



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

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

**TEMA: OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL  
AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V  
PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE  
TECNOLOGÍAS-ESPE**

**AUTOR:**

**HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER**

**DIRECTOR:**

**TLGO. ARELLANO REYES MILTON ANDRÉS**

**LATACUNGA**

**2018**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”** realizado por el señor ***HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor ***HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER*** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 30 Julio del 2018**

---

Tlgo. Andrés Arellano

**DIRECTOR**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER** con cédula de identidad N° 050385290-7 declaro que este trabajo de titulación **“OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

**Latacunga, 30 Julio del 2018**

---

HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER  
C.I.: 0503852907



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

#### AUTORIZACIÓN

Yo, **HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 30 Julio del 2018**

---

HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER  
C.I.: 0503852907

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy, especialmente para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y culminar mi carrera profesional. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poder superarme ya que ellos son mi motivación, inspiración y felicidad.

HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER

## **AGRADECIMIENTO**

### **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y culminar mi carrera profesional. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poder superarme ya que ellos son mi motivación, inspiración y felicidad.

HERVAS BONILLA FREDY ALEXANDER

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
TEMA .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e Importancia .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos .....	4
1.5 Alcance .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Historia de la Empresa CESSNA.....	5
2.2 Primeros diseños.....	5
2.3 Diseños .....	6
2.3.1 Sucesión Diseño.....	6
2.3.2 Variantes del Cessna 150.....	7
2.3.3 Cronología de diseño del Cessna 150 .....	8
2.4 Especificaciones.....	10
2.4.1 Características Generales .....	10
2.4.2 Rendimiento .....	11
2.4.3 Limitación y recomendados Velocidades aerodinámicas .....	12

Tabla 3 .....	12
2.5 Características de vuelo .....	13
2.5.1 Modificaciones disponibles .....	13
2.6 Motor Reciproco. ....	14
2.6.1 Historia del motor reciproco (alternativo). ....	14
2.6.2 Funcionamiento del motor reciproco (alternativo) .....	15
2.7 Hélice .....	16
2.7.1 Elementos de una Hélice .....	17
2.7.2 Paso de la hélice. ....	18
2.7.3 Tipos de hélices.....	18
2.7.3.1 En función del material .....	18
2.7.3.2 En función del número de palas .....	20
2.7.3.4 En función de su movimiento.....	22
2.7.4 Importancia del centrado de gravedad una Hélice .....	23
2.7.5 Conversión de la potencia en arrastre. ....	23
2.7.5.1 Paso de la hélice .....	23
2.7.5.2 Hélice de Paso fijo.....	23
2.7.5.3 En Paso Variable:.....	23
2.7.5.4 Fuerzas que actúan sobre las palas de la hélice. ....	24
2.7.6 Especificaciones de Hélice .....	24
2.7.7 Ángulo de una Pala .....	26
2.7.8 Giro de la Hélice .....	27
2.7.9 Montaje de una Hélice .....	28
CAPÍTULO III .....	29
DESARROLLO DEL TEMA .....	29
3.1 Preliminares .....	29
3.2 Introducción.....	29
3.3 Limpieza.....	30
3.4 Desmontaje .....	31
3.4.1 Remoción de pasadores.....	32
3.5 Inspección .....	35
3.5.1 Definición de los Defectos. ....	35
3.6 Definición de las Mediciones. ....	37
3.7 Requisitos del equipo. ....	38



