

La hélice ajustable en tierra tiene las mismas características de vuelo que la de tipo de paso fijo, porque el ángulo no puede ser ajustado en vuelo. No obstante esto, es más adaptable que la de paso fijo porque el personal de mantenimiento puede cambiar el ángulo en tierra (dentro de ciertas especificaciones, desde luego), para satisfacer las condiciones previstas para un vuelo determinado. Para modificar el ángulo de la pala, el mecánico tiene que simplemente que aflojar las palas en sus cuencas, colocarlas al ángulo deseado y luego reapretarlas.

2.1.6.3 Hélices de paso variable

Hay dos grupos de hélices de paso variable la que es controlada a mano y la de velocidad constante. Ambas tienen un mecanismo que cambia el ángulo de la pala durante el vuelo. Consideremos primero como puede usar un piloto el control manual. Para el despegue, al colocar en posición la válvula o el interruptor que actúa al mecanismo de cambio de paso, escoge un ángulo de paso bajo. Este es el ángulo que da alto rendimiento de potencia del motor y rpm para la aceleración rápida.

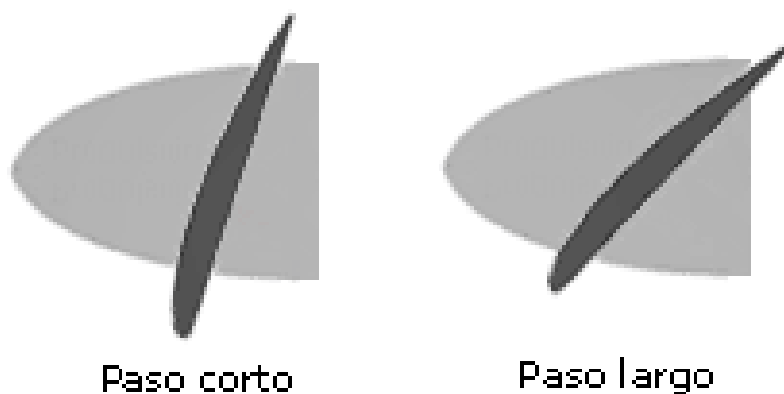


Figura 2.12: Hélice de paso variable.

Fuente: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>.

Tan pronto como se eleva, cambia las palas con ángulo mayor para el ascenso y, cuando alcanza la altura de crucero, voltea las palas a un ángulo todavía mayor.

Una desventaja de la hélice controlable manualmente se hará evidente inmediatamente. Como el piloto tiene que hacer los ajustes, tiene que estar constantemente pendiente del ángulo para evitar la excesiva sobrecarga o el exceso de velocidad del motor.

La hélice controlada manualmente puede ser convertida en una hélice de velocidad constante instalándole un gobernador en lugar de la válvula o el interruptor. En realidad esta es la única diferencia que hay entre estas dos clases de hélices, es suficiente decir que las hélices de velocidad constante mantienen automáticamente una velocidad constante cargando o descargando el motor mediante el control del ángulo de la pala. Simplemente, se coloca el gobernador a

la graduación de las rpm y él hace el resto sin que influyan las condiciones de vuelo que se encuentre.

Las hélices de paso variable se sub-clasifican de acuerdo con la operación de sus dispositivos de cambio de paso, los cuales pueden ser hidráulicos, eléctricos o mecánicos. Para la operación hidráulica se usa presión de aceite; para la eléctrica, un motor; y para la mecánica una fuente de energía mecánica.

2.1.7 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.

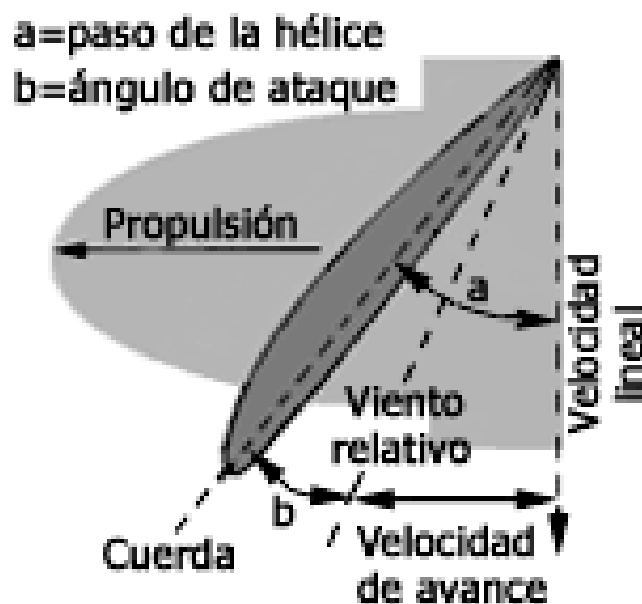


Figura 2.13: Ángulos de la hélice.

Fuente: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>.

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.

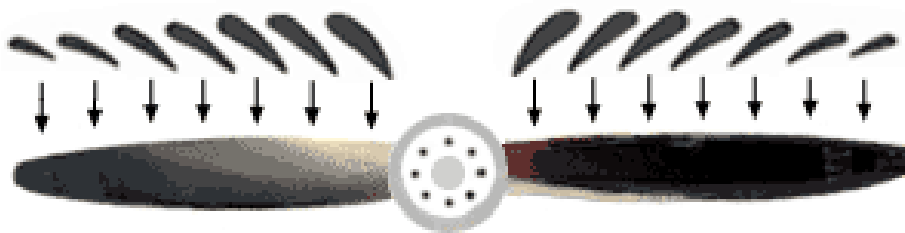


Figura 2.14: Perfiles y ángulos de incidencia

Fuente: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>.

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 r.p.m. de las 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.

Cuando Newton declaró, la acción y reacción "por el problema de la propulsión, esto significa que un dispositivo que acelera aire o riega en una dirección, siente una fuerza en la dirección opuesta. Una aceleración de la hélice y las partículas

aéreas entrantes, "tirando" ellos hacia la parte trasera del avión, y así siente una fuerza en sí mismo, esta fuerza se llama empuje. Mirando muestras de las hélices más estrechamente, que una hélice agrega una velocidad, entonces es una velocidad entrante. La primera etapa de esta aceleración tiene lugar delante de la hélice, y la segunda etapa detrás de la hélice. Porque la masa de aire pasa a través del tubo que debe ser constante (conservación de masas) la velocidad aumentada lleva a una reducción del tubo de arroyo que atraviesa el disco de la hélice (descuidando la compresibilidad).

Vista lateral del tubo del arroyo pasa a través de la hélice, mostrando la aceleración delante y detrás de la hélice. La hélice también induce remolino en este.

Además de la reducción de la hélice del tubo, una hélice también agrega un componente del remolino a él, es salida (estela) El remolino depende de la cantidad de velocidad rotatoria del artefacto y utiliza más energía ya que no está disponible ninguna fuerza para el empujón de las hélices típicas, las hélices bien diseñadas pierden un poder en el remolino de un 1% a 50% de la estela de la hélice. El ángulo del remolino esta (entre 1...10 grados) puede causar malas condiciones simétricas de flujo en las partes traseras de las hélices. A los empenajes de los aviones.

2.1.8 Hélice Dowty Rotol:

2.1.8.1 Introducción:

El avión en su totalidad están construidas de aleación de aluminio duro, son hechas de cuatro palas cuyo mecanismo de cambio de ángulo se opera por medio de una unidad reguladora y de una unidad de embanderamiento, las cuales están montadas en el motor; el ángulo de la hélice puede variar desde cero grados hasta completamente en bandera, siempre unos pocos grados por debajo de noventa grados.

2.1.8.2 Precauciones

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

2.1.8.3 Necesidades del sistema

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

2.1.8.4 Generalidades

Tabla 2.1: Datos Generales de la hélice DOWTY ROTOL.

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

2.1.8.5 Revoluciones de la hélice

En relantín de 6.000 a 7.000 R.P.M.

De 11.000 a 11.500 R.P.M., entra a funcionar el paso fino de vuelo.

De 11.050 a 17.000 R.P.M., funciona el gobernador de sobre velocidad por 20 segundos.

De 15.000 R.P.M. potencia de descolaje.

2.1.8.6 Revoluciones que se debe evitar en taxeo

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

La relación de reducción de la turbina y la hélice es de 9 a 1; esto quiere decir que mientras la turbina gira nueve veces la hélice da una vuelta.

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

2.1.8.7 Tipo de hélice

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

2.1.8.7.1 Hidromática

Es una hélice hidromática porque trabaja por medio de presión de aceite del motor.

2.1.8.7.2 Velocidad constante

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

2.1.8.7.3 Paso variable

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

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

2.1.8.8 Principales componentes

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

2.1.8.8.1 Conjunto de palas

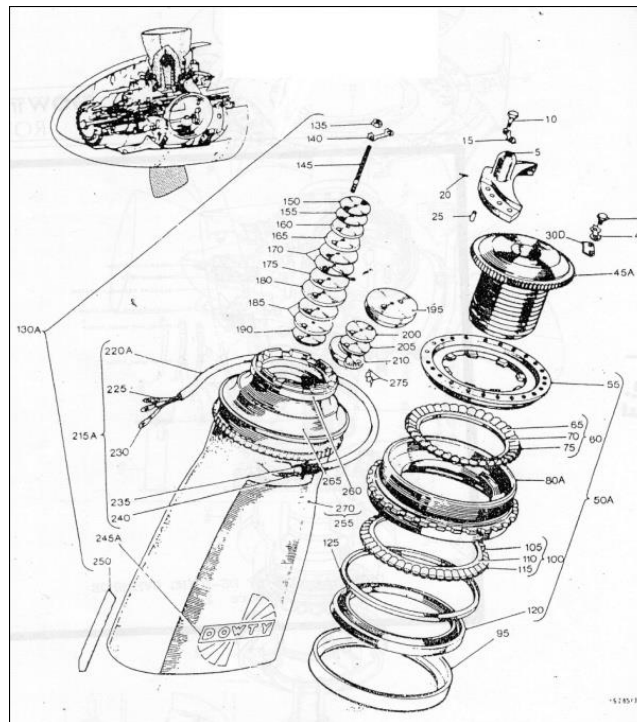


Figura 2.15: Componentes de las palas.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

Consta de cuatro palas cada hélice, son construidas en aleación de aluminio duro, en sus bordes de ataque están previstas de botas de anticongelamiento (ANTI-ICING) que va desde la espiga de la pala hasta la estación 42, en su interior tiene elementos eléctricos que calientan a estos bordes de ataque evitando así la formación de hielo; a este revestimiento le protegen unas láminas que igualmente van desde la espiga de la pala hasta la punta de la misma; estas sirven como protección contra daños por piedras o picaduras las cuales forman una superficie nivelada con la sección aerometálica; también podemos observar que en todas las cuatro palas llevan tres cables que envían corriente AC hacia las botas de las palas por medio del plato N°1.

En la raíz de la pala tiene una parte hueca cuya finalidad es aliviar el peso de la pala y también sirve para colocar arandelas para el balanceo de las mismas, vienen con un tapón dentado en el que se aseguran los pines que acoplan directamente a las bielas del pistón, también se encuentra localizada la tuerca de rotación de la pala cuyo torque es de 2 ½ toneladas.

En particular en la pala N°1 observamos una leva cuya finalidad es hacer contacto con el “Cut out switch” que va localizado en la posición en la pala N°1 en el lado posterior de la cruceta.

En la espiga de cada pala tenemos un par de abrazaderas que es para la protección de los cables de “Anti-Ice”, y éstas van sujetas por medio de unos seguros de forma circular sujetos con pernos los mismos que van frenados con alambre de freno.

2.1.8.8.2 Conjunto de la cruceta o barril

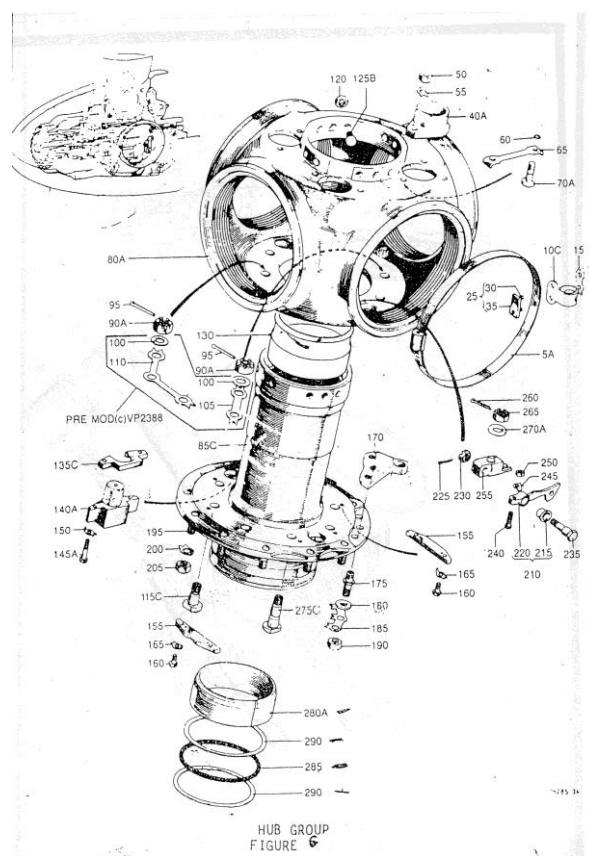


Figura 2.16: Componentes de cruceta.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

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

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

En la parte posterior de esta cruceta encontramos el receptáculo donde va alojado el cono posterior y podemos ver los 14 pernos que sujetan al plato colector N°1.

En el interior del barril o cruceta se encuentra unos empaques que de acuerdo a los boletines de servicio de la hélice deben ser remplazados cada 5.000 hrs., o caso contrario cuando mandamos a Overhaul de la a hélice, ya que si no se remplazan estos paquetes, podría haber una fuga interna de aceite.

NOTA: En el momento de instalar una hélice debemos tomar en cuenta que en el eje del motor se encuentran instalados en orden todos los accesorios como indica la orden técnica correspondiente.

2.1.8.8.3 Conjunto de la cúpula o domo

Su construcción es de aleación de aluminio, es un conjunto en el cual se producen las diferentes presiones de aceite para los cambios de ángulo de las palas de la hélice, cuya presión es de 670 psi.

En el interior de esta cúpula encontramos las siguientes partes: el pistón, el pitch lock y los tubos de transferencia.

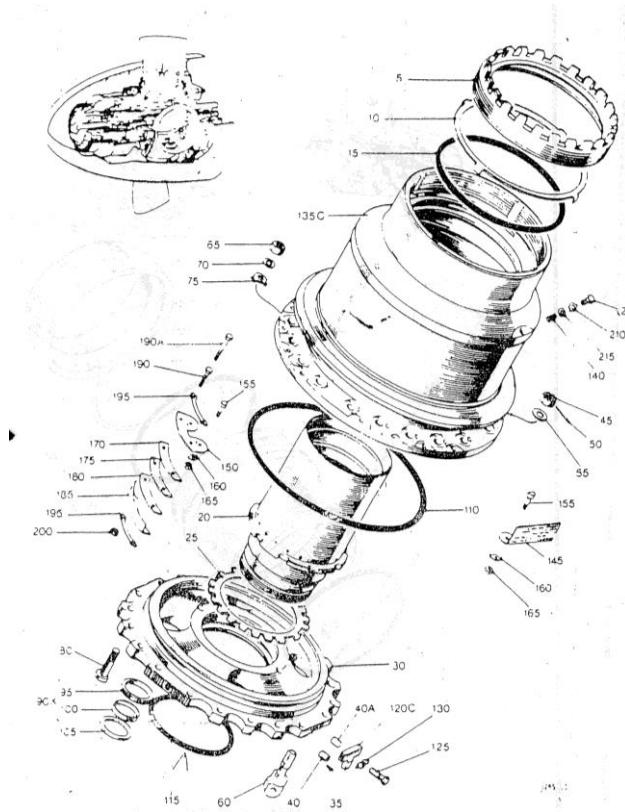


Figura 2.17: Componentes del domo.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

2.1.8.8.4 Tubos de transferencia.- Constan de dos elementos:

2.1.8.8.4.1Tubo exterior

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

2.1.8.8.4.2Tubo interior

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

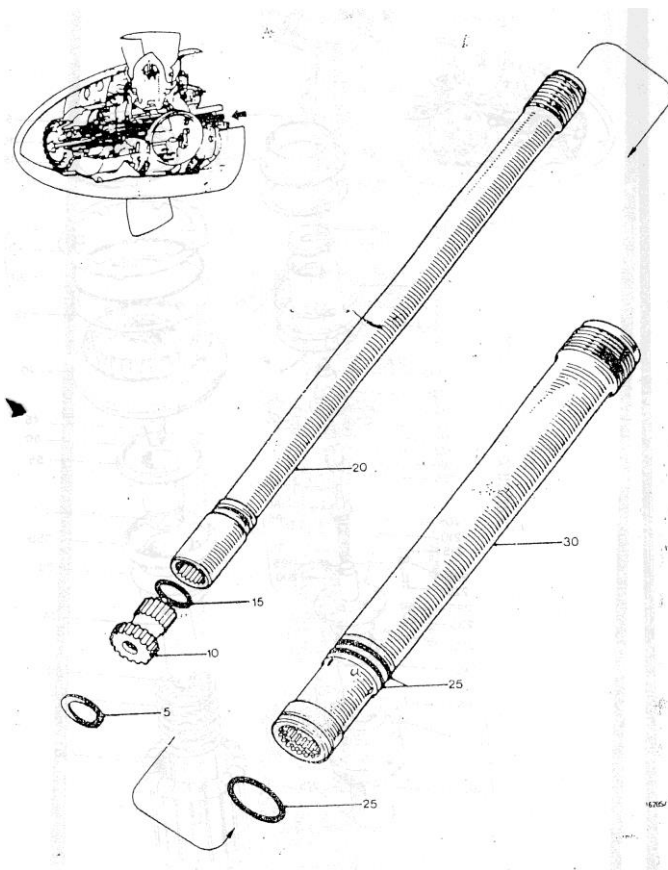


Figura 2.18: Tubos de transferencia.

Fuente: Dowty Rotorol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

2.1.8.8.5 Conjunto del pitch lock

Es un seguro de paso que va instalado en la cúpula, es una válvula que controla el paso fino de vuelo de 16° a 18.5° en vuelo y el control de embanderamiento que es de 84° .

En tierra, este conjunto funciona para asegurar el ángulo de bandera y retornar el paso fino de tierra que es 0° . Es un seguro de paso que por medio de la presión de aceite del P.C.U. se abren las uñetas que venciendo la tensión del resorte interno se expanden presionándose contra las paredes de la manga.

NOTA: La tuerca de retención del PITCH LOCK, es anti-horaria y este va localizado en la cúpula.

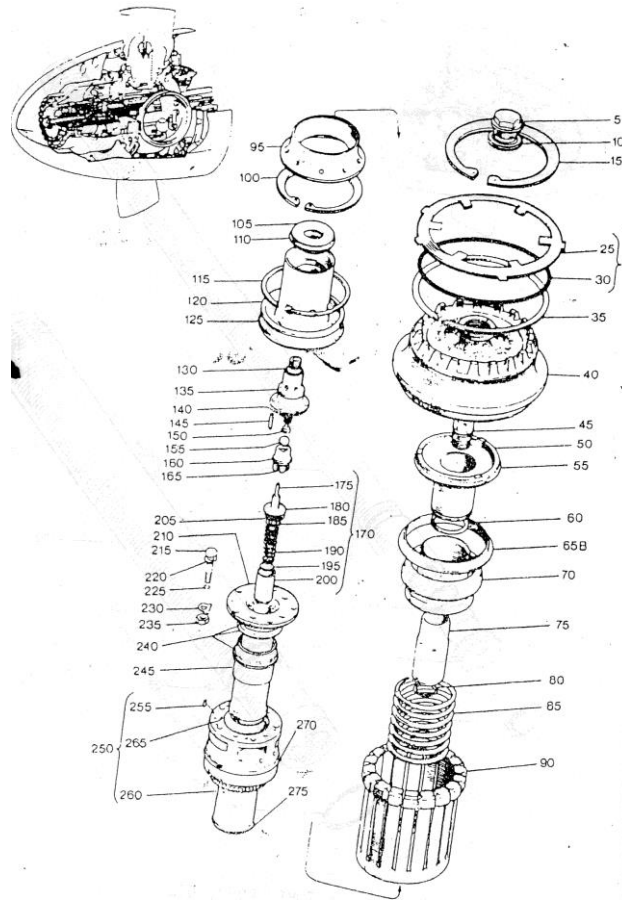


Figura 2.19: Componentes del pitch lock.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

2.1.8.8.6 Conjunto del spinner

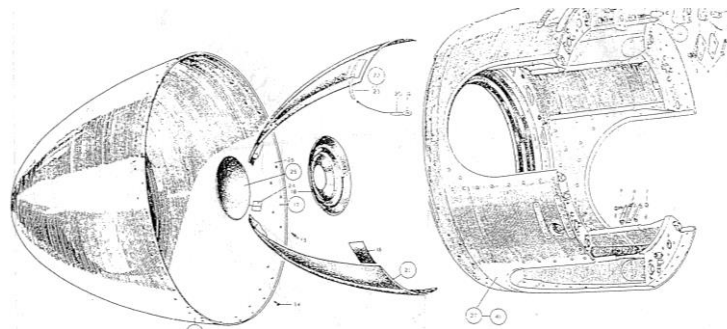


Figura 2.20: Componentes del spinner.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

Es un cobertor en forma de cono aerodinámico que permite que el flujo de aire de impacto que golpea en la parte frontal de la hélice pase sin afectar la resistencia al avance y asegura la eficacia máxima del flujo de aire hacia el motor y está construido con láminas de aluminio y provisto de resistencias eléctricas para que

en el momento que se requiera se calienta cuando hay presencia de hielo; este spinner tiene un mecanismo de seguridad de liberación rápida tipo expulsor. Las marcas “rojas” pintadas en las espigas de las palas de la hélice se alinearon con las marcas “rojas” pintadas en el cono o spinner sirve para indicar la posición del ángulo preciso en tierra.