3.7.1 Requisitos para realizar las inspecciones y reparaciones necesarias.....	39
3.8 Inspección Visual.....	39
3.9 Reparaciones. ....	40
3.9.1 En las Hojas. ....	40
3.9.2 Curvas de alineación de caras.....	41
3.9.3 Curvas de alineación de bordes. ....	42
3.9.4 Corrección del ángulo de la cuchilla .....	42
3.9.5 Defectos superficiales.....	42
3.9.6 Defectos del borde frontal y posterior. ....	43
3.10 Montaje .....	43
3.10.1 Montaje de Espiga y Espaciador. ....	44
3.10.2 Ensamblaje de pasador y buje.....	45
3.11 Revisión .....	45
3.11.1 Instalación de rotámetro. ....	45
3.12 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.....	46
3.12.1 EQUILIBRIO ESTÁTICO .....	46
3.13 Análisis Económico .....	47
3.13.1 Presupuesto .....	47
3.13.2 Análisis de costos.....	47
3.13.3 Costos primarios.....	48
3.13.4 Costos secundarios .....	48
3.13.5 Costo total del proyecto de grado .....	48
CAPÍTULO IV .....	49
4.1 Conclusiones.....	49
4.2 Recomendaciones.....	49
GLOSARIO .....	50
ABREVIATURA.....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53
Web grafía.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cessna Roos .....	5
Figura 2 Primera aeronave Cessna .....	6
Figura 3 Aeronave Citation .....	6
Figura 4. Cessna 150 (1958) .....	8
Figura 5. Cessna 150 Patrulla .....	9
Figura 6. Cessna 152 .....	9
Figura 7. Dimensiones del avión Cessna .....	12
Figura 8. Motor Reciproco .....	15
Figura 9. Ciclo Otto.....	15
Figura 10. Hélice .....	17
Figura 11. Elemento de una Hélice .....	18
Figura 12. Hélices de Madera .....	19
Figura 13. Hélices de Nylon .....	20
Figura 14. Hélices Metálicas .....	20
Figura 15. Tipos de Hélices .....	21
Figura 16. Especificaciones de las palas .....	24
Figura 17. Estaciones de una pala.....	25
Figura 18. Estaciones .....	26
Figura 19. Angulo de la Pala.....	27
Figura 20. Hélice tractoras y Propulsoras .....	28
Figura 21. Modelo de Hélice .....	30
Figura 22. Limpieza con Alcohol Industrial.....	30
Figura 23. Limpieza .....	31
Figura 24. Remoción de los Espaciadores.....	31
Figura 25. Remoción de Hélice.....	32
Figura 26.Remoción de Pasadores.....	32
Figura 27. Remoción .....	33
Figura 28. Extractor de Pasadores .....	34
Figura 29.Extraccion de espaciadores y pasadores.....	35
Figura 30. Mediciones .....	38
Figura 31. Inspección Visual.....	40
Figura 32. Protección de la medida del Angulo de la Hélice .....	40

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Características Generales Aeronave Cessna 150 M.....	10
Tabla 2 Rendimiento Cessna 150 M.....	11
Tabla 3 Limitaciones Velocidades Aerodinámicas .....	12

## RESUMEN

El presente proyecto de grado posee todos los procesos específicos y necesarios para el Overhaul de la hélice McCauley de la aeronave CESSNA 150M con matrícula N2919V perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE”.

Se detalla en primer lugar el tema del proyecto de grado, así como también cada uno de los objetivos para realizar un trabajo seguro y eficaz.

A continuación, el marco teórico se enfoca sobre toda la información en forma general y una historia sobre el avión CESSNA 150M con matrícula N2919V, conjuntamente con información sobre las hélices, tipos y formas.

En el desarrollo del tema, detallamos todos y cada uno de los procesos realizados para lo que es un OVERHAUL de una hélice, comenzando desde la limpieza, desmontaje, inspección, reparaciones, correcciones y montaje de la hélice, basándose específicamente en el manual propio de la aeronave, logrando un resultado eficiente en este proyecto de grado.

Sirviendo a todos los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE como material práctico de enseñanza continua y experiencia en el campo profesional, el aporte de esta aeronave.

### **PALABRAS CLAVES:**

- OVERHAUL
- MOTOR
- INSPECCIÓN
- REPARACIÓN
- CORRECCIÓN
- MANUAL TÉCNICO

## ABSTRACT

The present project of degree possesses all the specific and necessary processes for the Overhaul of the McCauley propeller of the CESSNA 150M aircraft with registration N2919V belonging to the Technology Management Unit-ESPE ".

The subject of the degree project is detailed in the first place as well as each of the objectives for a safe and effective work.

Then the theoretical framework focuses on all the information in a general way and a story about the CESSNA 150M aircraft with license plate N2919V, together with information about the propellers, types and shapes.

In the development of the subject, we detail each and every one of the processes carried out for what is an OVERHAUL of a propeller, starting from the cleaning, disassembly, inspection, repairs, corrections and assembly of the propeller, specifically based on the manual itself. the aircraft, achieving an efficient result in this degree project.

Serving all the students of the Technology Management Unit-ESPE as practical material of continuous teaching and experience in the professional field, the contribution of this aircraft.

### KEYWORDS:

- OVERHAUL
- ENGINE
- INSPECTION
- REPAIR
- CORRECTION
- TECHNICAL MANUAL

---

**CHECKED BY:**  
**Msg. Pablo Cevallos**  
**ENGLISH TEACHER UGT**

## **CAPÍTULO I**

### **TEMA**

#### **“OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”**

##### **1.1 Antecedentes**

Detrás de la seguridad y comodidad que ofrecen los aviones, miles de horas de trabajo y entrenamiento de cientos de ingenieros, técnicos y mecánicos, y un elevado costo económico, son asumidos por las compañías para realizar un correcto y constante mantenimiento de sus aviones.

Los componentes en general de las aeronaves se montan y desmontan siguiendo un plan de revisiones programado por normas vigentes, acorde con el número de horas de vuelo. Las revisiones pueden ser tan profundas que, incluso, incluyen el desmantelamiento completo del avión con el objeto de comprobar los remaches de las uniones de las planchas del fuselaje y las alas. Los distintos procesos de verificación técnica vienen determinados por una estricta planificación que se desarrolla en función de la utilidad y las horas de vuelo del avión.

Existen tres tipos de mantenimiento: **MANTENIMIENTO EN LÍNEA** se divide en Programado: se ejecuta siguiendo un programa de revisión, y No Programado: se procede tan pronto se ha constatado alguna avería, **MANTENIMIENTO MENOR**: Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad, **MANTENIMIENTO MAYOR**: Es la revisión más profunda y minuciosa por la que tienen que pasar todos los aviones.

## 1.2 Planteamiento del problema

Cabe mencionar que el instituto Tecnológico Superior Aeronáutico-ITSA, una Institución de Educación Superior, fue creada el 08 de Noviembre de 1999 y reconocido por el CONESUP el 22 de Septiembre del año 2000, desde aquel momento el Instituto brindó sus servicios educativos superiores a la juventud del país con carreras innovadoras únicas, ofreciendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica y en la industria en general.

La Unidad de gestión de tecnologías-ESPE consta de un avión escuela bimotor turbo hélice y un avión turbo jet, para ello la necesidad de implementación de un AVIÓN CESSNA 150 mono motor recíproco que servirá como un nuevo avión escuela, donde los estudiantes podrán aprender nuevos conocimientos sobre otro tipo de aeronave y los sistemas por los que está conformada.

El avión Cessna 150 de matrícula N2919V se ha encontrado inoperativo por algunos años en la compañía Amazonas Air S.A. El mismo que se encontraba en las instalaciones en el aeropuerto internacional Jumandi. Por el tiempo de inoperatividad de la aeronave, sufrió mucho deterioro en toda la aeronave debido a las condiciones climáticas de humedad.

En la aeronave existen daños en componentes mayores, menores, sistemas y subsistemas, por lo que ya no están en condiciones para ser operativos por lo que si no se realizan mantenimiento adecuado se podrá perder toda la aeronavegabilidad de la aeronave.

El overhaul de la hélice McCauley es esencial para la operación normal de la aeronave por lo que dicho componente es el encargado en dar el arrastre necesario para que alcance las velocidades necesarias para realizar despegues, aterrizajes y hasta alcanzar un vuelo crucero en condiciones seguras.