2.1.8.8.7 Conjunto de platos de control

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

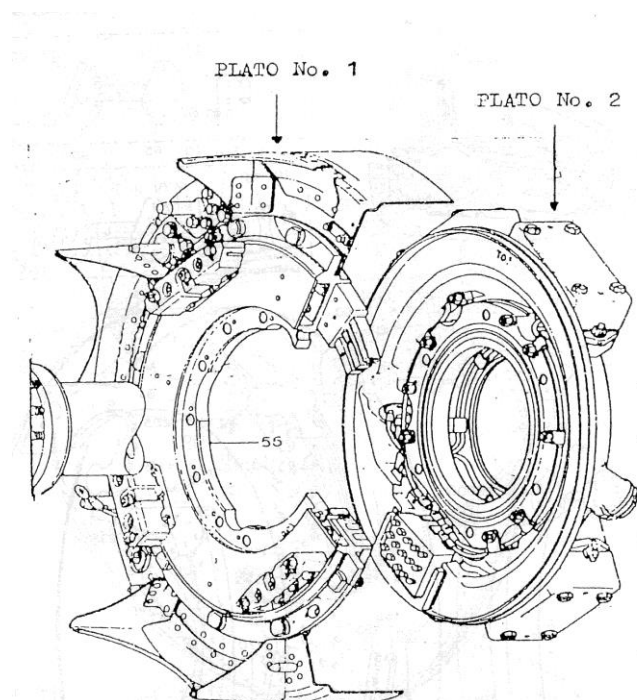


Figura 2.21: Platos de control de la hélice.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

2.1.8.8.7.1 Plato colector N°1

Se encuentra localizado en la parte posterior de la cruceta, en el lado de atrás observamos tres anillos colectores los mismos que sirven para transmitir corriente A.C. 115 V., fases A, B Y C de fuera hacia dentro, los cuales sirven para el anticongelamiento de las botas de las palas, spinner de la hélice y las tomas de

aire del motor respectivamente, en el momento que gira y hace contacto con el conjunto de escobillas que son fijas y están localizados en el plato N°2; en la parte frontal del mismo encontramos los puntos del contacto eléctrico de cada pala.

2.1.8.8.7.2 Plato colector N°2

Este plato colector se encuentra ubicado y asegurado en la parte frontal de la caja reductora de velocidad, el cual tiene dos anillos colectores que al hacer contacto con el HOT SWITCH envía la señal a la cabina de vuelo indicando que las palas han entrado en posición de paso fino de vuelo, y también cuando las palas de la hélice son llevadas a la posición bandera, en este está localizado el conjunto de escobilla.

2.1.8.8.8 Conjunto de carbones

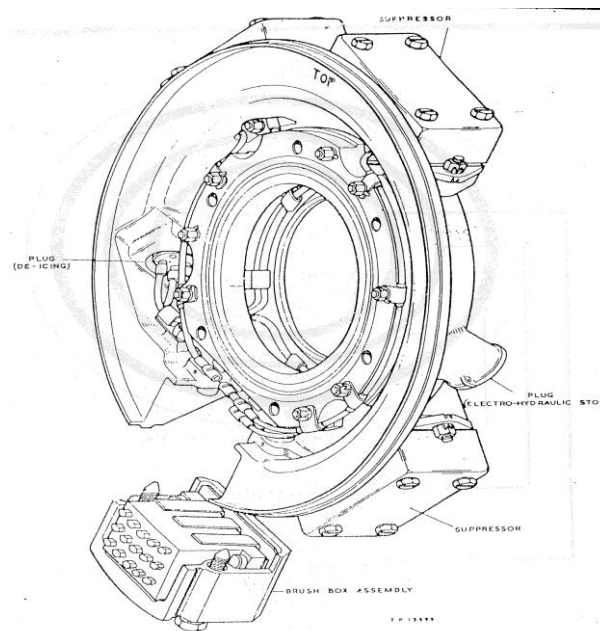


Figura 2.22: Conjunto de carbones.

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

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

2.1.8.8.9 Conjunto del cut out switch

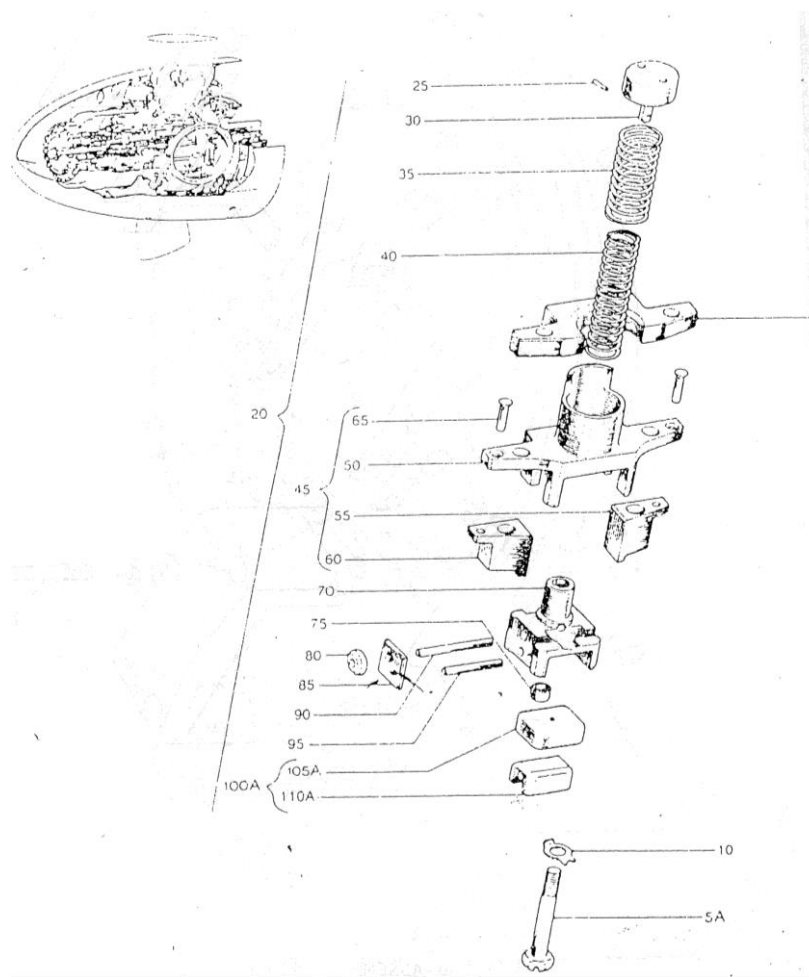


Figura 2.23: Cut out switch.

Fuente: Dowty Rotor, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

Es un switch mecánico eléctrico que se encuentra localizado en el lado posterior de la cruceta y en la posición de la pala N°1, consta de un resorte y un carbón que hace contacto con los anillos colectores del plato N°2, el cual envía la señal a la cabina del piloto indicando que la posición de las palas de la hélice han sido puestas en paso fino de vuelo que es de 16° a 18.5° o han sido colocadas en paso de banderas 84°, todo este procedimiento lo hace al comprimirse el resorte del “hot switch” con la leva de la pala N°1; ésta indicación podemos observar en las 6 luces ámbar del panel del piloto.

2.1.8.8.10 P.C.U. "GOBERNADOR"

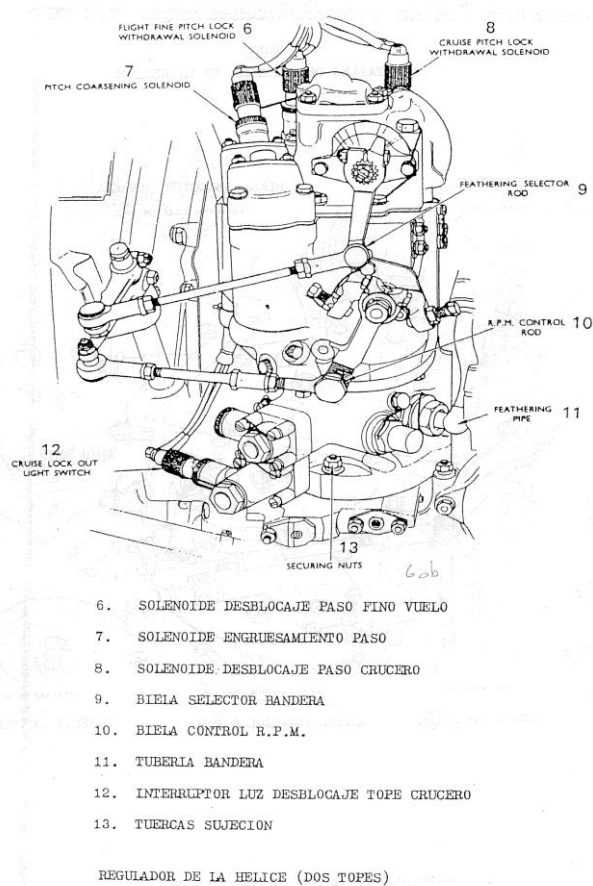


Figura 2.24: Gobernador (PCU).

Fuente: Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.

El P.C.U., al cual conocemos como gobernador de la hélice trabaja conjuntamente en todos sus pasos con el conjunto del F.C.U. (unidad de control de combustible), varillas y cables eléctricos; para cambiar el ángulo de la hélice, éste envía o controla la presión hidráulica de aceite del motor hacia las cámaras anterior y posterior del pistón conjuntamente con la electricidad que produce el plato de control N°2 de la hélice.

2.1.8.8.11 Conjunto del sincronizador

Como su nombre lo indica, sincroniza las R.P.M. de la hélice en el rango de 14.500 a 14.200 R.P.M., el alcance de sincronización máximo es de 100 a 200 R.P.M.

Se encuentra localizado en el motor N°1 y en las cajas accesorias se incorporan dos sincronizadores alternadores, siendo el del lado izquierdo el maestro y el derecho hace de esclavo.

NOTA: Para el despegue o aterrizaje no se lo debe realizar con el sincronizador conectado por que puede dañarse el sistema de sincronización bajo las 14.000 R.P.M.

2.1.8.8.12 Freno de la hélice

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

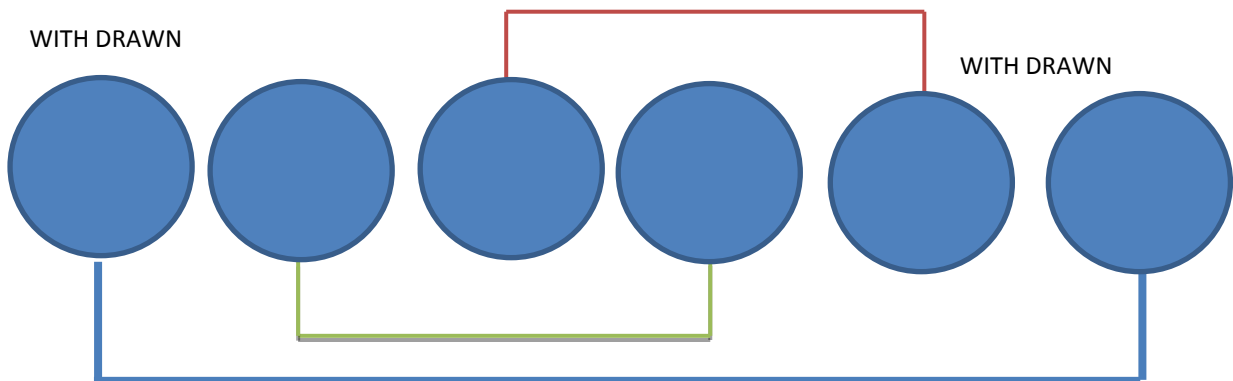
La razón por la que se encuentra localizado en el motor N°1, es porque en este lado del fuselaje se encuentran localizadas las puertas de acceso al avión.

2.1.8.8.13 Conjunto de la with drawn

Es una traba mecánica que en tierra no permite que los aceleradores se vayan adelante acelerando bruscamente los dos motores, esto sucede por el seguro del control puesto, sin embargo, acelerando un motor a la vez, las palancas llegan hasta las 15.000 R.P.M.

No sucede así cuando el seguro del control lleva las dos palancas (aceleradores), hacia adelante nos topamos con la traba y las revoluciones llegan hasta 11.500 R.P.M. (paso fino de vuelo).

2.1.8.8.14 Luces indicadoras



Las luces de los extremos son las indicadoras de la traba electromecánica conocida como la “With Drawn”.

Esta traba (seguro) en el momento del aterrizaje se enganchan y en el panel podemos observar que las seis luces se prenden; esto nos indica que la hélice fue puesta en paso fino de tierra (0°) en ésta posición la hélice hace de freno al avión, lo que vendría a ser “REVERSA” en otros aviones.

NOTA: Cuando observamos que las luces flashean, es señal que la With Drawn no ha completado su recorrido, la acción correctiva es completar el recorrido de los aceleradores (Ver Dowty Rotol, Manual de Entrenamiento Propeller Systems HS-748).

2.1.9 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 cuál sea la posición angular del rotor.

Para obtener balance estático se requiere que el centro de gravedad del sistemas de masas este en el eje 0-0 de rotación.

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

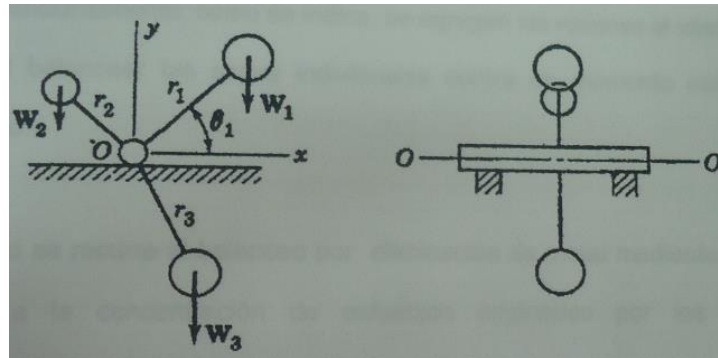


Figura 2.25: Balanceo de la hélice

Fuente: Manténice training manual

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

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

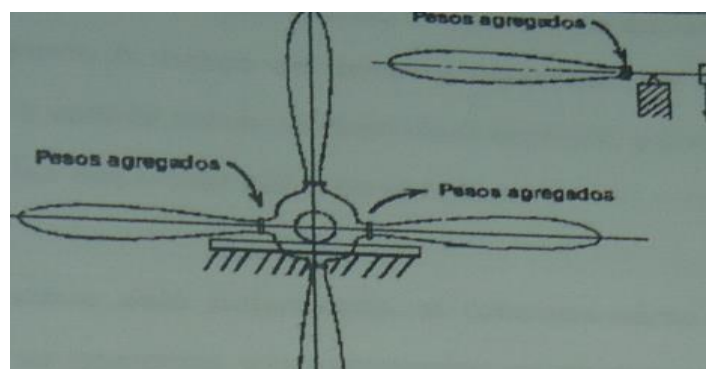


Figura 2.26: Balanceo de la hélice

Fuente: Manténice training manual

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 impulsadores.

2.1.9.1 Balanceo estático de la hélice Dowty Rotol

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

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

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

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

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

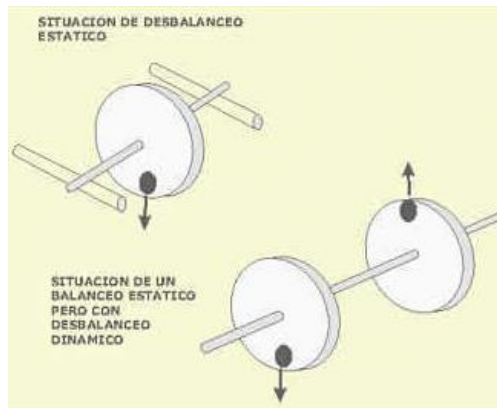


Figura 2.27: Balanceo estático y dinámico

Fuente: <http://www.apuca.com.ar/NOTAS/balanceo.html>

2.1.9.2 Balanceo dinámico de la hélice Dowty Rotol

Las hélices también pueden ser balanceadas dinámicamente montadas en la aeronave o en el banco. Cuando esto se puede realizar, el manual de mantenimiento deberá describir el procedimiento específicos para la colocación de los pesos de balanceo.

A menos que el Manual de Mantenimiento de la aeronave 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 utilizado. Para referencia (Ver Dowty Rotol, Manual de reparación de la palas, Publicación 830 pág. 401 Static Balancing).

2.1.10 Daños más comunes producidos en las hélices

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

Los daños más comunes producidos en las hélices son las picaduras por objetos extraños que se encuentran en las pistas cada una de las pala de la hélice tiene características que deben ser iguales entre si para que no produzca un desbalanceo entre toda la hélice y como resultado de esto la vibración.

Como más frecuencia la picadura de la hélices se produce en pistas que son lastradas o en su defecto en las pistas de asfalto que tienes objetos extraños en la superficie, llamamos objeto extraño o trozos de metal, tornillos, tuercas, etc., que han sido olvidados en la plataforma de circulación de las aeronaves.

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

2.1.10.1 Vibraciones en la hélice

La hélice es sensible a ciertas frecuencias de las fuerzas del motor o aerodinámicas, principalmente porque la hélice posee ciertas frecuencias naturales.

Cuando las frecuencias naturales de vibración de la hélice coinciden o se aproximan a las frecuencias de las fuerzas excitadoras, se producen combinaciones críticas que involucran la potencia, r.p.m. actitudes del avión, etc.

Si no hubiera aumento de la excitación debido a los modos naturales de vibración de hélice generalmente no alcanzarían valores que provocarían tensiones que excedan los límites de seguridad.

Una hélice tiene un número infinito de frecuencias naturales o modos de vibración pero, debido a distintos factores involucrados, sólo los primeros modos de vibración son un problema en una instalación de aeronave dada.

La hélice puede vibrar en ambos modos, simétrico y asimétrico, ya sea en el eje mayor o menor. Los modos simétricos son aquellos en los que todas las palas

reaccionan en la misma relación es decir, un punto idéntico en todas las palas estaría en tensión en el mismo instante. Estos modos de la hélice son excitados generalmente por los componentes del torque del motor.

Los modos asimétricos de vibración de la hélice son excitados generalmente por modos de traslación del cigüeñal del motor o sistema de bancada, o por cargas aerodinámicas. Ciertos modos de vibración de la hélice llamados modos de vibración de la hélice “sin reacción”, pueden ser excitados por fuerzas aerodinámicas sin ninguna reacción sobre el cigüeñal o eje de la hélice.

Debido a la combinación de los modos de vibración simétricos y asimétricos que reaccionan con las fuerzas de flexión y de traslación del motor o aeronave, se hace virtualmente imposible calcular los esfuerzos de vibración de la hélice para determinar la aeronavegabilidad de los mismos. Con la posibilidad de que estas distintas combinaciones se produzcan simultáneamente, una pala de la hélice podría manifestar una alta tensión de vibración, mientras otra pala de la misma hélice en el mismo momento, manifestaría una baja tensión de vibración.

Esto se aplica principalmente a aquellas hélices accionadas por motores alternativos que no están equipados con reductor.

2.1.10.2 Oscilación

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

Se puede producir oscilación por el des-balanceo de los ángulos entre hélices es decir que si se tiene 3 palas de una hélice puede ser que una de estas palas este dando un ángulo diferente a las 2 palas restantes o en su defecto que todas las palas de la hélice tengan distinto ángulo.

2.1.11 Requerimientos básicos de inspección para las hélices

2.1.11.1 Inspección diaria

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

- ✓ Pérdida de material en la hélice

- ✓ Golpes o hendiduras

- ✓ Dobladuras y rajaduras

- ✓ Inspección de corrosión

- ✓ Inspección de acumulación de grasas o fluidos.

2.1.11.2 Inspección periódica

Realizada en función de los manuales de procedimientos y ordenes técnicas, necesariamente se tiene que hacer una remoción de la hélice, inspeccionar todo su conjunto mecánico y sistemas que permitan su funcionamiento para determinar ciertos desperfectos y/o fugas de algún líquido hidráulico o grasas.

Una vez corregido el daño, se procede nuevamente a montar la hélice en el avión con los torques y seguros recomendados por el fabricante.

Por último se inspecciona el sistema en sí, así como su instalación eléctrica para después colocar los seguros del mecanismo.

2.1.12 Tipos de bancos de pruebas para calibrar hélices

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

- Bancos de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo.

- Banco de pruebas para inspeccionar el balance de las hélices estático con fosa.

2.1.12.1 Banco de prueba para calibrar flojedad de palas y cubo



Figura 2.28: Equipo para calibrar flojedad de palas y cubo.

Fuente: <http://www.schenck-rotec.com.mx/products/products/Taro.php>.

Este banco de pruebas sirve principalmente para determinar si los componentes y mecanismos que conforman las palas y el cubo están flojos.

Para inspección de flojedad del cubo sobre el eje se realiza el siguiente procedimiento:

Colocar en una plataforma o un banco para alcanzar la hélice fácilmente, con las 2 manos agarrar el cubo y empujar sobre el eje hacia atrás y hacia delante.

Si el cubo se mueve sobre el eje, hay que buscar la causa y corregirla.