### **1.3 Justificación e Importancia**

Teniendo en cuenta que la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE está considerada como uno de los mejores centros de educación superior a nivel nacional e internacional, por esta razón debe proporcionar instalaciones y material didáctico que ayuden a mejorar la formación de profesionales. El presente trabajo contribuirá a la comprensión del proceso de overhaul de una hélice; y principalmente se beneficiará la carrera de mecánica aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE con un nuevo avión escuela que servirá como elemento de enseñanza a los estudiantes.

El desarrollo del presente proyecto ayudará tanto a docentes como alumnos a conocer los pasos a seguir en el proceso overhaul de la hélice, este trabajo brindará una mejor ayuda y enseñanza, tanto en forma teórica como práctica, permitiendo tener un conocimiento más claro y preciso de lo que es la aviación, de esta forma los estudiantes van a tener un mejor desenvolvimiento en sus prácticas pre-profesionales y posterior en su vida profesional.

De esta manera los estudiantes podrán realizar prácticas en un nuevo avión escuela de una mejor manera y poner en práctica todo el conocimiento adquirido en clases y prácticas en los talleres, para que puedan demostrar sus habilidades y lograr que su trabajo se desarrolle en forma efectiva y eficientemente.



## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Realizar el overhaul de la hélice McCauley del avión Cessna 150 con matrícula N2919V mediante los procedimientos técnicos del Manual de mantenimiento para la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar la información técnica relacionada para el overhaul de la hélice McCauley del avión Cessna 150.
- Identificar los procesos técnicos, herramientas y materiales necesarios para el overhaul de la hélice McCauley del avión Cessna 150.
- Ejecutar el overhaul de la hélice para la restauración según sus límites permisibles de reparación de acuerdo al Service Manual Overhaul-Parts.

## **1.5 Alcance**

El presente proyecto tiene como finalidad ayudar a las futuras promociones de la carrera de Mecánica Aeronáutica-Mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE en el overhaul de la hélice McCauley del avión Cessna 150 para obtener mejores conocimientos prácticos, con la ayuda del maestro y el avión escuela, por lo que se dejará información técnica para el proceso de overhaul ya que el proceso servirá como instrucción y no para procesos de aeronavegabilidad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia de la Empresa CESSNA

CESSNA AIRCRAFT COMPANY, más conocido solo como CESSNA, es un fabricante de aviones estadounidense ubicado en la ciudad de Wichita, Kansas, famosa por ser la sede de varias compañías constructoras de aviones, entre ellas BEECHCRAFT.

La empresa fue fundada por CLYDE CESSNA en 1911 y construyó su primer avión tipo BLERIOT propulsado por un motor de 60 cv. En 1925 CESSNA se asoció con Lloyd Stearman y Walter Beech para formar la compañía TRAVEL AIR MANUFACTURING Company hasta septiembre de 1927 cuando formo con Victor Roos, la Cessna-Roos Aircraft Company convertida en Cessna Aircraft Company Inc., dos meses más tarde tras la salida de Roos. (EcuareD, 2011)



**Figura 1** Cessna Roos

**Fuente:** (Disciplesofflight, 2006)

#### 2.2 Primeros diseños

El primer diseño de Cessna producido en serie fue el Cessna Seria A, un monoplano de ala alta. Cessna construyo su primer bimotor ligero en 1939, un avión de transporte comercial de cinco plazas denominado Cessna Modelo T-50.