No hay que confundir cierta cantidad de juego producida por los engranajes de reducción, debido a una condición normal del cubo.

2.1.12.2 Flojedad en las palas

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

- Girar las hélices hasta que la pala a examinarse este en forma perpendicular
- Cerca de la 42" coloque la mano en el borde de ataque, y otra en el borde de salida, trate de girar la pala en el cubo.
- No se confunda con el juego normal en las palas en hélices de paso variable, con una condición anormal.

2.1.12.3 Banco de pruebas para inspeccionar el balance de las hélices estático con fosa.



Figura 2.29: Equipo para el balance estático con fosa.

Fuente: <http://www.schenck-rotec.com.mx/products/products>.

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

2.2 Reloj comparador

Un reloj comparador es un aparato que transforma el movimiento rectilíneo de los palpadores o puntas de contacto en movimiento circular de las agujas. Se trata de un instrumento de medición que se utiliza en los talleres e industrias para la verificación de piezas, es útil para comparar las diferencias que existen en la cota de varias piezas que se quieran verificar.

La capacidad para detectar la diferencia de medidas es posible gracias a un mecanismo de engranajes y palancas, que van metidos dentro de una caja metálica de forma circular. Dentro de esta caja se desliza un eje, que tiene una punta esférica que hace contacto con la superficie. Este eje, al desplazarse, mueve la aguja del reloj, y hace posible la lectura directa y fácil de las diferencias de medida.

La precisión de un reloj comparador puede ser de centésimas de milímetros o incluso de milésimas de milímetros micras, según la escala a la que esté graduado. También se presentan en milésimas de pulgada.

El reloj comparador tiene que ir incorporado a una galga de verificación o a un soporte con pie magnético que permite colocarlo en la zona de la máquina que se desee. Es un instrumento muy útil para la verificación de diferentes tareas de mecanizado, especialmente la excentricidad de ejes de rotación.



Figura 2.30: Reloj comparador y soporte

Fuente: http://www.capris.cr/index.php?route=product/product&product_id=86

2.2.1 Lectura del reloj

En la esfera del reloj comparador hay dos manecillas, la de menor tamaño indica los milímetros, y la mayor las centésimas de milímetro, primero miramos la manecilla pequeña y luego la mayor, en de que la aguja este entre dos divisiones tomamos la más próxima, redondeando la medida a la apreciación del instrumento:

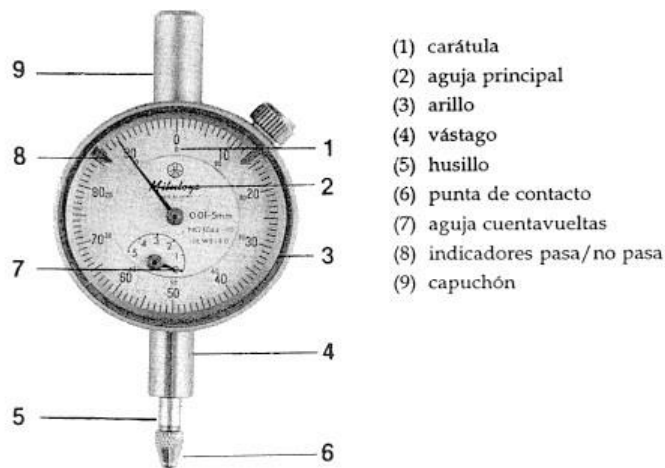


Figura 2.31: Medición del reloj

Fuente: <http://metrologia.fullblog.com.ar/reloj-comparador-palpador.html>

Localizado el punto de referencia, se pone a cero la medida indicada en el reloj, girando la esfera haciendo coincidir el cero de la escala principal (centésimas o milésimas de milímetro, según el caso) con la aguja en ese momento.

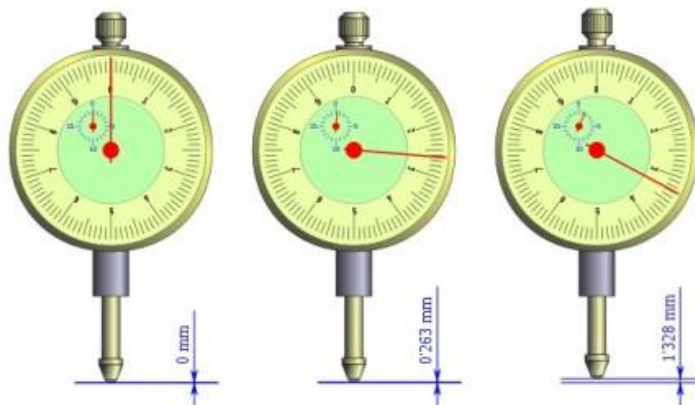


Figura 2.32: Medición del reloj

Fuente: <http://metrologia.fullblog.com.ar/reloj-comparador-palpador.html>

En la figura podemos ver varios relojes, el primero indica 0 mm, en el segundo la lectura será 0,27 mm si bien la medida es algo más escasa (0'263 mm según se indica), la lectura nunca debe de darse con mayor apreciación de la que tenga el instrumento. En el tercer reloj la lectura será de 1,33 mm por la misma razón.

El uso mayoritario del reloj comparador es para determinar pequeñas diferencias de medida, en alienaciones o excentricidad, cuando se emplea para en dimensiones que abarcan varios milímetros, es preciso percatarse, en la aguja pequeña, del milímetro exacto en el que se encuentra la medida, que puede ser más dificultoso que señalar la centésima de milímetro, indicada con la aguja grande, como se puede ver en la figura.

2.3 Software de simulación

Las industrias que manejan mercados a niveles internacionales, y gran cantidad de piezas y partes para sus productos son las que más utilizan el CAD 3D, la simulación CAM y CAE, logrando el manejo total de prototipos virtuales.

Los Sistemas de Computer Aided Design (CAD, Diseño asistido por computadora), son relativamente comunes, es un programa que permite el diseño de dibujos mediante coordenadas y vectores, el cual resulta de gran precisión, este programa es usado por un gran número de profesionistas al ser muy exacto, además de permitir el diseño en 3D.

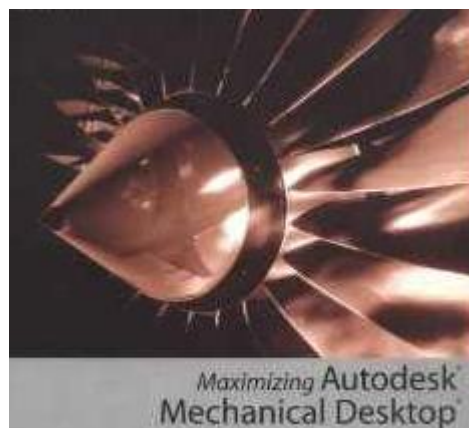


Figura 2.33: Software Autodesk

Fuente: <http://www.amazon.es/Maximizing>

Muchos de los sistemas CAD / CAM (CAM: Computer Aided Manufacturing, Manufactura Asistida por Computadora), en uso hoy en día están diseñados y pensados para automatizar funciones manuales, independientemente de si la función particular que cumplirán será un análisis ingenieril, diseño conceptual, dibujo, documentación o la programación de la maquinaria de manufactura e inspección.

Sin embargo, el concepto de CAE, (Computer Aided Engineering, Ingeniería Asistida por Computador) asociado a la concepción de un producto y a las etapas de investigación y diseño previas a su fabricación, sobre todo cuando esta última es asistida o controlada mediante computador, se extiende cada vez más hasta incluir progresivamente a la propia fabricación.

Se puede decir, por tanto CAE, es un proceso integrado que incluye todas las funciones de la ingeniería que van desde el diseño propiamente dicho hasta la fabricación.

Es un programa de modelado paramétrico 3D, que sirve para el desarrollo y gestión del diseño mecánico, siendo la solución a la creación, el mantenimiento y la presentación de elementos y dispositivos mecánicos.

2.3.1 Análisis de elementos finitos

El análisis por elementos finitos (FEA por sus siglas en inglés para: *Finite Element Analysis*) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada Método de los elementos finitos (FEM).

Existen muchos paquetes de software, tanto libres como no libres. El desarrollo de elementos finitos en estructuras, usualmente, se basa en análisis energéticos como el principio de los trabajos virtuales.

2.3.1.1 Aplicación

En estas aplicaciones, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas

y conectadas. Ecuaciones de equilibrio, junto con consideraciones físicas aplicables así como relaciones constitutivas, se aplican a cada elemento, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos.

Comúnmente se usa FEA en determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos. Es además usado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre ellos Transferencia de calor, dinámica de fluidos, y electromagnetismo. Con FEA se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas.

2.3.1.2 Revisión de la literatura del análisis por elementos finitos

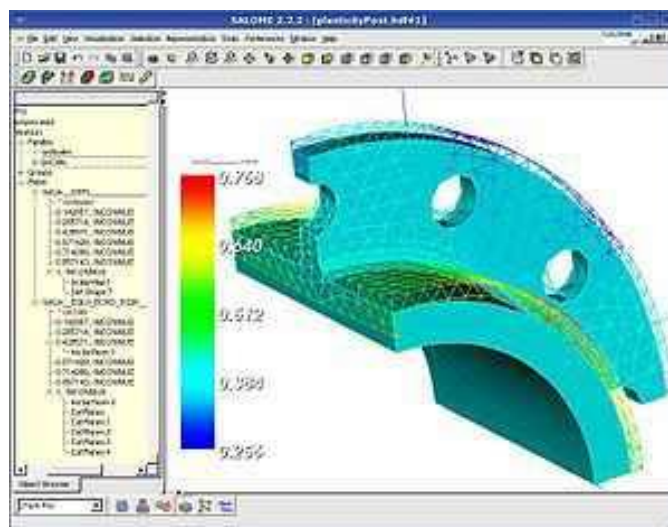


Figura 2.34: Análisis de una estructura 3D sujeta a deformaciones plásticas, realizado en Code-Aster en CAELinux

Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plasticity.jpg>

Análisis estadístico no lineal de una estructura 3D sujeta a deformaciones plásticas, realizado en Code-Aster en CAELinux

La Ingeniería asistida por computadora (CAE, del inglés: *Computer Aid Engineering*) es la aplicación de programas computacionales de ingeniería para

evaluar componentes o ensambles. Contiene simulación, validación y optimización de productos y herramientas de manufactura. La aplicación principal de CAE, usada en ingeniería civil, mecánica, aeroespacial, y electrónica, se trata de FEA al lado del Diseño Asistido por Computador (CAD).

2.3.1.3 Análisis por elementos finitos

En general, hay tres fases en cualquier tarea asistida por computador:

1. Pre-procesamiento. Definir el modelo de elementos finitos y los factores ambientales que influyen en él.
2. Solución del análisis. Solucionar el modelo de elementos finitos.
3. Post-procesamiento de resultados usando herramientas de visualización.

2.3.1.4 Pre-procesamiento

El primer paso en FEA, pre-procesamiento, es construir un modelo de elementos finitos de la estructura a ser analizada. En muchos paquetes de FEA se requiere de la entrada de una descripción topológica de las características geométricas de la estructura. Ésta puede ser 1D, 2D, o 3D. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real. La manera mas sencilla para conseguir similaridad en el análisis es utilizar planos pre existentes, modelos CAD, o datos importados de un ambiente FEA. Una vez se ha creado la geometría, se utiliza un procedimiento para definir y dividir el modelo en "pequeños" elementos. En general, un modelo de elementos finitos esta definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos. Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento (análisis estructural). Los paquetes de FEA enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen propiedades localizadas de masa y rigidez. Los elementos también están definidos por la numeración de la malla, la cual permite referenciar la correspondiente deflexión o esfuerzo (en análisis estructural) para una localización específica.

2.3.1.5 Análisis (cómputo de la solución)

En la siguiente etapa en el proceso de análisis de elementos finitos se lleva a cabo una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, y las propiedades de los elementos de donde producir un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como lo son las deformaciones, estiramiento o *estrés* que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como lo son la fuerza, la presión y la gravedad.

2.3.1.6 Post-procesamiento (visualización)

Estos resultados entonces pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro del ambiente de FEA para ver y para identificar completamente las implicaciones del análisis. Herramientas numéricas y gráficas permiten la localización precisa de información como esfuerzos y deformaciones a ser identificadas.

2.4 Teoría de Von Mises

El rendimiento von Mises criterio sugiere que el rendimiento de los materiales comienza cuando la tensión de segunda invariante desviadora alcanza un valor crítico. Por esta razón, algunas veces se denomina la plasticidad-o teoría del flujo. Es parte de una teoría de la plasticidad que mejor se aplica a materiales dúctiles, tales como metales. Antes de dar, respuesta del material se supone que es elástico.

La teoría de materiales e ingeniería del criterio de von Mises rendimiento también puede ser formulada en términos de la tensión de von Mises o esfuerzo de tensión equivalente, un valor escalar que el *estrés* puede calcular a partir del tensor de tensiones. En este caso, un material se dice que comienza cuando su tensión de von Mises alcanza un valor crítico conocido como el límite de elasticidad. La tensión de von Mises se utiliza para predecir el calentamiento de los materiales bajo cualquier condición de carga a partir de resultados de pruebas sencillas de tracción uniaxial. La tensión de

von Mises satisface la propiedad de que dos estados de tensión con la misma energía de distorsión igual tienen la misma tensión de von Mises.

Debido a que el criterio de von Mises es independiente de la tensión invariante J_2 , es aplicable para el análisis de la deformación plástica de materiales dúctiles, tales como metales, como el inicio de la producción para estos materiales no depende del componente hidrostático del tensor de tensiones

.

Aunque formulada por Maxwell en 1865, en general se atribuye a Richard Edler von Mises (1913). Tytus Maksymilian Huber (1904), en un artículo en polaco, anticipa en cierta medida este criterio. Este criterio es también conocido como la teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING DE LAS HÉLICES DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 APLICABLE AL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD FH-227 DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO ITSA.

3.1 Descripción del equipo

LoP0

El banco de balanceo estático y tracking es un equipo que ayuda a verificar el balance de la hélice entre las palas y determinar si existe o no desequilibrio en ellas. Hablamos de desequilibrio cuando las palas están fuera de trayecto, lo que significa que los puntos similares de cada pala no siguen el mismo sentido de rotación.

Estos desequilibrios anteriormente mencionados se puede comprobar instalando la hélice en el banco de pruebas, colocando la hélice en equilibrio (eje X, eje Y) para comprobar su balance estático primeramente, pero este balance no es suficiente pues también es necesario realizar un balance dinámico que se lo determina en medidas diferenciales de distancia de cada pala de la hélice (se denomina “desequilibrio de momento de masa”, y técnicamente se denomina TRACKING) se lo realiza con un reloj comparador. Si cada una de las palas no hace un recorrido dentro de los límites, se debe encontrar la causa de ello o enderezar las partes afectadas.

Entonces, el balance estático (identifica que las palas tengan el mismo peso) y balance dinámico (las puntas de la pala recorran por el mismo punto de una trayectoria), nos ayuda a evitar daños al motor y a la estructura del avión.

3.2 Simulación y análisis en el software

Con la ayuda de un software especializado en el análisis de materiales, se efectuó una simulación de los elementos a utilizar en la construcción de nuestro banco de pruebas; observando la tensión, compresión, esfuerzos cortantes y deformación de los mismos, para así elegir los más factibles.

3.2.1 Eje

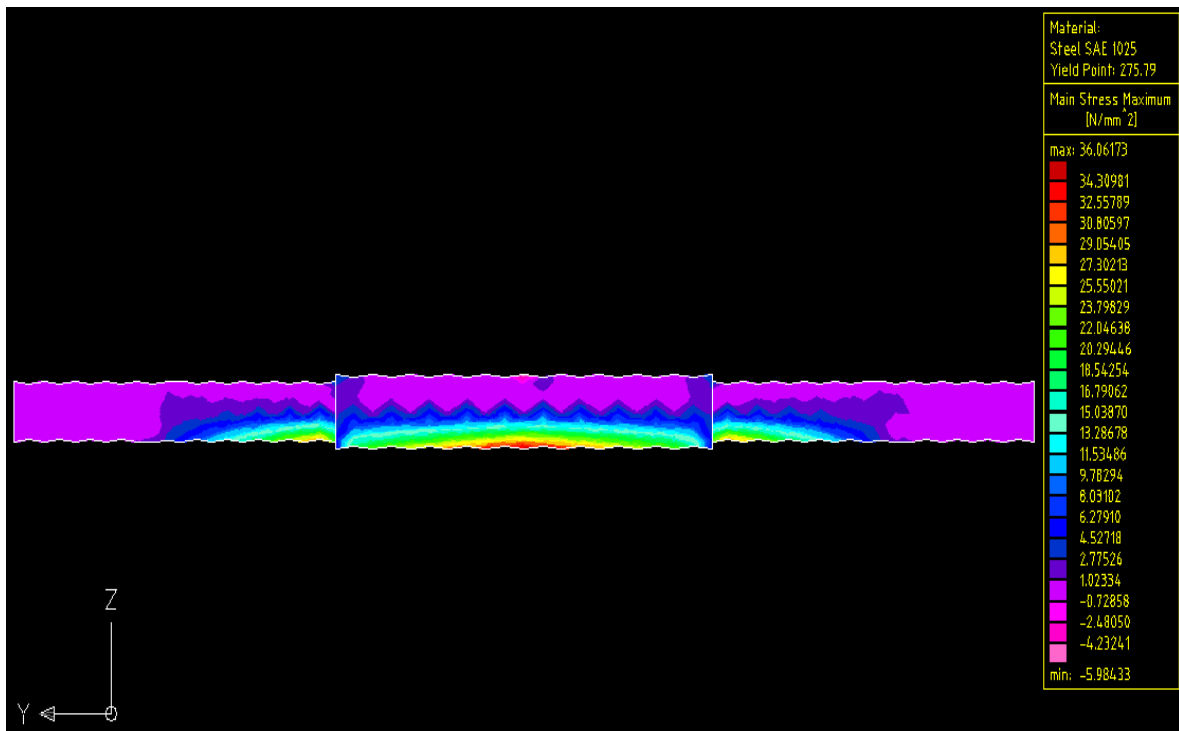


Figura 3.1: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en el eje.

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.1 se muestra en colores que tienden al infrarrojo los esfuerzos máximos (TENSIÓN) y los que podrían ser los que iniciarían rajaduras en la parte inferior del eje. Los colores que tienden al ultravioleta y negativos son los que representan la compresión en el eje; de estos últimos esfuerzos no se tendrá mayor cuidado.

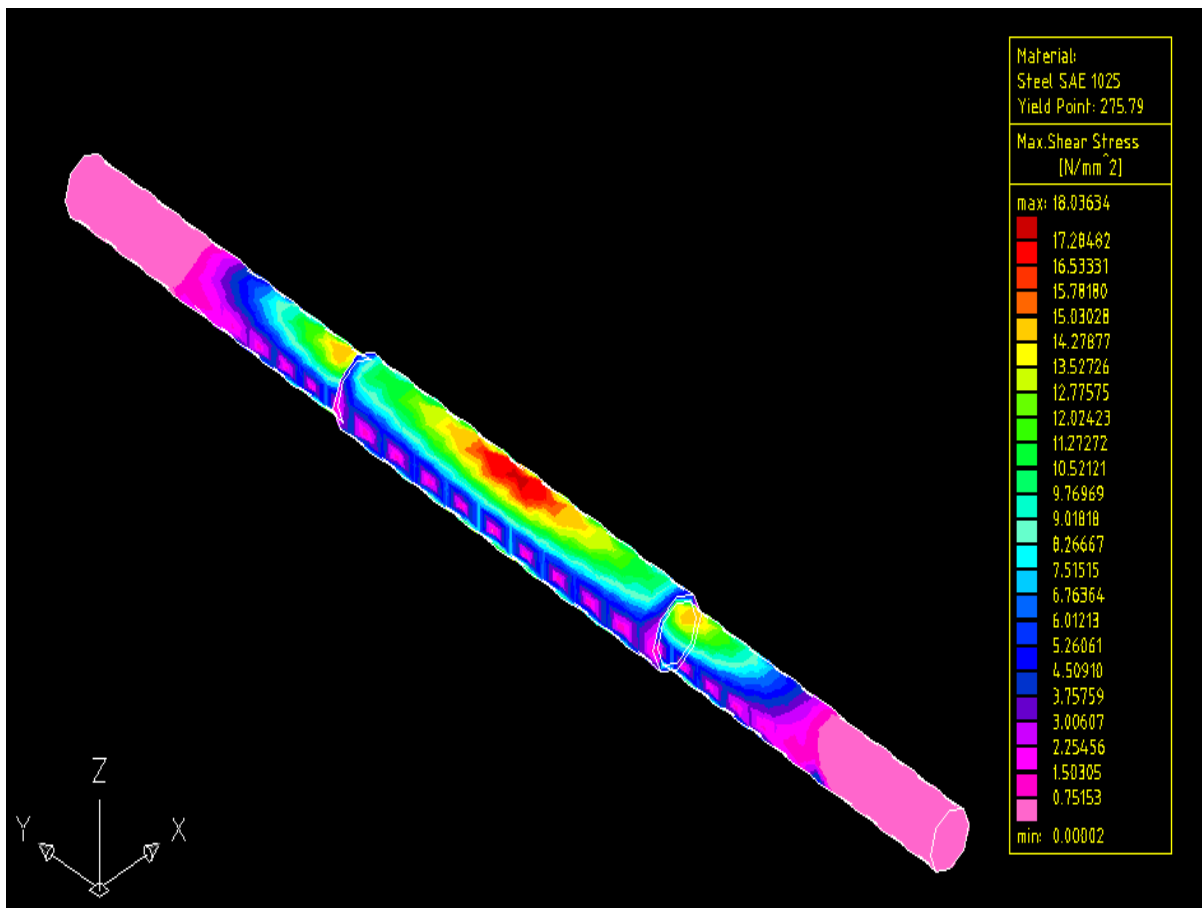


Figura 3.2: Análisis de esfuerzos cortantes en el eje.

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.2 se puede ver que el esfuerzo cortante máximo (18.036 N/mm^2) está ubicado en el punto medio del eje, considerando que se le aplicó como carga puntual todo el peso de la hélice (3600 N). En la representación de colores, puede notarse que el color rojo es donde más esfuerzo cortante soporta el eje. Los colores violetas con áreas donde menos esfuerzo soporta el eje.

El punto de cedencia para este acero es de 275.79 N/mm^2 , con lo que podemos concluir que el eje no se deformará ni se rajará con el peso de la hélice.

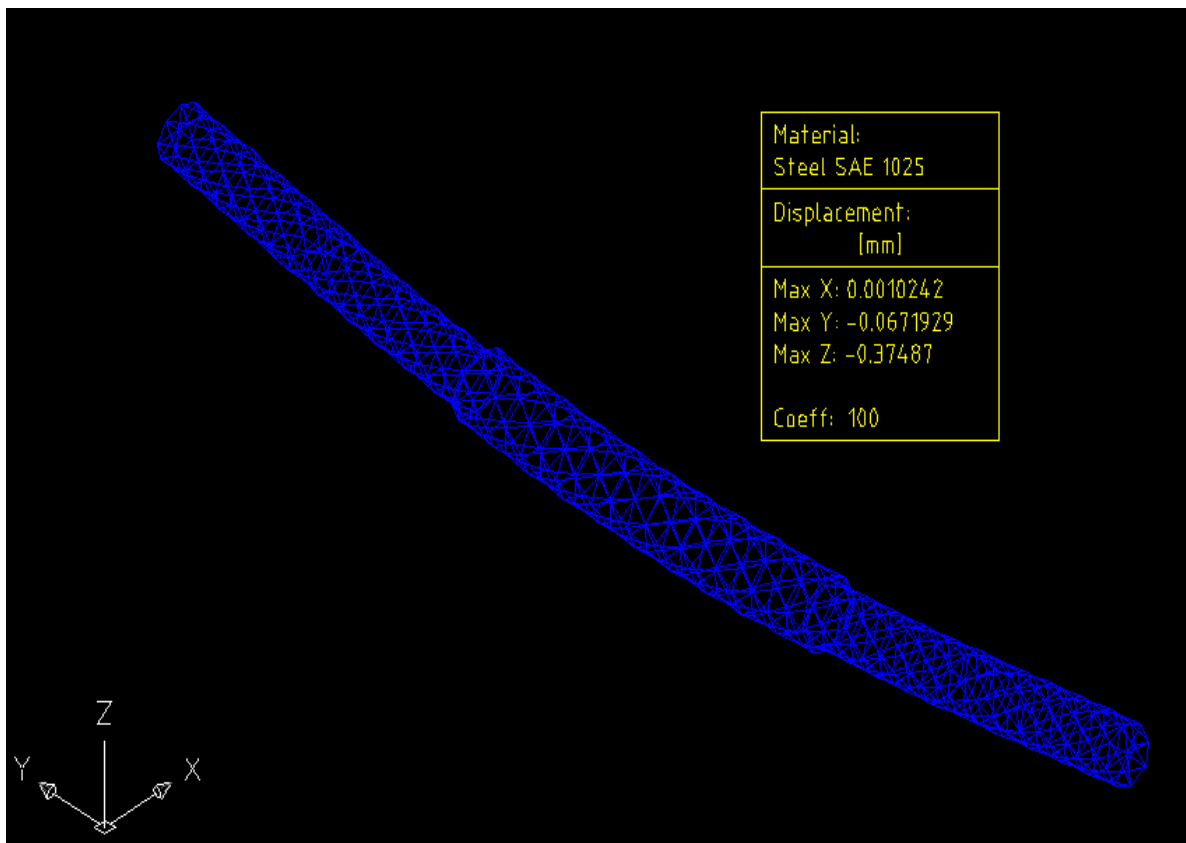


Figura 3.3: Deformación del eje (multiplicado por un coeficiente de cien)

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.3 se muestra la deformación del eje con el peso de la hélice aplicado en el punto medio. Puesto que la carga está aplicada en la dirección -z, entonces la deformación es de 0.37mm con carga puntual el peor de los escenarios. Puede deducirse que con carga distribuida la deformación es prácticamente despreciable. Nótese que para hacerse visible tal deformación se le configuró al software para que la amplifique cien veces.

3.2.2 Puntos de apoyo

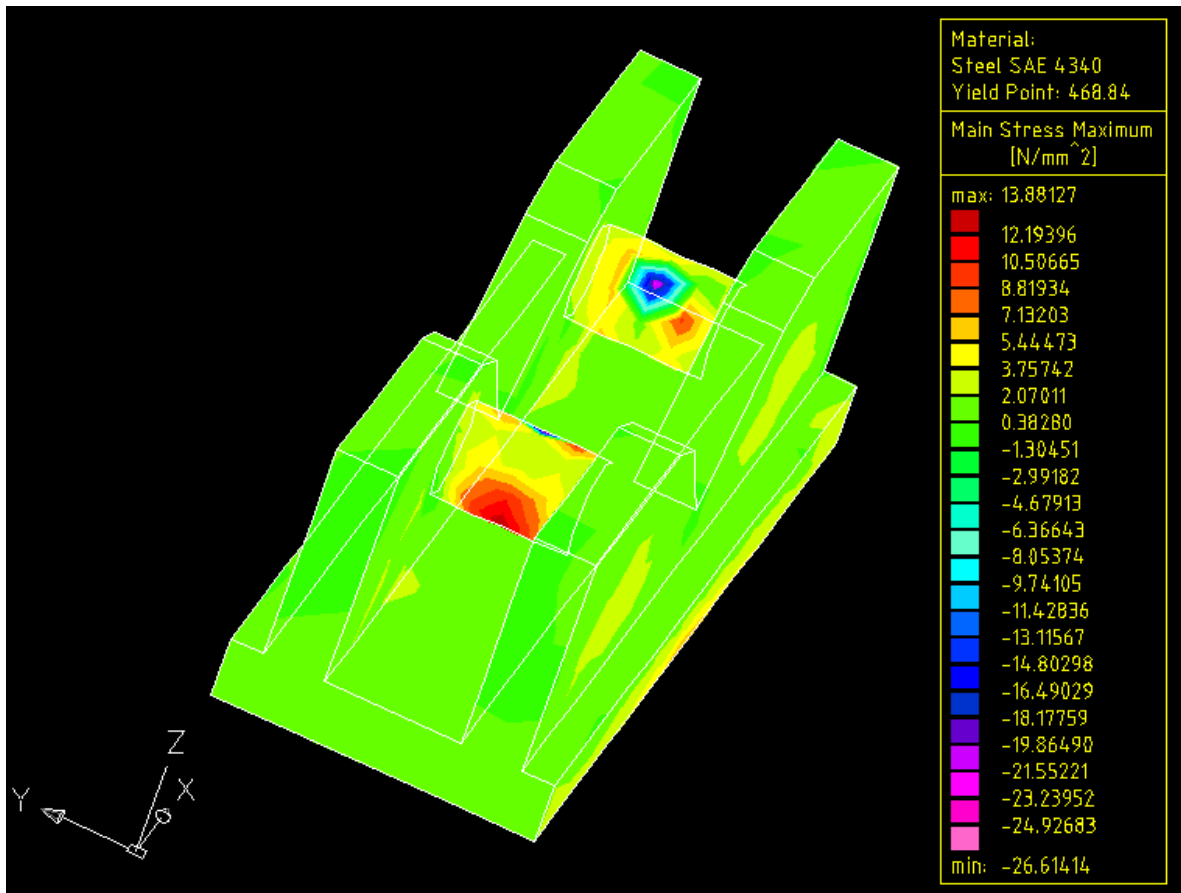


Figura 3.4: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en el punto de apoyo.

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.4 se muestra el análisis de esfuerzos en el punto de apoyo. Los colores que tienden al infrarrojo representan las zonas donde la pieza soporta más esfuerzos, por otra parte los colores que tienden al ultravioleta representan las zonas donde la pieza soporta menos esfuerzos. La reacción en cada rodamiento es de 1272.8 N produciendo un esfuerzo máximo a la tensión de 13.88 N/mm² en las zonas rojas. El punto de cedencia para este acero es de 468.84 N/mm² con lo que puede concluirse que la pieza no sufrirá una deformación permanente ni se rajará en la operación normal.

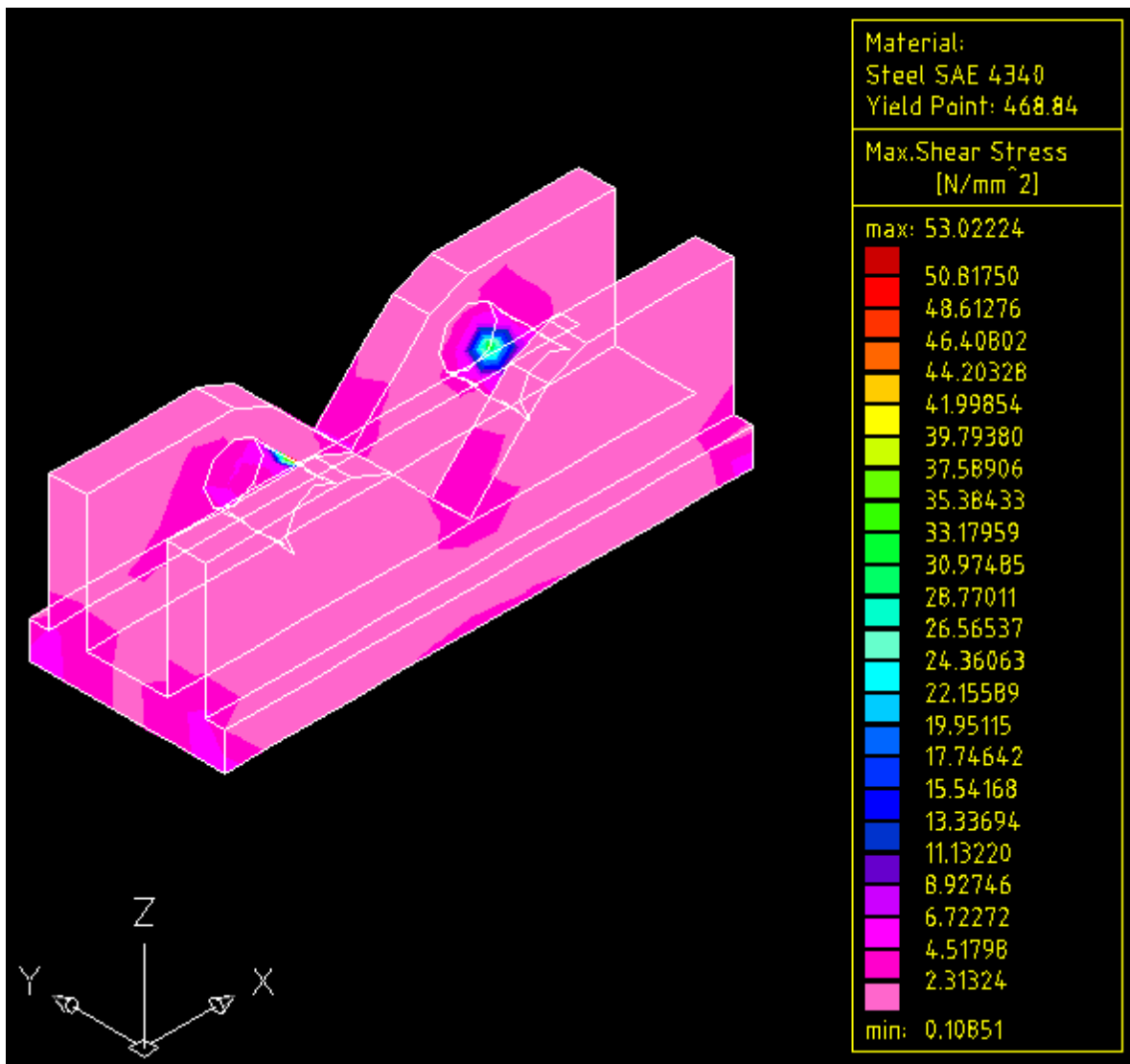


Figura 3.5: Análisis de los esfuerzos cortantes en el punto de apoyo

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.5 se puede ver que el esfuerzo cortante máximo (53.022 N/mm²) está ubicado en el punto medio de los 2 ejes de acero donde se alojan los rodamientos, considerando que se le aplicó como carga puntual todo el peso de la hélice mas eje y tuercas de seguridad (peso total 3905.4 N) como son 2 puntos de apoyo la carga se divide para los dos respectivamente (1952.7 N) con este peso se procedió a simular. En la representación de colores, pude notarse que el color rojo es donde más esfuerzo cortante soporta el eje. Los colores violetas con áreas donde menos esfuerzo soporta el eje.

El punto de cedencia para este acero es de 468.84 N/mm², con lo que podemos concluir que el eje no se deformará ni se rajará con el peso de la hélice.

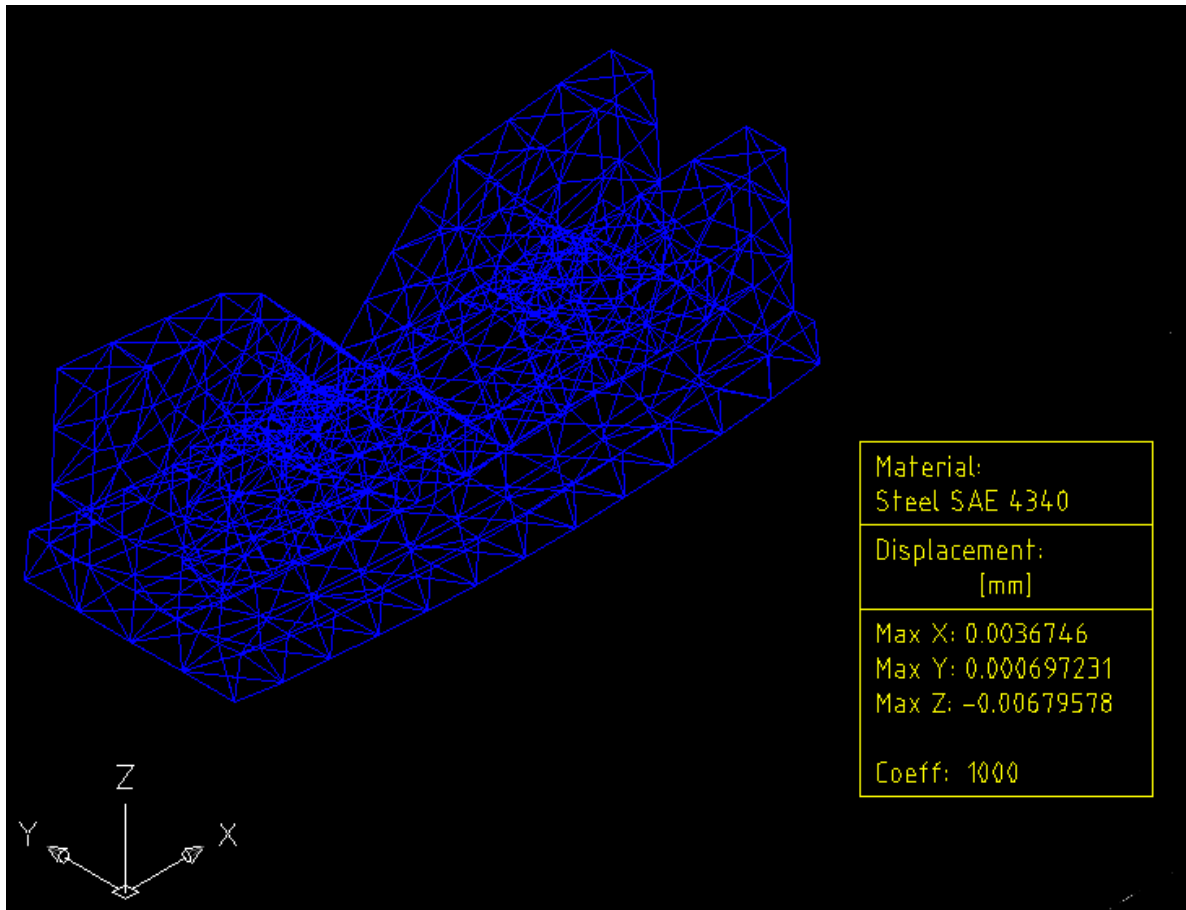


Figura 3.6: Deformación de los puntos de apoyo (multiplicado por un coeficiente de mil)

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.6 se muestra la deformación de los puntos de apoyo con el peso de la hélice mas eje y tuercas de seguridad, aplicado en el punto medio. Puesto que la carga está aplicada en la dirección -z, entonces la deformación es de 0.007 mm con carga puntual el peor de los escenarios. Puede deducirse que con carga distribuida la deformación es prácticamente despreciable. Nótese que para hacerse visible tal deformación se le configuró al software para que la amplifique milveces.

3.2.3 Estructura

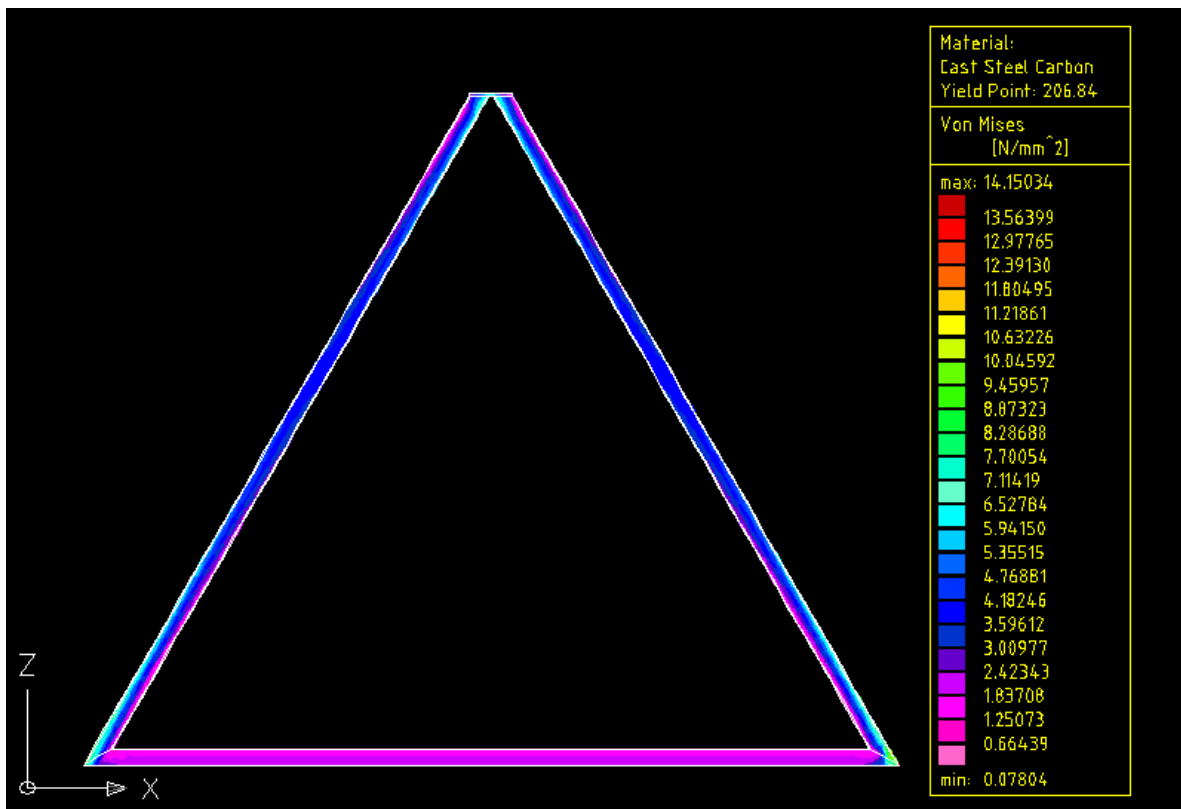


Figura 3.7: Análisis de esfuerzos de tensión y compresión en la estructura principal bajo el criterio de Von Mises

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.7 se muestra la simulación de esfuerzos de la estructura Mayor sometida a una carga total de 3905.4 N, es decir todo el peso de la hélice mas eje y tuercas de seguridad aplicado únicamente sobre un lado de la balanceadora para así brindar mayor seguridad. Para realizar esta simulación se uso el criterio de deformación de Von Mises. Bajo este criterio puede apreciarse que el punto crítico el acero de la estructura es 206.84 N/mm² y el esfuerzo máximo que soporta la estructura es de 14.15 N/mm², dicho en términos de factor de seguridad, a la estructura debería aplicársele el peso de 14 hélices para empezar a ver una deformación permanente ($206.84/14.15 = 14.61 \approx 14$).

En las Figuras 3.8 y 3.9 se puede apreciar en detalle los esfuerzos en la parte superior y en un soporte inferior de la estructura.