Cessna fue adquirida por la compañía General Dynamics en el año 1985, que a su vez fue comprada por Textron en 1992. (Santos, 2017)



**Figura 2** Primera aeronave Cessna

**Fuente:** (angelfire, 2008)

Hoy día, Cessna es el principal diseñador y fabricante de jets privados de mediano y pequeño tamaño y de avionetas de un solo motor, habiendo entregado más de 190000 unidades en su historia. Actualmente Cessna tiene más de 15000 empleados alrededor del mundo. (Santos, 2017)



**Figura 3** Aeronave Citation

**Fuente:** (Santos, 2017)

## 2.3 Diseños

### 2.3.1 Sucesión Diseño

El Cessna 150 le sucedido a finales de 1977, el Cessna Modelo 152 de 1978, un aparato de costes operacionales menores gracias a los motores Avco Lycoming O-235 L2C, con periodos sin mantenimiento más largos.

Aparte del cambio de planta motriz, el Cessna 152 tenía unos flaps limitados a un despliegue de 30 grados contra la deflexión de 40 de los del 150, así como un peso bruto máximo de 726 kg (1600 lb) contra los 757 kg (1670 lb) del Cessna 150. En 2007 Cessna anunció la sucesión de los dos modelos, 150 y 152, por el Modelo 162 Sky Catcher. (EcuareRed, 2011)

### 2.3.2 Variantes del Cessna 150

- **Cessna 150:** El primer año del modelo del Cessna 150 no llevaba ningún sufijo. Estaba disponible como el "150" o la "Commuter" actualizado. El motor era de 100 caballos de fuerza Continental O-200, el peso bruto fue de 1,500 libras y las aletas se acciona manualmente con una palanca entre los asientos. La producción comenzó a finales de 1958 como el año modelo 1959.
- **Cessna 150A:** Este modelo de 1961 incorpora cambios suficientes para justificar un sufijo y por lo tanto fue designado el "150A".
- **Cessna 150B:** Es el modelo de 1962, tenía una nueva hélice que aumenta la velocidad de crucero de 2 nudos y la opción de un asiento para niños de dos pasajeros para el compartimiento de equipaje. 331 modelos "B" fueron construidos. La versión Commuter costó USD \$ 8.995.
- **Cessna 150C:** Este modelo de 1963 con el sufijo "C", introdujo la posibilidad de grandes neumáticos 6.00X6 pulgadas para reemplazar los neumáticos 5.00X5 estándar y combustible drena rápido. 472 fueron terminados.
- **Cessna 150D:** El modelo "D" de 1964 trajo el primer cambio dramático a la Cessna150, la introducción de una ventana trasera bajo el nombre comercial Omni-Vision.
- **Cessna 150E:** Fabricado en 1965 el Cessna 150E sólo vio la adición de nuevos asientos, aunque el peso en vacío estándar subió 40 libras ese año a 1010 libras. La Cessna "E" aumento la producción de 1.637 aviones.

- **Cessna 150F:** El modelo de 1966 veía grandes cambios en el diseño 150. La aleta fue peinando hacia atrás 35 grados para que coincida con el estilo de la Cessna 172 y otros modelos.
- **Cessna 150G:** Es el modelo de 1967, el cuadro de instrumentos se ha rediseñado. Las puertas estaban "inclinada" para dar otras tres pulgadas de los hombros y las caderas que se necesitan en la pequeña cabina.
- **Cessna 150K:** En 1970 fue el año que Cessna presentó el Aerobat A150K, un Cessna 150 K con capacidades acrobáticas limitadas.
- **Cessna 150L:** Esta variante tenía el más largo ciclo de producción de cualquier 150 sub-modelo, que se produce desde 1971 hasta 1974. (Astudillo, 2015)

### 2.3.3 Cronología de diseño del Cessna 150

- a) En 1958 inicio de la producción del Cessna 150.



**Figura 4** Cessna 150

**Fuente:** (Astudillo, 2015)

- b) En 1960 nace el Cessna 150 Patrulla, con puertas de metacrilato y un depósito de combustible de 144 litros.



**Figura 5** Cessna 150 Patrulla

**Fuente:** (Astudillo, 2015)

- c) En 1962 se realizan ligeras mejoras en la velocidad y capacidad de ascenso con un nuevo perfil de la carlinga del motor.
- d) En 1978 es presentado el Cessna 152 con motores Lycoming O-235 de 82 kW (110 hp). El propulsor Continental de 75 kW.