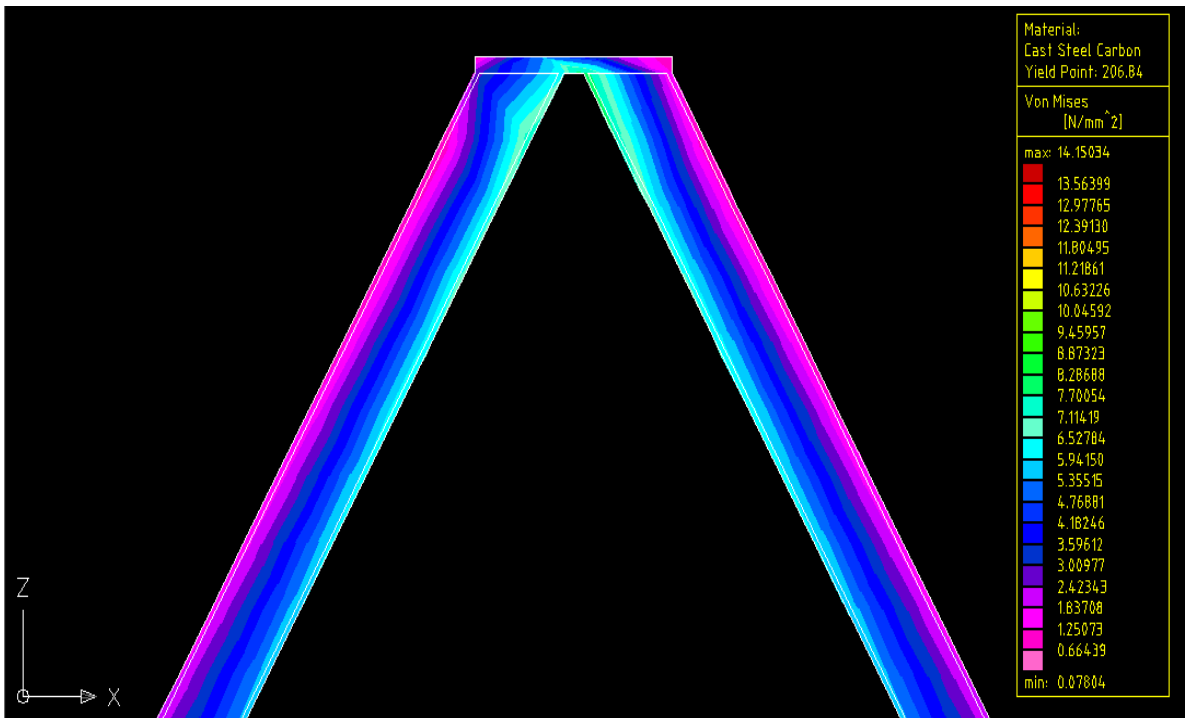


Figura 3.8: Esfuerzos cortantes de Von Mises en la parte superior de la estructura
Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En las Figuras 3.8 y 3.9 se puede apreciar en detalle los esfuerzos en la parte superior y en un soporte inferior de la estructura.

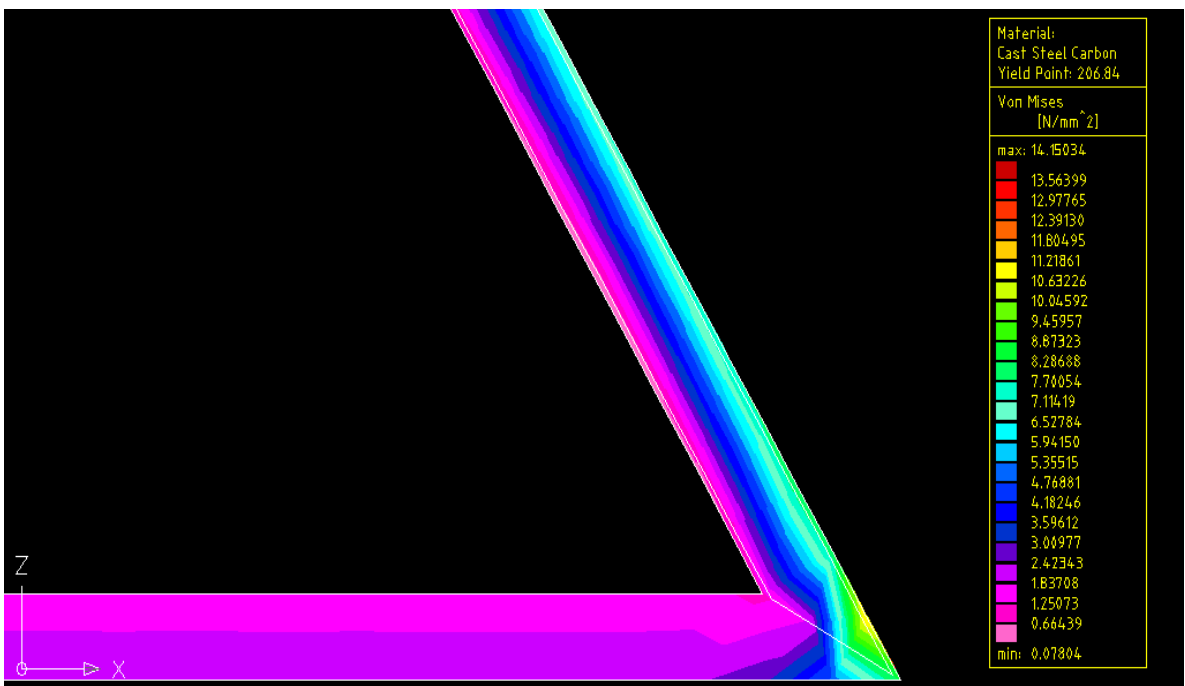


Figura 3.9: Esfuerzos cortantes de Von Mises en el soporte inferior derecho de la estructura.

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

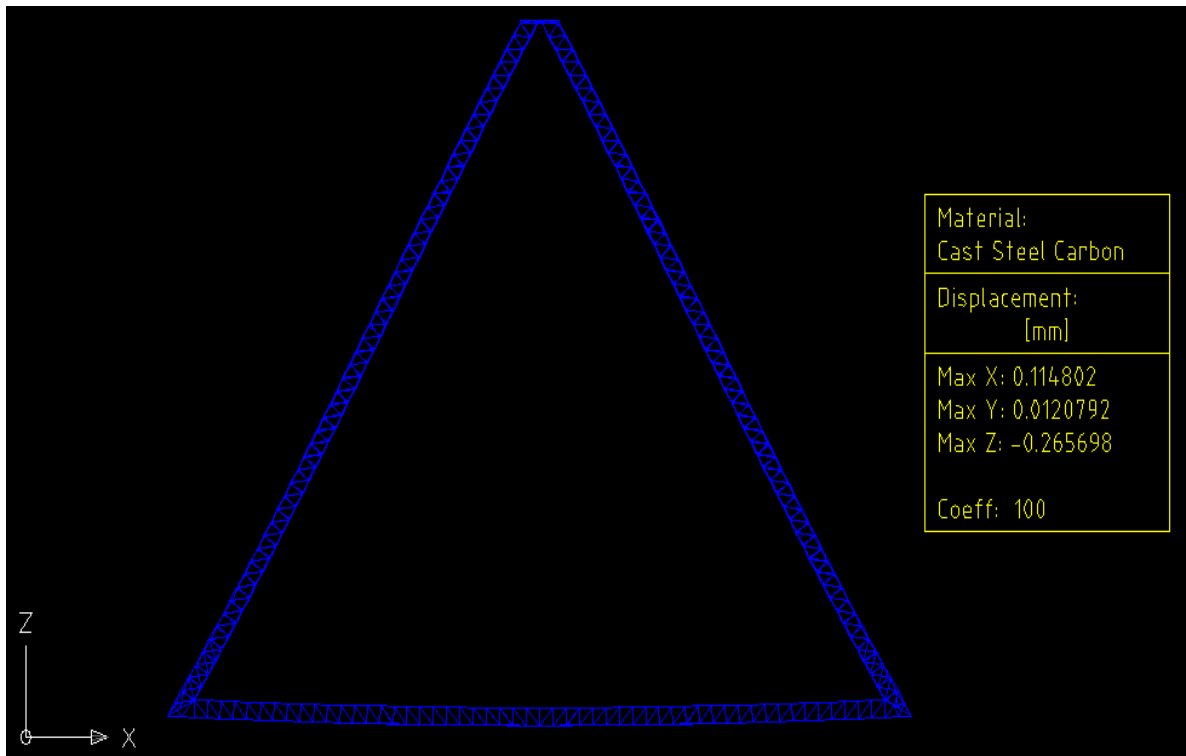


Figura 3.10: Deformación de la estructura, multiplicada por un factor de 100 veces.

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Para apreciar visualmente la deformación que sufre la estructura con todo el peso de la hélice en un solo lado de la estructura, en la Figura 3.11 se muestra que en el eje $-Z$ se presenta un desplazamiento de 0.2mm, lo cual es mínimo y sería en el peor de los escenarios posibles y prácticos. Con esto se puede deducir que en operación normal podría haber una deformación aproximada de 0.1mm en el eje $-Z$, es decir el 0.005% de su altura. Cabe resaltar que la deformación geométrica que se muestra en la Figura 3.10 no es la que se vería realmente, simplemente es una simulación multiplicada por un factor de 100 para apreciarla visualmente mediante el software.

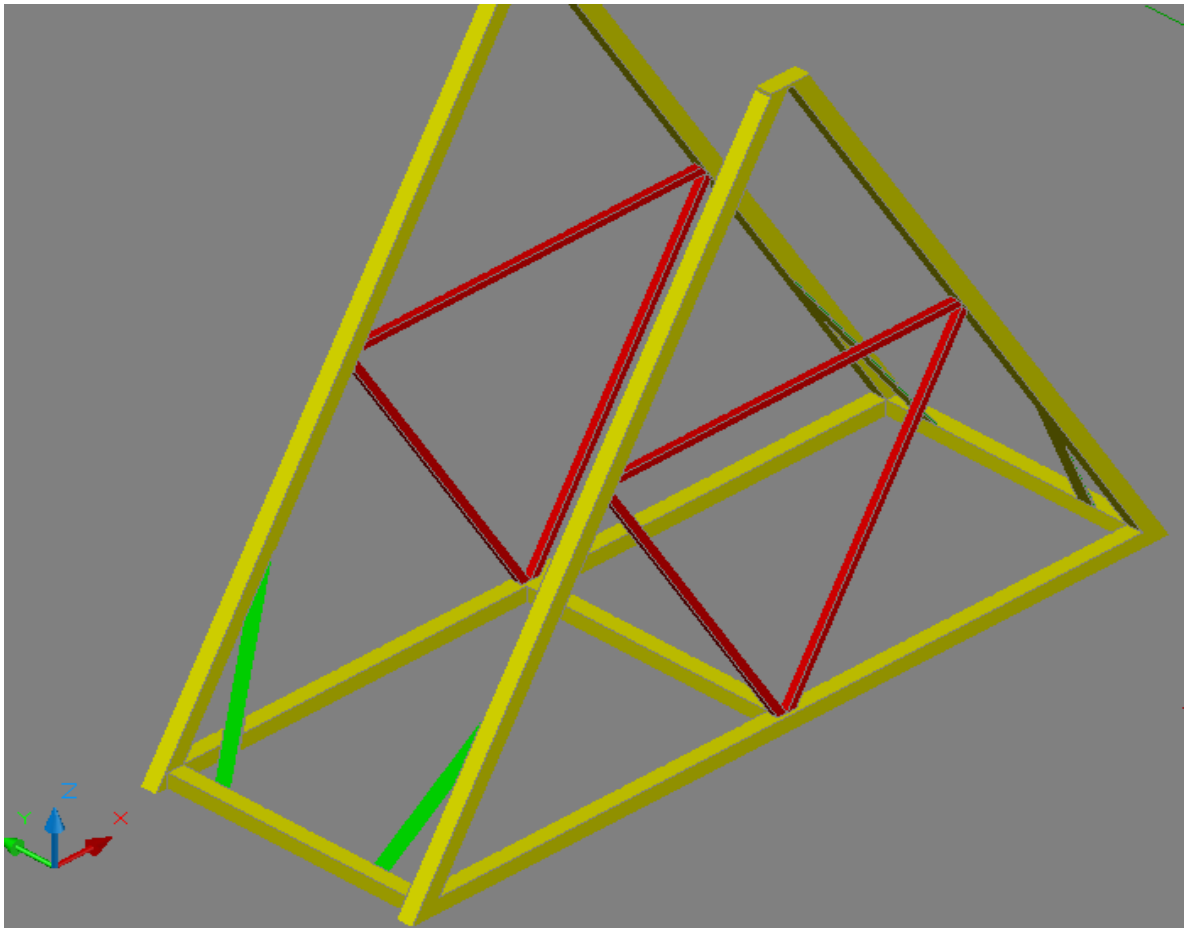


Figura 3.11: Soportes para estructuras laterales

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la Figura 3.11 se muestra en color rojo los soportes menores adicionales instalados en las estructuras principales laterales con el objetivo de ayudar a soportar las cargas. La función de dichos soportes adicionales es aumentar la rigidez de toda la estructura. También se muestra en color verde los soportes esquineros que soportan la flexión de las estructuras laterales respecto al eje X.

3.2.4 Conclusión

Del análisis realizado a los puntos más críticos de la estructura en el SOFTWARE DE ANÁLISIS FEA se puede concluir que las aleaciones de acero seleccionadas son las correctas para la construcción del banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking de las hélices Dowty RotoI 2-MODEL R257/4-30-4/60.

En base a los resultados de los esfuerzos máximos se concluye que el eje no sufrirá deformaciones permanentes ni rajaduras.

En base a los resultados de los esfuerzos máximos se concluye que los puntos de apoyo no sufrirán deformaciones permanentes ni rajaduras.

En base a los resultados de los esfuerzos máximos se concluye que la estructura no sufrirá deformaciones permanentes ni rajaduras.

En base a los resultados de las deformaciones máximas se concluye que son prácticamente despreciables y no afectan a la operación de la balanceadora. Esto fue corroborado con pruebas de campo en donde se verificó que el movimiento de la hélice es continuo y suave.

3.3. Construcción del equipo

Este equipo está conformado por:

- Un eje
- Tuercas de seguridad
- Puntos de apoyo
- Estructura de la balanceadora
- Llantas
- Tornillos de fijación
- Niveles
- Reloj comparador

3.3.1 Eje

Está construido en Acero SAE 1018, tiene una longitud de 1110 mm. El diámetro del eje es igual al diámetro interno de la cruceta de la hélice 62 mm ver ANEXO A (No.ITSA-2013-01) HOJA 6 DE 7.

3.3.1.1 Elaboración

Desbaste-roscado exterior del eje
Montamos el eje de acero al torno.



Figura 3.12:Montaje del eje

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Preparamos las cuchillas (cuchillas para tornear de 3/8 x 4" de largo ASSAB 17% CO)



Figura 3.13:Preparación de cuchillas

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Luego seleccionamos de la velocidad en el torno (velocidad medio porque es un eje suave 400 RPM y automáticos).



Figura 3.14:Selección de velocidad del torno

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Interpretamos correctamente el plano para la elaboración del eje.



Figura 3.15: Interpretación del plano

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Elaboración de la pieza por etapas (desbaste-roscado)



Figura 3.16:Elaboración de la pieza (desbaste-roscado)

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.1.2 Roscado exterior del eje

Lo que hacemos en primera instancia es el afilado de cuchillas para el roscado.



Figura 3.17: Afilado de cuchillas para el roscado

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Seleccionamos opción roscado en el torno.



Figura 3.18: Seleccionando opción roscado en el torno

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Proceso de roscado de acuerdo a profundidad establecido por la tabla (8.24mm)
(Ver Catálogo Estandarizado Para Tornear Eje, tiene cada equipo).

Fin de la elaboración del proceso del eje (desbaste-roscado)



Figura 3.19: Fin de la elaboración del eje (desbaste-roscado)

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.2 Dispositivos de seguridad (tuercas de seguridad)

Para conformar las tuercas de seguridad, mismas que permitirán dar fijación a la hélice, se utilizó acero de transmisión de 4”.



Figura 3.20: Acero de transmisión de 4”

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

A este acero de transmisión se lo dividió en dos ver ANEXO A (No.ITSA-2013-01) HOJA 7 DE 7, y con la ayuda de un torno se realizó la respectiva perforación por taladrado (broca 44.64) (Ver Catálogo Estandarizado Para Tornear Eje, tiene cada equipo), luego se dio forma de roscado al interior de cada una de las partes, de manera que se acoplen al eje.



Figura 3.21: Perforado y roscado interior

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

De esta manera se obtuvo las dos tuercas que se enroscaran en el eje para asegurar así a la hélice.



Figura 3.22: Eje con sus tuercas de seguridad

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.3 Puntos de apoyo

Los dos puntos de apoyo están contruidos de platina de 3/8" soldadas entre sí de acuerdo al plano ver ANEXO A (No.ITSA-2013-01) HOJA 4 DE 7.

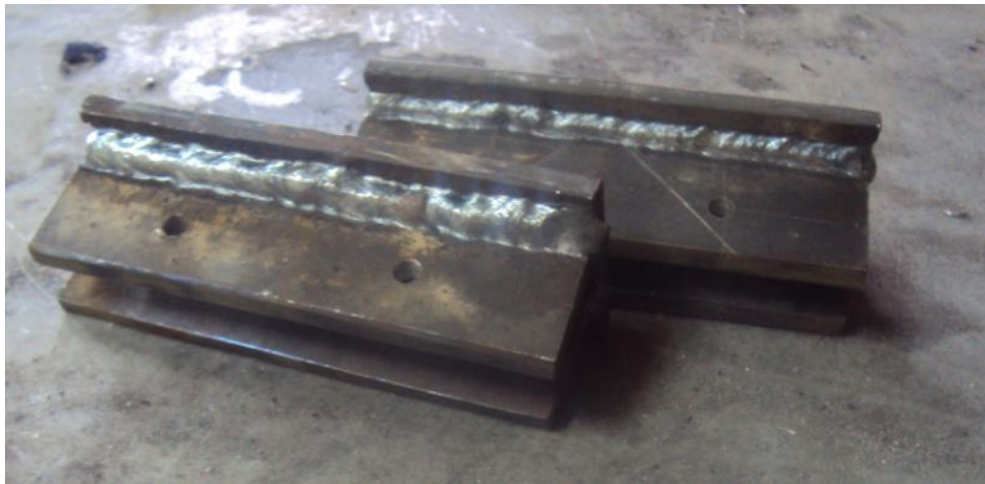


Figura 3.23:Platinas soldadas entre sí para los puntos de apoyo

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Dos varillas de acero de 15 mm, con perforaciones en los extremos de las varillas para la colocación de anillos de retención con el objetivo de asegurar varilla-rodamientos (Ver MSC Industrial Supply, ELECTRONIC HARDWARE & RETAINING RING).



Figura 3.24:Anillos de retención

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Se alojan 4 rodamientos (6202) SKF 2 en cada punto de apoyo para permitir que el conjunto-eje gire sin fricción (disminuir la distancia de rozamiento eje-rodamiento)(Ver CatálogoRodamientos SKF, Single Row Angular Contact Ball Bearings Pág. 409).



Figura3.25: rodamientos en sus puntos de apoyo

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Presenta además una concavidad en la parte superior que permite que los rodamientos sobresalgan de manera que se haga posible la colocación del conjunto hélice–eje y que este gire sin tener resistencia alguna ANEXO B2 (Cálculo para rodamiento).

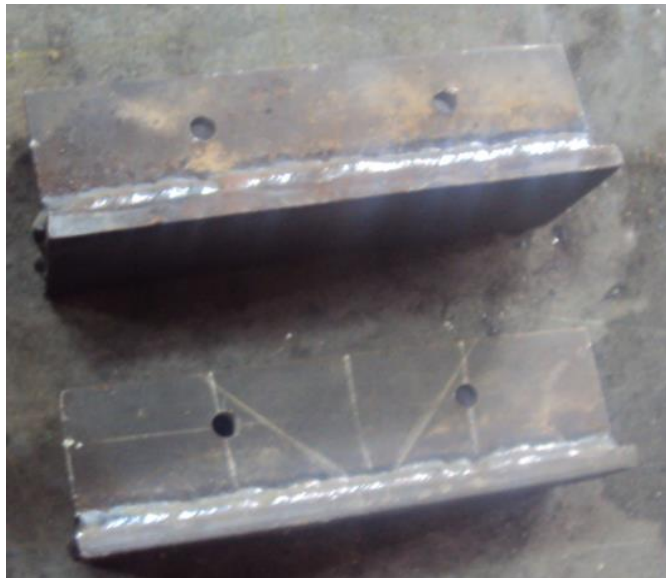


Figura3.26:Concavidad en la parte superior

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.4 Estructura de la balanceadora

Está construida de tubos de acero estructurales cuadrados de 50 mm x 3 mm de espesor (Ver Catálogo De Productos, Hierros LEITZA, Dimensiones Nominales y

Características Pág. 16) su estructura está elaborada de acuerdo a su diseño verANEXO A (No.ITSA-2013-01) HOJA 2 DE 7.

Se procedió a interpretar el plano y hacer los cortes necesarios para su correcta elaboración.



Figura3.27: Cortes de los tubos cuadrados

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Una vez hecho los cortes necesarios a los tubos el siguiente paso fue a elección del electrodo E6011y se procedió a soldar dando forma a la estructura.



Figura3.28: Soldando los tubos de la estructura

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

De igual manera van soldados a la estructura unos soportes del mismo material de 25 mm x 3 mm de espesor (Ver Catálogo de productos, hierros LEITZA, Dimensiones nominales y características Pág. 16) sirven para brindarle más estabilidad a la estructura ver ANEXO A (No. ITSA-2013-01) HOJA 3 DE 7.



Figura 3.29: Soldando los soportes

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Además van colocados soportes esquineros elaborados con platinas de $\frac{1}{2}$ "a cada esquina de la estructura que nos permite tener estabilidad y firmeza al equipo ver ANEXO A (No. ITSA-2013-01) HOJA 5 DE 7.

3.3.5 Ruedas

La estructura cuenta con 4 llantas móviles de 4".



Figura 3.30: Ruedas

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Cada una de las ruedas con la capacidad de soportar 200kg, las cuales fueron soldadas a la estructura ver ANEXO B2 (cálculo para rueda).



Figura3.31: Ruedas móviles

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.6 Tornillos de Fijación

El banco presenta 4 tornillos de fijación, cada uno constituido por un eje roscado de 1" y ubicados en cada esquina de la base del banco.



Figura3.32: Eje roscado

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Cada eje roscado tiene una longitud de 25cm y para su elaboración se procedió a hacer una perforación en la parte superior del mismo.



Figura3.33: Perforación en la parte superior del eje

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Este procedimiento servirá para montar un eje de acero SAE 1018 de $\frac{1}{2}$ ", q forma parte estructural del tornillo de fijación.

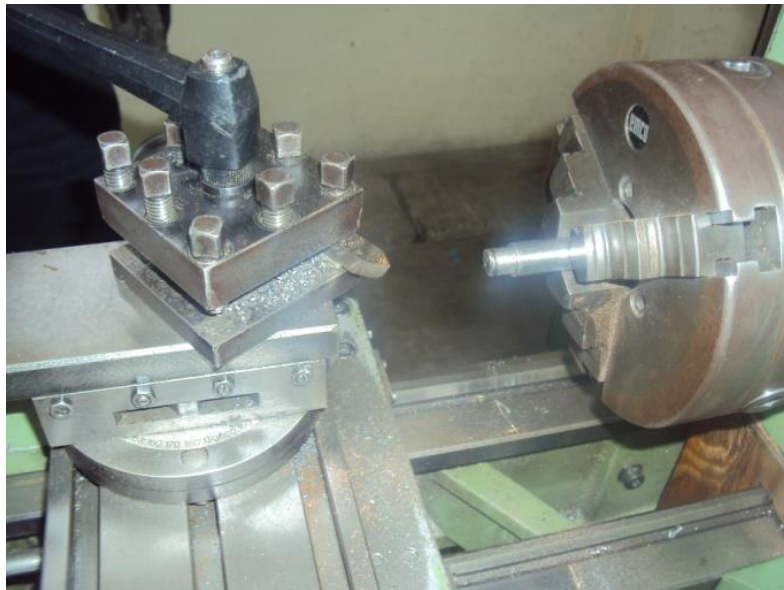


Figura3.34: acero SAE 1018 de $\frac{1}{2}$ " torneado

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Al finalizar este procedimiento de elaboración se obtuvo el siguiente accesorio



Figura3.35: Accesorio, forma parte estructural del tornillo de fijación

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

En la parte inferior se hizo una hendidura de sujeción para la base.

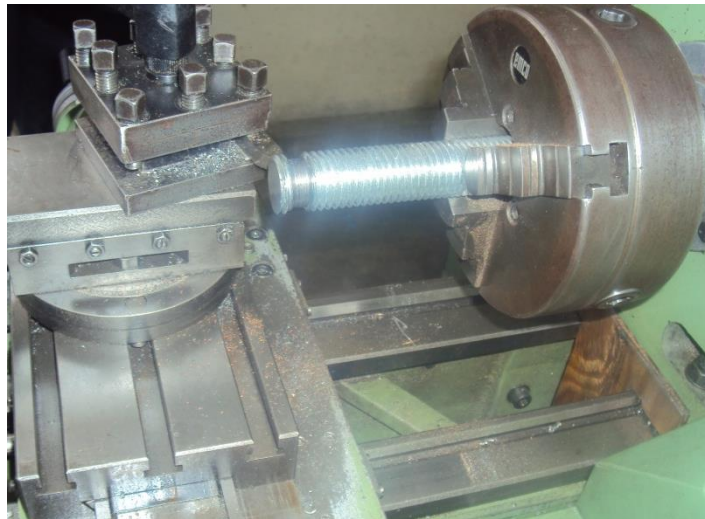


Figura3.36: Hendidura de sujeción para la base

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Para las bases de los tornillos de fijación se utilizó acero de transmisión de 2 ½" y 3" que sirve para las bases y rosca – tornillo, respectivamente.

Se procedió a realizar el torneado del acero de transmisión de 2 ½" para dar forma a cada una de las bases de los tornillos de fijación como se observa a continuación.



Figura3.37: Torneado de las bases, acero de 2 ½”

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Luego se realizó 2 orificios en cada una de las bases con el objeto de introducir tornillos que servirán para acopar base-tornillo.



Figura3.38: Orificios para acopar base-tornillo

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Se obtuvo el siguiente resultado.



Figura3.39: Base para el tornillo de fijación

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

El elemento que permite que cada tornillo de fijación se acople al banco presenta dos extremos y un cuerpo, a dichos extremos los denominamos rosca-tornillo debido a la forma que toman, están constituidos de acero de transmisión de 3" y se conforman siguiendo un proceso de taladrado y luego roscado utilizando el torno para la obtención de la rosca interna de manera que se acople al tornillo de fijación.



Figura3.40: Perforado y roscado

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Para terminar de conformar el acople en mención, se sueldan los extremos ya elaborados al cuerpo (tubo), de la siguiente manera:



Figura3.41: Acople para tornillo de fijación

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

El acople se integra al banco mediante soldadura, una vez conformadas todas las partes del tornillo de fijación.



Figura3.42: Componentes del tornillo de fijación

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.7 Niveles

Es una de las partes más importantes ya que nos va a permitir verificar la estabilidad al momento de realizar el balanceo y tracking de la hélice; son 4 en el extremo de la estructura al igual manera en el centro de a misma.

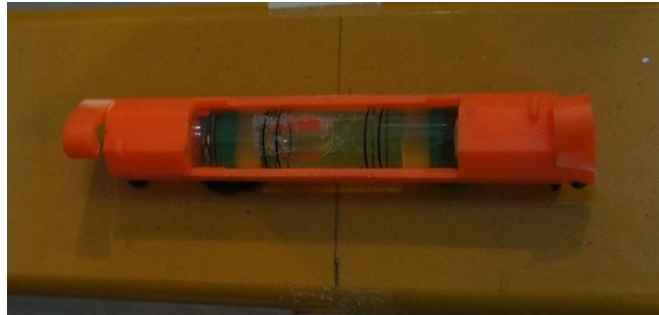


Figura3.43: Niveles de la estructura

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.8 Acabados (primer y pintura)

3.3.8.1 Proceso de pintura

Se realizó la limpieza de la estructura en la cual vamos a proceder a pintar con disolvente (tiner), lo que hacemos luego es pasar fondo con el primer que este actúa como un agente de protección contra la corrosión a su vez se adhiere de mejor manera con la pintura de poliuretano, excelente acabado (pasar una sola capa y dejar secar 30 minutos).



Figura 3.44: Pando fondo con el primer y pintado

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Ya que han pasado los 30 minutos aplicamos la pintura de poliuretano amarillo Caterpillar en intervalos de 1 a 2 manos.



Figura3.45: Pintada de la estructura

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.9 Reloj comparador

Se adquirió un reloj comparador para realizar el tracking de la hélice, mismo que fue colocado mediante una base magnética en la barra media transversal de la base del banco.



Figura3.46: Reloj comparador

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

La base magnética cuenta con una perilla de encendido y apagado, de manera que una vez colocada en el sitio deseado se gira la perilla hacia la señal de “ON” para que el magnetismo se active.

Luego se ubica los brazos articulados de acuerdo a las necesidades y se los ajusta con ayuda de las perillas existentes en cada brazo.

Por último se adhiere el reloj comparador en el extremo del brazo más pequeño, asegurándolo con ayuda de la llave presente en el lugar.



Figura3.47: Base magnética

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Así obtenemos el conjunto del reloj comparador y su base correctamente armados, dando a lugar al elemento final que forma parte de nuestro banco.



Figura3.48: Reloj comparador y base magnética

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.3.10 Banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking de las hélices Dowty Roto1 2-model R257/4-30-4/60 aplicable al avión escuela Fairchild FH-227. Ver ANEXO A (No. ITSA-2013-01) HOJA 1 DE 7.



Figura 3.49: Banco móvil de pruebas para el balance estático y tracking

Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.4 Dimensiones del banco

Tabla 3.1: Dimensiones del Banco.

Dimensiones del Banco					
Nº	Descripción	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Material
1	Soporte mayor	2268.15	50	3	Tubo de acero estructural
2	Soporte menor	1982.53	25	2	Tubo de acero estructural
3	Soporte esquinero	600.00	51.76	12.7	Platina
4	Puntos de apoyo	35.00	50.00	9.53	Platina
5	Eje	1110	-	Φ 62	Acero SAE 1018
6	Tuerca	106	-	Φ 101.6	Acero SAE 1018
7	Eje roscado	250	-	Φ 25.4	Acero de transmisión
8	Tubo	120	50.8	1	Acero
9	Bases	50	-	Φ 63.5	Acero de transmisión

Para la construcción de esta maqueta se debe tener en cuenta la optimización de los recursos, materiales y equipos; no todos los elementos que constituyen la maqueta fueron construidos. A continuación se detallan los elementos construidos y los no construidos:

Construidos

- Soporte mayor
(Para referencia ver fig.3.28)

- Soporte menor
(Para referencia ver fig.3.29)

- Soporte esquinero

- Puntos de apoyo
(Para referencia ver fig.3.26)

- Eje
(Para referencia ver fig.3.19)

- Tuerca
(Para referencia ver fig.3.22)

- Eje roscado
(Para referencia ver fig.3.32)

- Tubo
(Para referencia ver fig.3.41)

- Bases
(Para referencia ver fig.3.39)

No Construidos:

- Ruedas
(Para referencia ver fig.3.30) **P1**

- Reloj comparador y base magnética
(Para referencia ver fig.3.48) **P2**

- Niveles
(Para referencia ver fig.3.43) **P3**

3.5 Diagrama de proceso de construcción

3.5.1 Codificación de maquinas, equipos y herramientas

Tabla 3.2: Codificación de maquinas.

Codificación de Maquinas			
Nº	Maquina	Características	Código
1	Cortadora Eléctrica	110/220 V	M1
2	Soldadora Eléctrica	110/220 V	M2
3	Amoladora	110V – 1/2 HP	M3
4	Cierra circular de mano	110/220 V	M4
5	Taladro de Banco	110/220 V	M5
6	Esmeril de Banco	110 V – 1/2 HP	M6

Tabla 3.3: Codificación de equipos.

Codificación de Equipos			
Nº	Equipo	Características	Código
1	Compresor y Equipo de Pintura	80 PSI – 1 HP	E1
2	Torno	3 HP, 450 mm de volteo	E2
3	Fresadora	½ HP, 220V, 150 RPM a 1500 RPM	E3



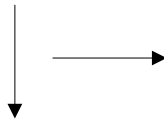


Tabla 3.4:Codificación de herramientas

Codificación de Herramientas		
Nº	Herramienta	Código
1	Flexómetro	H1
2	Escuadra	H2
3	Pie de rey	H3
4	Rayador	H4
5	Entenalla	H5
6	Martillo	H6
7	Sierra Manual	H7
8	Lima	H8
9	Cepillo de Acero	H9
10	Llaves	H11
11	Alicate para anillos de retención	H12

3.5.2 Simbología

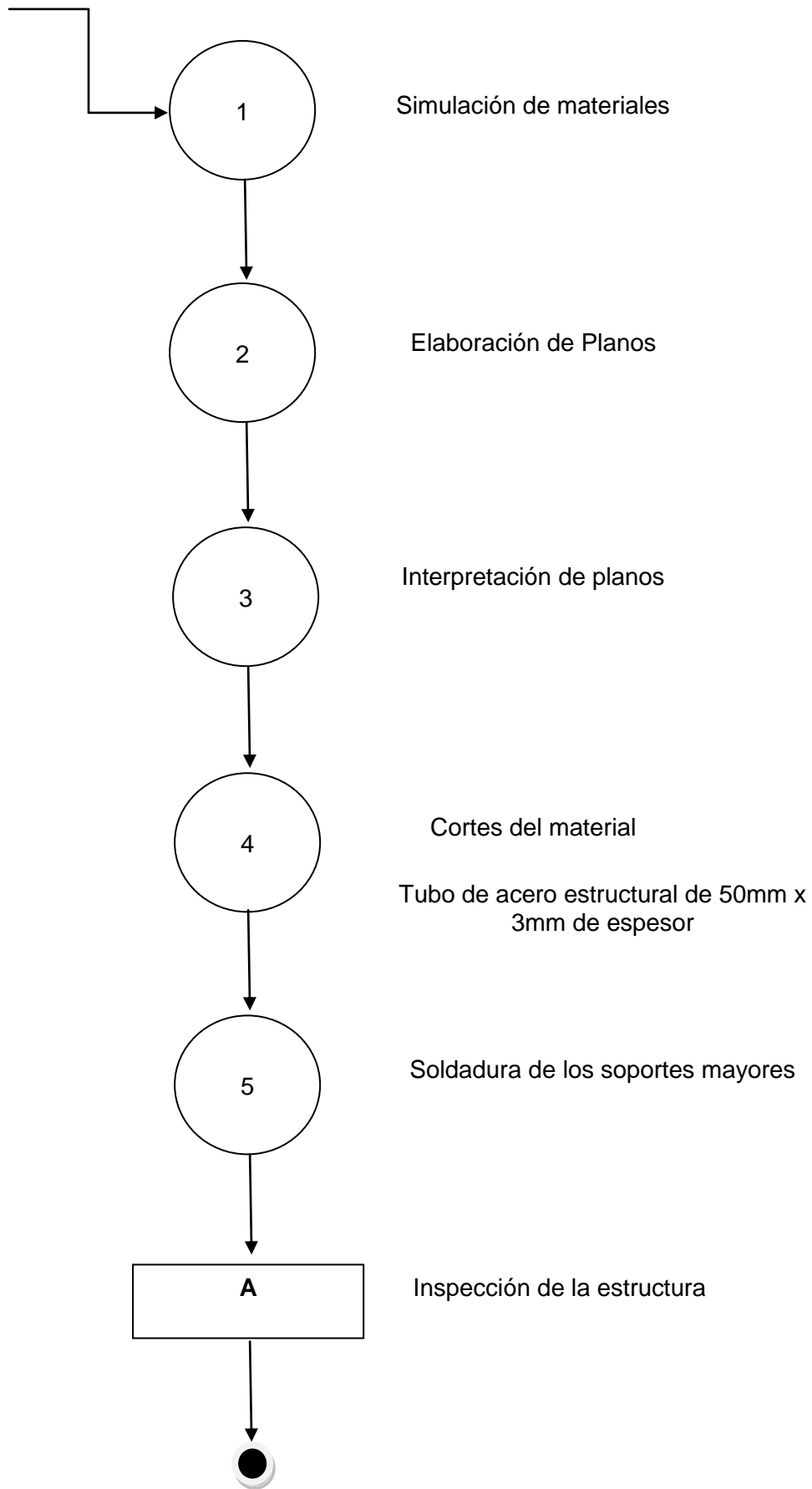
La siguiente es la simbología de diagramas de procesos que se utilizará para describir el proceso de construcción de la maqueta.

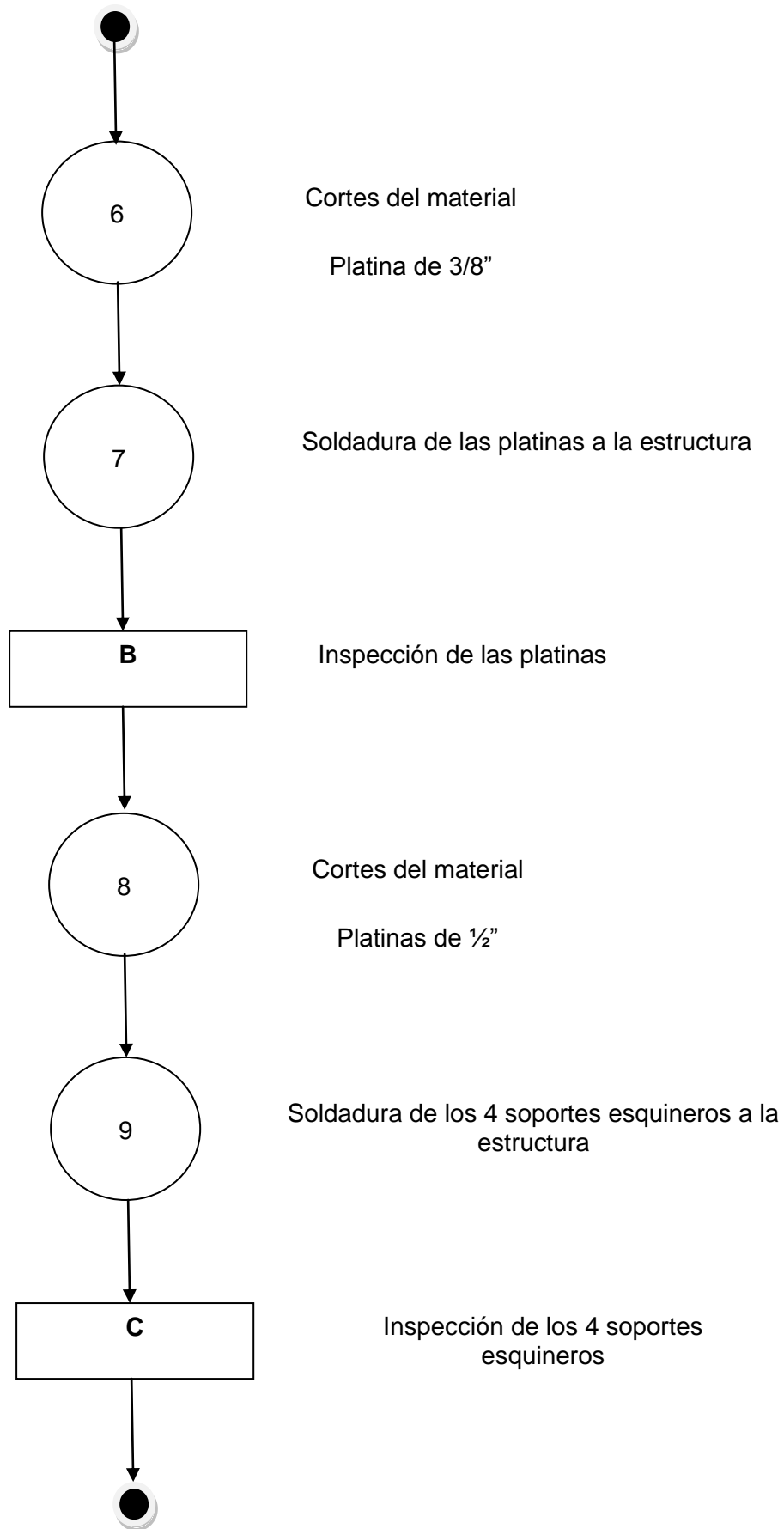
Tabla 3.5: Simbología

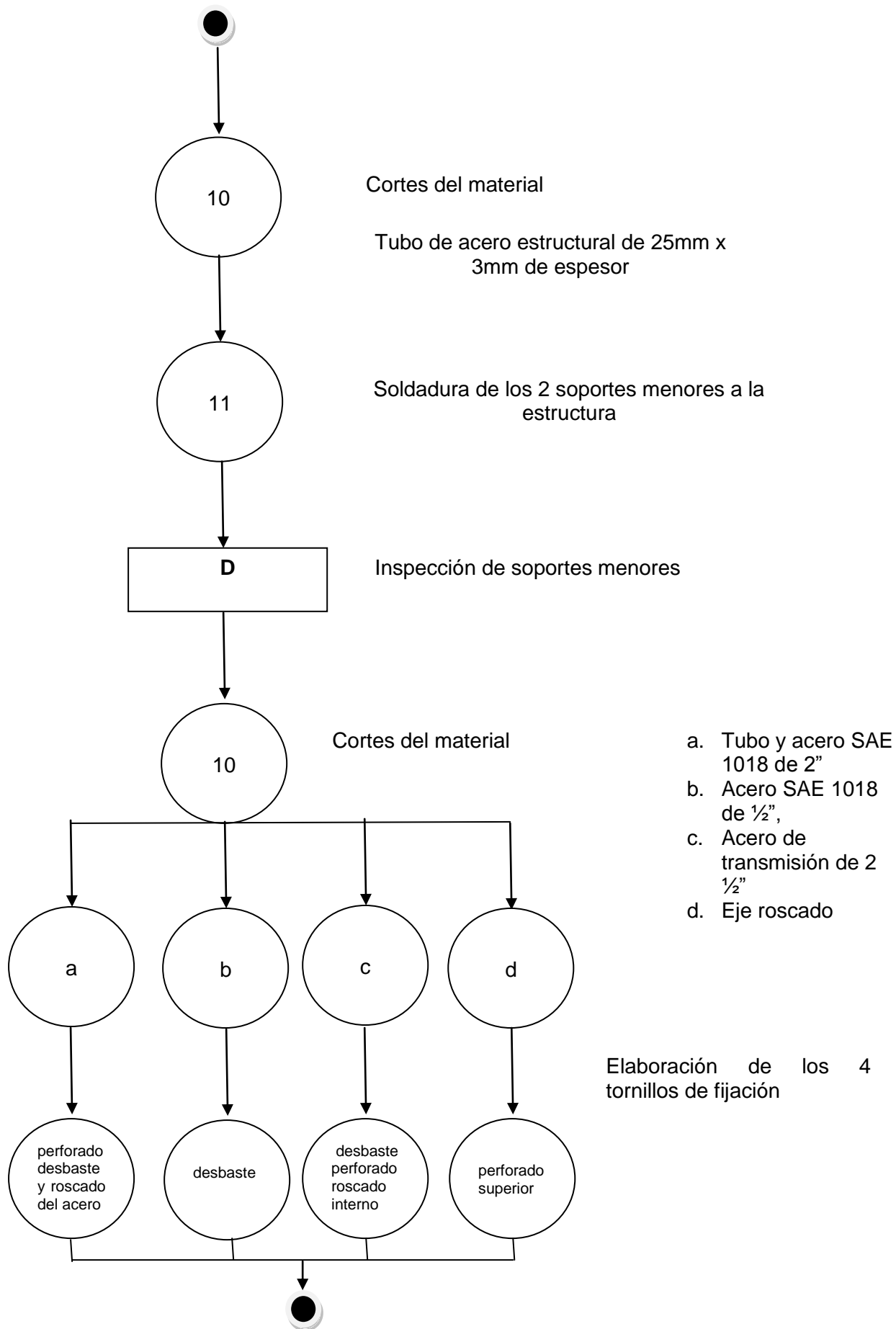
Simbología		
Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Producto semi terminado	
5	Producto terminado	