**Figura 6** Cessna 152

**Fuente:** (Company, Cessna Aircraft, 1975)

## 2.4 Especificaciones

### 2.4.1 Características Generales

Tabla 1

#### Características Generales Aeronave Cessna 150 M

Características	Detalle
Aeronave Cessna	Serie M
Tripulación	1
Capacidad de pasajeros	1
Longitud	7,5 m (24,8 ft)
Envergadura	10,2 m (33,3 ft)
Altura	2,6 m (8,5 ft)
Superficie alar	15 m <sup>2</sup>
Peso vacío	504 kg (1.111 lb)
Peso máximo de despegue	730 kg 1.600 lb
Máximo peso bruto	1600 libras.
Carga Útil	489 libras
Carga combustible	lleno 354 libras
Capacidad de combustible	std 26 galones (22,5 gal utilizable)
Capacidad de equipaje	120 libras de equipaje
Planta motriz	1x motor de cuatro cilindros opuestos enfriados por aire Continental O-200A.
Potencia	75 kW (100 HP; 101 CV)
Hélices	1x bipala de paso fijo por motor.
Carga de Potencia	16 lb / hp
Ala de carga	10kg / m <sup>2</sup>

Fuente: (Company, Cessna Aircraft, 1975)

## 2.4.2 Rendimiento

Tabla 2

### Rendimiento Cessna 150 M

Características	Detalle
Motor: <b>Teledyne Continental</b>	Serie O – 200 <sup>a</sup>
• <b>100 HP A 2750 RPM</b>	
Velocidad máxima	
• <b>Máxima a nivel del mar:</b>	109 Knots.
• <b>En crucero con 75% de potencia a 7000 pies</b>	106 Knots.
Capacidad de aceite	
• <b>Sin filtro externo</b>	6 Qts.
• <b>Con filtro externo</b>	7 Qts.
Techo de servicio	14.000 Ft
Velocidad de Stall	
• <b>Con flaps arriba</b>	48 Knots
• <b>Con flaps abajo</b>	42 Knots
Equipaje permitido en libras	120 Lbs en total, dividido en dos áreas 1 y 2 o únicamente en la 1
• <b>Área 1</b>	120 Libras (Estacones de la 50 a la 76)
• <b>Área 2</b>	40 Libras ( Estacines de la 76 a la 94)
Hélice	McCAULEY
• <b>De paso fijo</b>	Con un diámetro de 69 pulgadas
Peso máximo	1600 lbs
• <b>Peso en vacío</b>	1129 lbs
Neumáticos del tren principal	
• <b>Presión</b>	21 psi
Neumático del tren de nariz	
• <b>Presión</b>	30 psi

Fuente: (Company, Cessna Aircraft, 1975)