3.5.3 Diagrama de proceso de construcción de la estructura y sus componentes según el plano

Material: Tubo de acero estructural 50mm x 3 mm de espesor







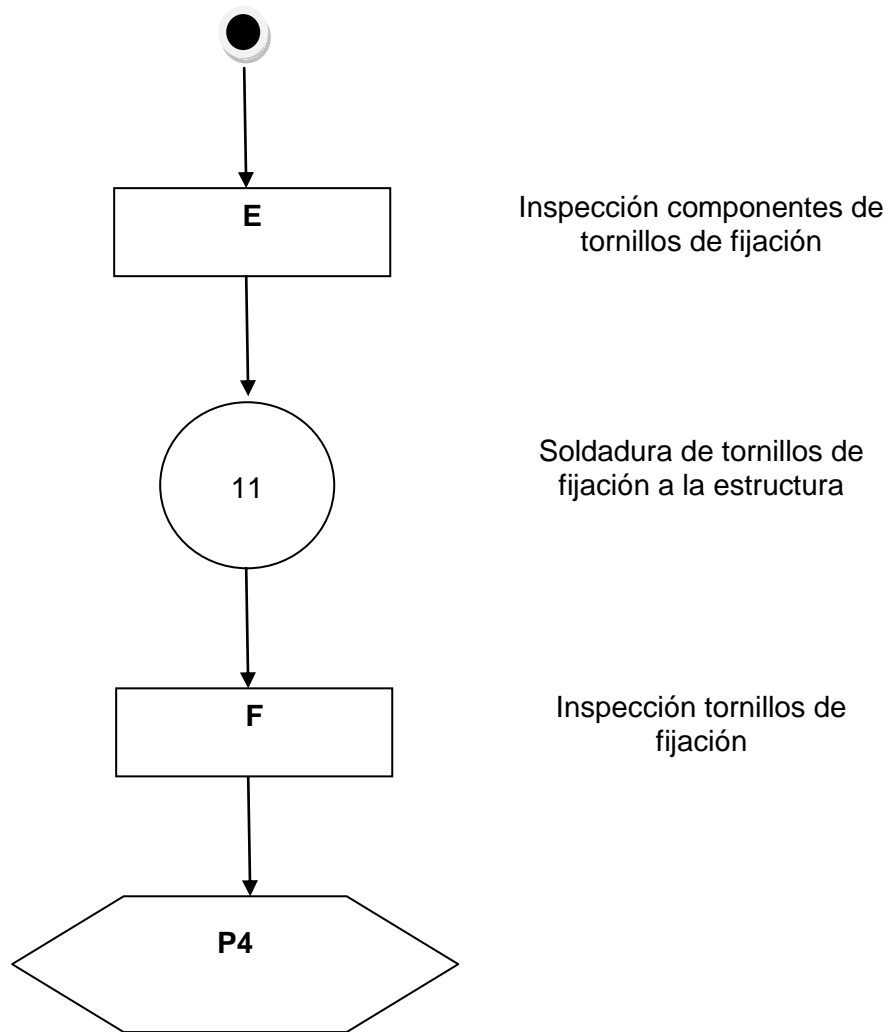


Figura 3.50: Diagrama de proceso de construcción de la estructura
Fuente: Sr. Valencia johnatan

Tabla3.6: Proceso de construcción del soporte estructural

Proceso de construcción del soporte estructural mayor							
Nº	Proceso	Maquina - Equipo - Herramienta					
		Tiempo (minutos)					
		M	t	E	t	H	t
1	Medición y trazado del soporte mayor					H1-H2-H3-H4	20
2	Corte					H7-H5	60
3	Soldadura	M2	60			H2	60
4	Medición y trazado de soportes menores y esquineros					H1-H2-H4	20
5	Corte	M1	60			H5	30
6	Soldadura	M2	30			H2	30
7	Limpieza de escoria y pulido	M3	45			H9	20
8	Medición y trazado de puntos de apoyo					H7-H5-H1	30
9	Corte	M1	15				
10	Soldadura	M2	20			H2	30
11	Limpieza de escoria y pulido	M3	45			H9	20
12	Medición y trazado de tornillos de fijación					H5-H1	20
13	Corte	M1-M5	15	E2-E3	45	H1-H3	20
14	Soldadura	M2	15			H2	20
15	Limpieza de escoria y pulido de toda la estructura	M3	30			H9	
16	Primer			E1	60		
17	Pintura			E1	60		

3.5.4 Diagrama de fabricación del eje según el plano

Material: Acero SAE 1018 2 ½ "

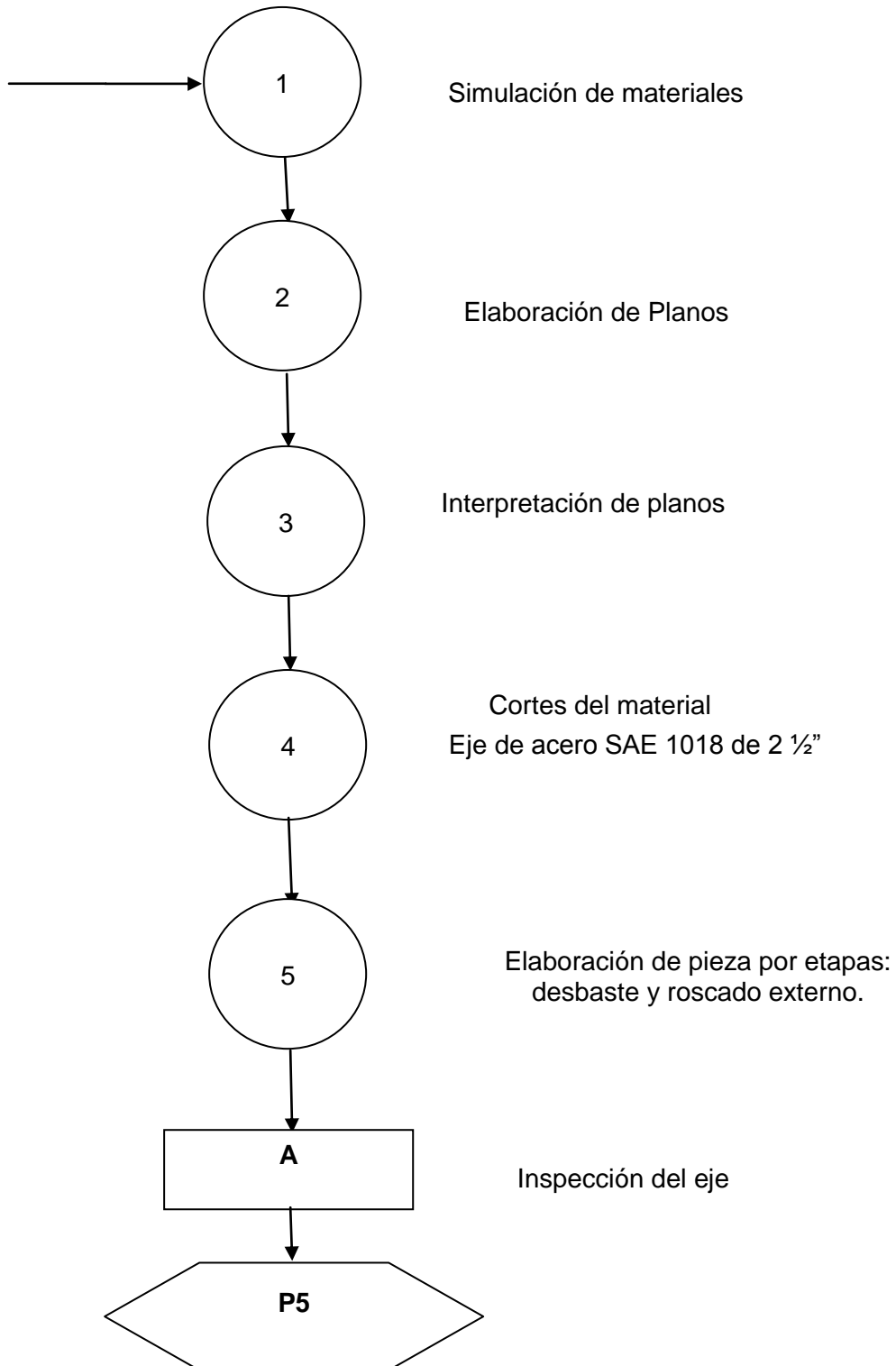


Figura 3.51: Diagrama de fabricación del eje
Fuente: Sr. Valencia Johnatan

Tabla3.7: Proceso de construcción del eje

Proceso de construcción del eje							
Nº	Proceso	Maquina - Equipo - Herramienta Tiempo (minutos)					
		M	t	E	t	H	t
1	Medición y trazado del Eje					H1-H4	20
2	Corte			E3	20		
3	Desbaste			E2	60		
4	Limpieza de limallas en el eje					H8	10
5	Roscado externo del eje			E2	60		
6	Limpieza de limallas en la rosca					H8	20
7	Rocio anti-corrosivo en el eje			E1	10		

3.5.5 Diagrama de fabricación de las tuercas de seguridad

Material: Acero SAE 1018 de 4"

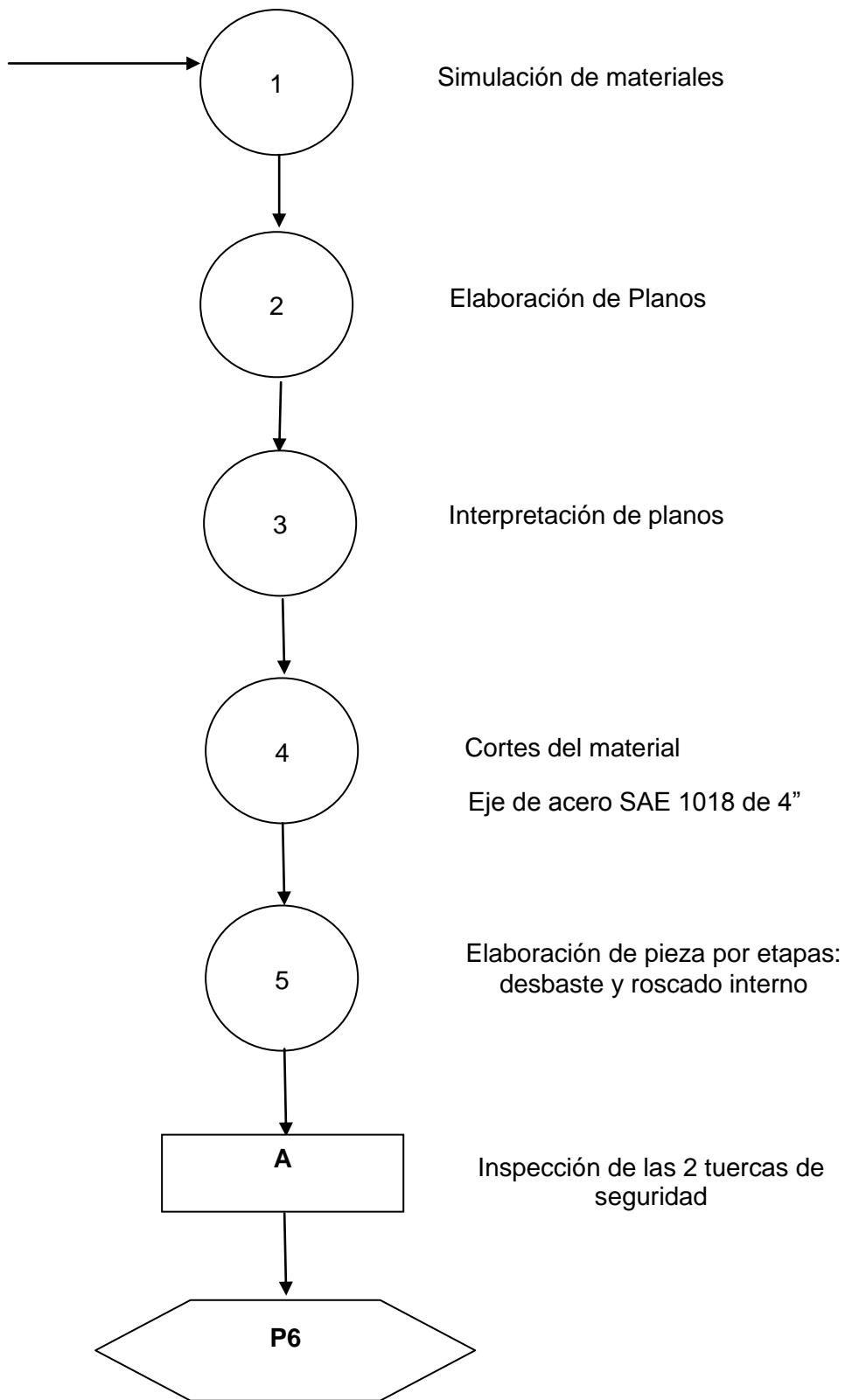


Figura 3.52: Diagrama de fabricación de las tuercas de seguridad

Fuente: Sr. Valencia johnatan

Tabla 3.8: Proceso de construcción de las tuercas de seguridad

Proceso de construcción de las tuercas de seguridad							
Nº	Proceso	Maquina - Equipo - Herramienta					Tiempo (minutos)
		M	t	E	t	H	
1	Medición y trazado del eje					H1-H4	20
2	Corte			E3	20		
3	Desbaste			E2	60		
4	Perforado de las tuercas			E2	60		
4	Limpieza de limallas en las tuercas					H8	10
5	Roscado interior de lastuercas			E2	120		
6	Limpieza de limallas en el roscado interno en las tuercas					H8	20
7	Rocio anti-corrosivo en las tuercas			E1	10		

3.5.6 Diagrama del ensamble final del banco para el balance estático y tracking de la hélice

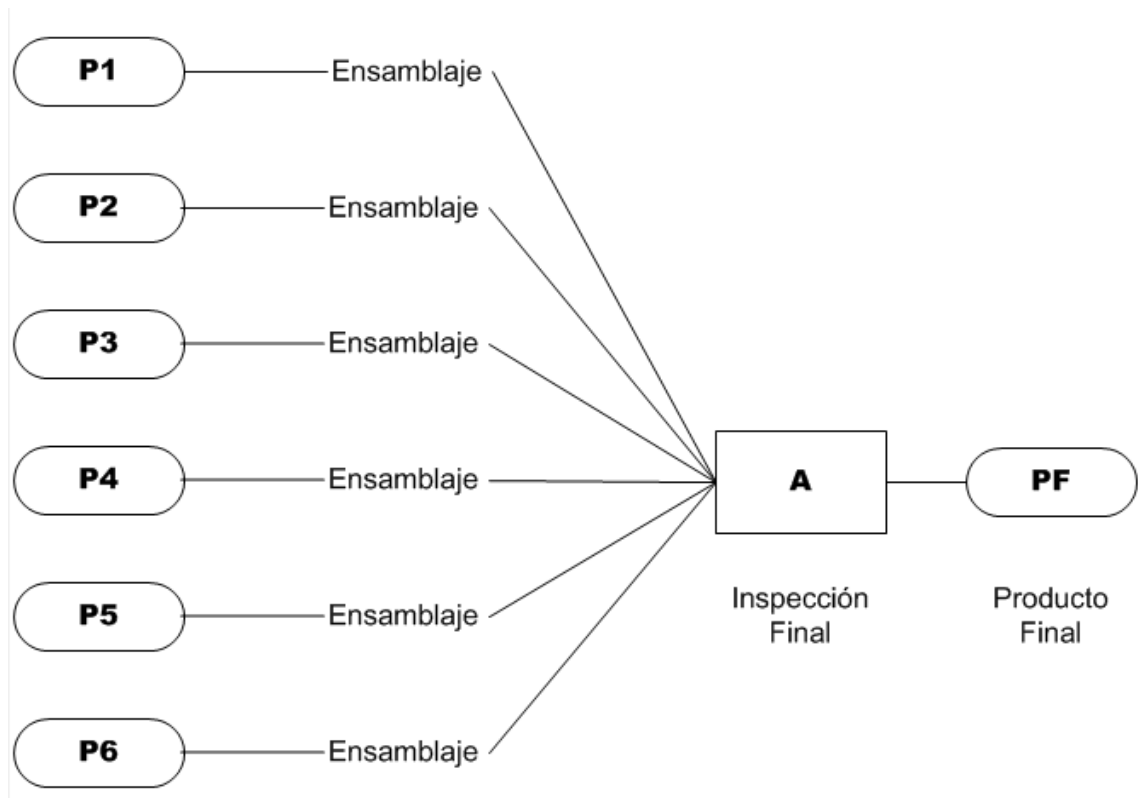


Figura 3.53: Diagrama del ensamble final
Fuente: Sr. Valencia Johnatan

3.6Funcionamiento

Estando la hélice fijada en el equipo, se procede a realizar el respectivo balance, colocando los pesos (arandelas) en la parte hueca de la raíz de la pala y anotando cuantos se necesita sin exceder en su número, el balanceo se realiza en posición vertical y horizontal, hasta que la hélice permanezcan en cualquier posición que se coloque y no gire.

Para desarrollar el tracking de la hélice se procede a colocar el equipo (Dial indicator) regulándolo de manera que se encuentre ubicado en la línea de trayecto de las palas.

Luego de efectuar el proceso dinámico de la hélice (movimiento rotativo) se anotan los resultados realizando el respectivo análisis comparativo entre las palas.

Es importante tomar en cuenta que en las hélices no se puede reducir peso haciendo perforaciones en la pala debido a que éstas están expuestas a grandes esfuerzos en vuelo.

Para construir las diferentes partes del equipo de balanceo, se usaron varias maquinas, herramientas y equipos existentes en el taller de mantenimiento del Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMA sección estructuras.

3.7Elaboración de manuales

A continuación se establecen los distintos procedimientos de operación, mantenimiento, prueba de funcionamiento, registro de operación y daños para el correcto funcionamiento y operación del equipo.

3.7.1Tipos de manuales

Se proporcionan los siguientes manuales a utilizar.


- Pruebas de Funcionamiento


- Manual de Operación
- Manual de Mantenimiento
- Registro de Mantenimiento
- Registro de Funcionamiento
- Registro de Daños


Tabla 3.9: Codificación de los manuales

PROCEDIMIENTO	CÓDIGO
Pruebas de Funcionamiento	PF- BET-P
Manual de Operación	MO-BET-P
Manual de Mantenimiento	MM-BET-P
Registro de Mantenimiento	FR-BET-R
Registro de Funcionamiento	FR-BET-R
Registro de Daños	FR-BET-R

ITSA	REGISTRO		Pág: 1 de 3
	CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227.		Código: PF-BET-P
	Elaborado por: Valencia Fuel Johnatan Fernando		Revisión N°: 1
MECÁNICA	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 05-abr-13	Fecha: 05-abr-13
Pruebas iniciales:			
Palas	Horizontal N° de pesos	Vertical N° de pesos	Observaciones
N°1			
N°2			
N°3			
N°4			
TIPO DE HÉLICE:		Dowty Rotol	
MODELO:		2-MODEL R257/4-30-4/60	
Condiciones Ambientales:			
Temperatura: 18 °C			
Reporte de Inspección:			
Realizando el balance estático de la hélice Dowty Rotol 2-MODEL R257/4-30-4/60 del avión escuela FAIRCHILD FH-227, encontramos que el balanceo estático se encuentra sin novedad.			
Compañía de aviación solicitante:			
FIRMA DE RESPONSABILIDAD:			

ITSA	REGISTRO		Pág: 2 de 3
	CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 DEL INSTITUTO		Código: PF-BET-P
	Elaborado por: Valencia Fuel Johnatan Fernando		Revisión N°: 1
MECÁNICA	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 05-abr-13	Fecha: 05-abr-13
Pruebas iniciales:			
	REGISTRO DE TRACKING		OBSERVAC.
Palas	BORDE DE SALIDA	LONGITUDINAL	Se tomó de referencia la pala N°1 para realizar el tracking
N°1	0mm	0mm	
N°2	3,2mm	0,85mm	
N°3	0,5mm	2,25mm	
N°4	0,7mm	0,35mm	
TIPO DE HÉLICE:		Dowty Rotol	
MODELO:		2-MODEL R257/4-30-4/60	
Condiciones Ambientales:			
Temperatura: 18 °C			
Reporte de Inspección:			
Se realizó el tracking en el borde de salida debido a que el borde de ataque se encontraba recubierto de goma desgastada para protección de gotas anti hielo.			
En el análisis del tracking realizado en las palas, se observó que la pala N° 2 está desproporcionada y no recorre por el mismo trayecto de las otras palas, mientras que en el análisis longitudinal encontramos la pala N° 3 alargada, debido al esfuerzo centrífugo de la hélice al rotar.			
Compañía de aviación solicitante:			
FIRMA DE RESPONSABILIDAD:			

ITSA	REGISTRO		Pág: 3 de 3
	CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227.		Código:
			PF-BET-P
Elaborado por: Valencia Fuel Johnatan Fernando			Revisión N°: 1
MECÁNICA	Aprobado por:	Fecha:	Fecha:
	Tlgo. Ulises Cedillo	05-abr-13	05-abr-13
1. OBJETIVO:			
Documentar las pruebas de funcionamiento para la operación del equipo de Balanceo Estático y Tracking para la helice Dowty Rotol.			
2. ALCANCE:			
Analizar el correcto funcionamiento del equipo de Balanceo Estático y Tracking para la hélice Dowty Rotol.			
3. PROCEDIMIENTOS:			
1. Desmontar la hélice del avión siguiendo el respectivo proceso.			
2. Montar la hélice en un tecla.			
3. Colocar el eje del equipo de balanceo en el cubo de la hélice.			
4. Ajustar y asegurar el eje, mediante los dispositivos de seguridad.			
5. Asegurar los tornillos de sujeción del banco a tierra, tomando en cuenta si este se encuentra estable observando los niveles.			
6. Colocar la hélice en el equipo de balanceo.			
7. Verificar el balance de la hélice detectando la pala más pesada.			
8. Aumentar o disminuir los pesos requeridos para su balance y anotar en el registro.			
9. Distribuir los pesos de balance para mantener el balance estático de las palas.			
10. Realizar las anotaciones en los registros de operación.			
11. Para desarrollar el tracking y colocar el equipo Dial de la hélice se toma en cuenta las marcas ubicadas en el soporte menor (vistas desde el borde de ataque de la pala).			
12. La base magnética del equipo Dial Indicator se coloca en la barra transversal de la parte inferior del banco de pruebas, tomando como referencia la dirección por la cual pasa la pala.			
13. Regular el equipo (Dial indicator) manipulando sus brazos articulados de acuerdo a sus necesidades.			
14. Situar el reloj comparador en la parte final del brazo transversal de la base magnética regulándolo hasta tener un contacto referencial pala-reloj comparador.			
15. Ajustar la manecilla del reloj en cero.			
16. Se va comprobando la variación de cada pala, realizando el proceso dinámico a la helice (movimiento rotativo)			
17. Anotar resultados y realizar el respectivo análisis comparativo entre las palas.			

	REGISTRO CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227.		Pág: 1 de 1 Código: MO-BET-P
Elaborado por: Valencia Fuel Johnatan Fernando			Revisión N°: 1
MECÁNICA	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 05-abr-13	Fecha: 05-abr-13
1. OBJETIVO:			
Documentar el procedimiento para la operación del equipo de balanceo para la hélice Dowty Rotol.			
2. ALCANCE:			
Realizar la correcta operación del equipo de balanceo estático para la hélice Dowty Rotol.			
3. PROCEDIMIENTOS:			
1. Colocar el eje del equipo de balanceo sobre los puntos de apoyo.			
2. Nivelar el eje, subiendo o bajando los tornillos de sujeción.			
3. Comprobar que el eje se encuentre nivelado usando un nivel de burbuja.			
4. Introducir el eje del equipo de balanceo estático en la cruceta asegurarse que esté bien colocado con sus respectivos dispositivos de seguridad.			
5. Colocar hélice - eje sobre los puntos de apoyo.			
6. Verificar el balance disponiendo los pesos de ser necesario (si hay desbalanceo) Se coloca los pesos en la zona hueca de la raíz de la pala, cuya finalidad es aliviar el peso de la pala y también sirve para colocar arandelas para el balanceo de las mismas. En caso de que el desbalance continúe, se deberá realizar una inspección individual a cada pala siguiendo los procedimientos que se detallan en el ANEXO E (Fundamentación Técnica).			
7. El procedimiento realizado con relación al tracking o recorrido de palas permite generar una inspección previa al balance dinámico de la hélice, en el procedimiento que se describe dentro de lo normal, se busca obtener datos previos a una inspección como se detalla en el capítulo de la publicación # 983. Es por esto que en el procedimiento realizado, las hélices no deberán sobrepasar un rango de 5 mm tanto a la derecha como a la izquierda.			

ITSA	REGISTRO		Pág: 1 de 1
	CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227.		Código: MM-BET-P
	Elaborado por: Valencia Fuel Johnatan Fernando		Revisión N°: 1
	MECÁNICA	Aprobado por: Tlgo. Ulises Cedillo	Fecha: 05-abr-13
1. OBJETIVO:			
Documentar el procedimiento de mantenimiento del equipo de Balanceo Estático y tracking para la hélice Dowty Rotol			
2. ALCANCE:			
Contemplar el equipo de Balanceo Estático y Tracking para la hélice Dowty Rotol destinado a ser dado mantenimiento.			
3. PROCEDIMIENTOS:			
1. Semestralmente los rodamientos deberán ser limpiados, aceitados (aceite de preservación) o engrasados (Aeroshell grease 33) inmediatamente para evitar su oxidación.			
2. Semestralmente, verificar el estado del eje y dispositivos de seguridad, evitando que se produzca corrosión, roceandolo con LPS-3 o a su vez aceite de preservación			
3. Semestralmente, verificar los puntos de apoyo, anillos de retención externos y si encontramos alguna fisura hacer el cambio inmediatamente. Evitar la corrosión de los ejes de los rodamientos roceando aceite de preservación.			
4. Anualmente inspeccionar los tornillos de sujeción y nivelación, desmontando todos sus elementos, evitando que se produzca corrosión o alguna fisura.			
5. Anualmente inspeccionar que las llantas esten en correcto funcionamiento, lubricar la estructura de la llanta con aceite de preservación o cualquier lubricante para evitar a corrosión.			



ITSA		REGISTRO DE MANTENIMIENTO					Código:	
							Libro de vida de Mantenimiento del Equipo Móvil de Balanceo y Tracking para la hélice Dowty Rotol.	
		Registro N°: 1						
		MECÁNICA						
							Hoja.....de.....	
N°.	Fecha	Fecha	Trabajo	Material y/o	Responsable	Observaciones		
	Inicio	Finalización	realizado	utilizado				
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
	/ /	/ /						
							JEFE DE TALLER	

3.8 Estudio económico

A continuación se detallarán los gastos efectuados en la elaboración del presente proyecto.

3.8.1 Presupuesto

Se realizó un análisis de costos previo, con el fin de prever la cantidad estimada que se iba a destinar a la ejecución del presente, contando así con un presupuesto de alrededor de los 718,50 dólares americanos.

3.8.2 Análisis de costos

En la elaboración del proyecto se realizaron los siguientes gastos, siendo todos de importancia y ninguno menos relevante, tomando en cuenta los siguientes factores que se consideraron en el siguiente orden en la construcción del Banco Móvil de Pruebas para el Balance Estático y Tracking de las Hélices Dowty Rotol 2-Model R257/4-30-4/60 Aplicable al Avión Escuela Fairchild Fh-227.

Costos Primarios

- Materiales
- Herramientas y Equipos
- Mano de Obra

Costos Secundarios

- Derechos de grado
- Elaboración de textos

3.8.2.1 Costos primarios

3.8.2.1.1 Costos de materiales

Tabla 3.10: Costos de materiales

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL (USD)
4	GARRUCHAS (LLANTAS) DE 4" PARA SOPORTAR 200KG (POLIURETANO)	58,11
17lbs	PLATINA Y VARILLA	7,6
18mts	TUBO CUADRADO DE 50mm x 3mm	101,8
12mts	TUBO CUADRADO	25,9
2	DISCOS DE CORTE	4,93
5lbs	ELECTRODOS 6011 AGA Y 3 LIBRAS DE ELECTRODOS 6013 AGA	15,4
2	SIERRAS SAMFLEX	2,7
4	RODAMIENTOS	5,4
1.20mts	EJE 2 1/2	90,3
42cm	SAE 1018 - 2 1/4	18,3
32cm	SAE 1018 4"	50,6
1m	. VARILLA ROSCADA 1"	12,3
0.60mts	. SAE 1018 1/2	1,4
SUBTOTAL		394,74
I.V.A. (12%)		47,3
TOTAL		442,04

3.8.2.1.2 Costos de utilización de herramientas y equipos

Tabla 3.11:Costos de utilización de herramientas y equipos

Costos de herramientas y equipos.					
Nº	ITEM	Cant	V. Uni. hrs.Hom USD	Hrs. Uso	V. Total hrs.Hom USD
1	Flexómetro	1	0,25	7hrs	1,75
2	Escuadra	1	0,25	7hrs	1,75
3	Pie de Rey	1	0,25	7hrs	1,75
4	Rayador	1	2,50	1hrs 30min	3,75
5	Entenalla	1	2,50	1hrs 30min	3,75
6	Martillo	1	0,50	30min	0,25
7	Sierra	1	0,50	2hrs	1,00
8	Lima	1	0,50	5hrs 30min	2,75
9	Cepillo de acero	1	0,50	2hrs	1,00
10	Llaves	1	0,50	4hrs 30min	2,25
11	Soldadura	1	8	1hrs 30min	12,00
11	Alicate para anillos de retención	1	2,50	1hrs 30min	12,00
13	Esmeril de mano	1	5	3hrs	15,00
14	Cierra circular de mano	1	5	1hrs 30min	7,50
15	Taladro de banco	1	5	1hrs 20min	7,00
16	Esmeril de banco	1	5	2hrs 30min	12,50

20	Compresor y Equipo de Pintura	1	10	1hrs	10,00
TOTAL				96,00USD.	

3.8.2.1.3 Costos por mano de obra

Tabla 3.12: Costos por mano de obra

Costos por mano de obra.					
Nº	ITEM	Cant	V. Unitario Hrs. Hombre USD	Hrs. Empleadas	V. Total Hrs. Hombre USD
1	Construcción Estructura(Soporte Mayor)	2	6	3	36,00
2	Soporte menor	2	6	3	36,00
3	Soporte esquinero	2	6	3	36,00
4	Puntos de apoyo	2	6	3	36,00
5	Tornillos de fijación	2	6	3	36,00
6	Colocación de ruedas	2	5	2	20,00
7	Construcción Eje	2	7	10	140,00
8	Tuercas de seguridad	2	7	4	56,00
9	Asesoría de ingeniería (software)	1	10	20	200,00
TOTAL					596,00 USD.

3.8.2.1.4 Total de costos primarios.

Tabla 3.13:Tabla del total de costos primarios

Total de costos primarios.		
Nº	Detalle	Valor en USD.
1	Costos de Materiales.	442,02
2	Costos de Herramientas y Equipos.	96,00
3	Costo por Mano de obra	596,00
TOTAL		1134,02 USD

3.8.2.2 Costos secundarios

3.8.2.2.1 Total costos secundarios

Tabla 3.14:Total de costos secundarios

Total de costos secundarios.		
Nº	Detalle	Valor en USD.
1	Derechos de Grado.	300,00
2	Elaboración de textos.	150,00
TOTAL		400,00 USD

3.8.2.3 Costo total del proyecto

Tabla 3.15:Tabla del costo total del proyecto

Costo total del proyecto.		
Nº	Detalle	Valor en USD.
1	Gastos Primarios	1134,02
2	Gastos Secundarios	400,00
TOTAL		1534,02 USD

NOTA: Como se puede observar en las tablas de costos, el valor real del proyecto supera al presentado en el anteproyecto como presupuesto.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Luego de un análisis exhaustivo de materiales y métodos de construcción, se logró elaborar exitosamente el banco móvil de pruebas para balance estático para las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-30-4/60 aplicable al avión escuela FAIRCHILD FH-227 del instituto tecnológico superior aeronáutico ITSA.
- Mediante un proceso de investigación y con ayuda de los manuales se realizó un análisis de las características técnicas de las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-30-4/60, mismas que constan en el contenido del presente texto.
- Para justificar la construcción de nuestro banco de pruebas, se realizó un estudio sobre lo que es y cómo se realiza un balanceo estático y un balanceo dinámico de la hélice.
- A través de la elaboración de un manual de mantenimiento, operación, función y formatos de registro, se provee la información necesaria para la manipulación de nuestro banco de pruebas.
- EI INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO, gracias al desarrollo del presente proyecto, cuenta con un banco móvil de pruebas para balance estático para las hélices DOWTY ROTOL 2-Model R257/4-

30-4/60 aplicable al avión escuela FAIRCHILD FH-227, mismo que será de gran ayuda en pro del aprendizaje de sus estudiantes.

4.2 Recomendaciones:

- Se recomienda mantener más fuentes de información en la biblioteca del instituto, específicamente publicaciones y manuales que son de gran utilidad principalmente porque es documentación que no se puede obtener fácilmente; además sería bueno que para preservar este tipo de documentos se los archivara en una base de datos virtual.
- Para garantizar la vida útil y el correcto funcionamiento de nuestro banco de pruebas, se recomienda leer los manuales que están incluidos en el presente proyecto y seguir correctamente las instrucciones y procedimientos.
- Contar con el equipo de apoyo necesario para ejecutar las labores de montaje y desmontaje de la hélice, tales como tecles y escaleras, así como con un buen equipo de seguridad laboral.

ABREVIATURAS

R.P.M: Revoluciones Por Minuto.

P.C.U: Unidad de Control de Paso.

AC: Corriente Alterna.

C.C: Corriente Continua.

F.C.U: Unidad de Control de Combustible.

A.S.T.M: Sociedad Americanapara Pruebas y Materiales.

A.I.S.I:Instituto Americano del Hierro y el Acero.

N.S.F: Fundacion Nacional de Ciencias.

I.S.O: Organización Internacional de Normalización.

D.I.N: Instituto de Normalizacion Aleman.

S.A.E:Sociedad de Ingenieros Automotrices.

IRAM:Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

UV: Radiación Ultra Violeta.

VA: Análisis de vibraciones.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

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

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

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

Aeronave: Maquina mas pesada que el aire que puede sustentarse y vencer las fuersas tanto estaticas como dinamicas que la gobiernan, dadas sus características de aerodinamica y propulción.

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

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

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

Pandeo:En la construcción, flexión de una viga, provocada por una compresión lateral.

Galvanización: Utilización de la electricidad galvánica para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Equipo: Uno o varios componentes relacionados operacionalmente para elcumplimiento integral de una función determinada.

BIBLIOGRAFÍA

Manuales:

- Dowty Rotol, Manual de Mantenimiento de la Hélice.
- Dowty Rotol, Manual de Boletines de Servicio.
- Dowty Rotol, Manual Instrucciones de Servicios.
- Dowty Rotol, Manual de reparación de la palas (Publicación 830).
- Dowty Propellers, Manual de Practicas Estándar.
- Manual de Mantenimiento del avion escuela FAIRCHILD FH-227 (propeller 61).
- Manual de entrenamiento avion escuela FAIRCHILD FH-227 (propeller 61).
- Super king Air 300 Maintenance Training Manual. For Training Purposes only. 2002 Texas.
- Diaz Del Castillo Felipe, CAD con MECHANICAL DESKTOP, Cap. 4 “Uso de las opciones avanzadas de MECHANICAL DESKTOP.

Internet

<http://www.monografias.com>

http://www.dowty_rotol.propeller.com

<http://www.geocities.com/mecanicoweb/26a.htm>

<http://www.eletrerava.es/espanol/docum/equilibradosecc-01html>

ANEXOS

ANEXO A:
“PLANOS BALANCEADORA
DE HÉLICES DOWTY
ROTOL”

ANEXO B:

“CÁLCULOS”

ANEXO B1:
“CÁLCULOS PARA
RODAMIENTOS”

CÁLCULOS PARA ANALIZAR LA RESISTENCIA AL PESO QUE DEBERÁN SOPORTAR LOS RODAMIENTOS.

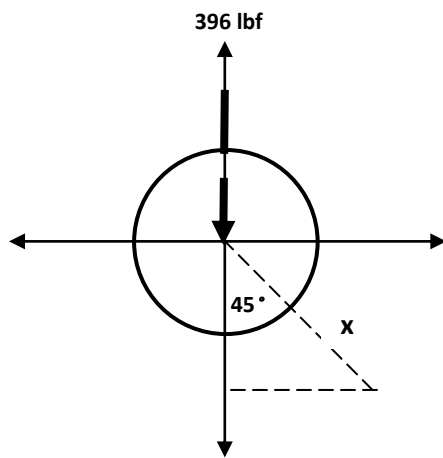
DATOS:

Peso de la hélice: 793 libras fuerza o 3600 N.

Cada rodamiento a utilizar soporta: 843 libras fuerza o 3750 N.

Son dos rodamientos a cada lado.

Cada rodamiento soportará a media hélice: 396,5 libras fuerza.



$$\cos 45 = \frac{396,5 \text{ lbf}}{x}$$
$$x = 560,7 \text{ lbf}$$

560,7 lbf son soportadas por los rodamientos a cada lado (2 rodamientos), es decir cada rodamiento soportaría 280,4 lbf ò 1247,28 N

Utilizando un factor de seguridad de 1,5 tenemos:

$$(280,4 \text{ lbf}) (1,5) = 420,6 \text{ lbf}$$

Por lo tanto cada rodamiento debería estar en la capacidad de soportar 420.6 lbf, pero está diseñado para soportar 843 lbf, casi el doble de la función que debe tener.

Nota: los datos de peso y dimensiones de la hélice fueron tomados del manual.

ANEXO B2:

“CÁLCULOS PARA RUEDAS”

Volumen de la tuerca cónica: 542258,88 mm³

Volumen ½ del eje: 2796161,66 mm³

Densidad del acero 1018: 7,87 gr/cm³

$$542258,88 \text{ mm}^3 \frac{1\text{m}^3}{1000\text{mm}^3} = 0,00054225 \text{ m}^3$$

$$VT = 542,25 \text{ cm}^3$$

$$d = \frac{m}{v}$$

$$mT = d \text{ acero} \cdot VT = 7,87 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot 542,25 \text{ cm}^3$$

$$mT = 4267,5075 \text{ gr}$$

$$mT = 4,267 \text{ kg.}$$

VE = 2796,161 cm³

$$m1/2E = d \text{ acero} \cdot VE = 7,87 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot 2796,161 \text{ cm}^3$$

$$m1/2E = 22,005 \text{ kg.}$$

Volumen de la estructura: 10152 cm³

Densidad del acero 1018: 7,87 gr/cm³

Factor de seguridad: 1,5

$$mES = 7,87 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot 10152 \text{ cm}^3 = 79896,24 \text{ gr.}$$

$$mES = 79,89 \text{ kg.}$$

Masa estructura: 79,89kg

Masa eje: 2*22kg= 42kg

Masa de tuercas: 2*4,27kg= 8,54kg

Masa hélice: 360kg

$$\text{masa estructura} + \text{masa eje} + \text{masa de tuercas} + \text{masa hélice} = 489 \text{ kg}$$

$$79,89 \text{ kg} + 42 \text{ kg} + 8,54 \text{ kg} + 360 \text{ kg} = 490,43 \text{ kg}$$

$$490,43 \text{ kg} \cdot 1,5 = 735,6 \text{ kg}$$

$$\frac{735,6 \text{ kg}}{4 \text{ llantas}} = 183,9 \text{ kg por llanta}$$

ANEXO C:
**“HOJA DE VIDA DEL
GRADUADO”**

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Valencia Fuel Johnatan Fernando

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 27 de Agosto de 1991

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 040153459-9

TELÉFONOS: 022855-565 / 0987803069

CORREO ELECTRÓNICO: johnatan-v1991@hotmail.com

DIRECCIÓN:



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela "Otto Arosemena Gómez"

SECUNDARIA: Colegio Nacional "José Julián Andrade"

SUPERIOR: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller en Ciencias especialidad Físico Matemático

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PRE PROFESIONALES

FUERZA AÉREA ECUATORIANA

Escuadrón de Mantenimiento AVRO

Escuadrón de Mantenimiento Hidráulica

POLICIA NACIONAL DEL ECUADOR

Escuadrón de Mantenimiento de los helicópteros Eurocopter AS350 B2, MD, BELL 206.

CENTRO DE MANTENIMIENTO CEMA

Sección de Mantenimiento Motores

CURSOS Y SEMINARIOS

Suficiencia en el Idioma Inglés

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACION
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

Valencia Fuel Johnatan Fernando

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA

**Ing. Hebert Atencio Vizcaíno
SUBS. TÉC. AVC.**

Latacunga, 1 de Mayo del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **VALENCIA FUEL JOHNATAN FERNANDO**, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía **Nº 040153459-9**, autor del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO MÓVIL DE PRUEBAS PARA EL BALANCE ESTÁTICO Y TRACKING PARA LA HÉLICE DOWTY ROTOL 2-MODEL R257/4-30-4/60 PARA EL AVIÓN FAIRCHILD FH-227**” cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

VALENCIA FUEL JOHNATAN FERNANDO
C.I. 040153459-9

Latacunga, 1 de Mayo del 2013