### 2.4.3 Limitación y recomendados Velocidades aerodinámicas

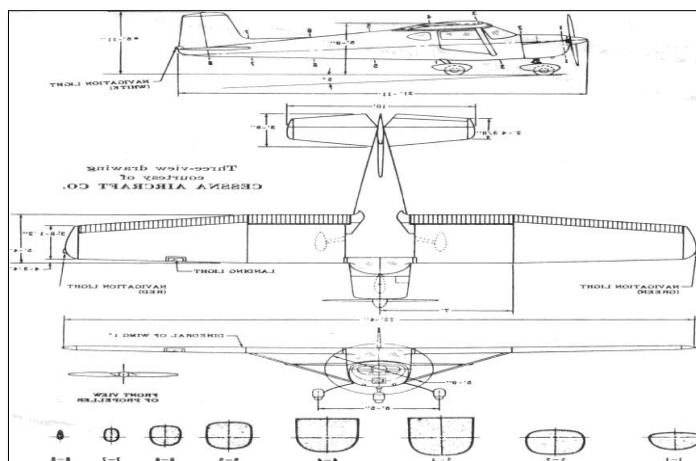
Tabla 3

#### Limitaciones Velocidades Aerodinámicas

Características	Detalle
<b>VX (mejor ángulo de ascenso):</b>	60 KIAS
<b>VY (mejor régimen de ascenso):</b>	67 KIAS
<b>VA (diseño de maniobras):</b>	94 KIAS
<b>VFE (máxcolgajo extendido):</b>	87 KIAS
<b>Velocidad máxima operativa (Vno):</b>	Máxima estructural de crucero 104 KIAS
<b>VR (rotación):</b>	48 KIAS
<b>VS1 (establo, limpio):</b>	47 KIAS
<b>VSO (establo, en configuración de aterrizaje):</b>	42 KIAS
<b>Velocidad crucero (Vc): 145 nudos a 7.000 ft</b>	145 nudos a 7.000 ft
<b>Velocidad stall (Vs):</b>	54 nudos (100 km/hora)
<b>Alcance en vuelo:</b>	773 mn (1.432 km) @ 80% de potencia y 7.000 ft
<b>Alcance en ferry:</b>	930 mn (1.722)

**Fuente:** (Company, Cessna Aircraft, 1975)

Todas las especificaciones se basan en cálculos del fabricante. Todas las cifras de rendimiento se basan en día estándar, atmósfera estándar, el nivel del mar, las condiciones de peso bruto menos que se indique lo contrario.



**Figura 7** Dimensiones del avión Cessna

**Fuente:**(Carrasco , 2011)

## **2.5 Características de vuelo**

El Cessna 150 es simple, robusto y fácil de volar. Por estas razones, se ha convertido en uno de los entrenadores básicos más populares del mundo.

La visibilidad en cabina es generalmente apropiada, excepto en la parte superior donde la vista es bloqueada por las alas. Esta obstrucción es preocupante puesto que, al igual que ocurre en la mayoría de aviones de ala alta, la visibilidad de la zona hacia la cual se vira es escasa por culpa del ala de dicho lado. Debido a su peso ligero y la luz carga alar, el avión es sensible a la turbulencia y el timón no es tan efectivo como en otras aeronaves.

Algunos usuarios de estas aeronaves están inconformes debido a que los Cessna 150 con flaps de 40 grados de despliegue máximo ascienden peor con éstos completamente abajo. Sin embargo, la FAA certificó estos aviones como capaces de ascender con los flaps desplegados en peso máximo al despegue. (Carrasco , 2011)

### **2.5.1 Modificaciones disponibles**

Hay cientos de modificaciones disponibles para el Cessna 150. Parte de la instalación con más frecuencia son:

- Generadores Vortex y kits STOL que reducen la velocidad de pérdida en avión.
- Tapas de la aleta para reducir la fricción y aumentar la velocidad de ascenso.
- Diferentes puntas de las alas, algunos de los cuales afirman varios aumentos de velocidad de crucero y la reducción de velocidad de pérdida.
- STC combustible Auto, que permiten el uso de combustible para automóviles en lugar del combustible de aviación más caro.
- Motores más grandes, de hasta 180 caballos de fuerza.
- Tren de aterrizaje con rueda auxiliar trasera.
- Tanques de combustible auxiliares para mayor capacidad.

- Coge la puerta para reemplazar a los de fábrica que a menudo no en servicio.
  - Válvulas de drenaje de combustible del vientre para drenar el combustible desde el punto más bajo en el sistema de combustible. (Company, Cessna Aircraft, 1975)

## **2.6 Motor Reciproco.**

### **2.6.1 Historia del motor reciproco (alternativo).**

Por la gran invención del ciclo Otto se inventó el motor de combustión interna, que sería aplicado a la incipiente aeronáutica de finales del siglo XIX. Estos motores, enfriados por agua, generaban potencia por medio de una hélice. La hélice, debido a sus palas alabeadas, propulsaba la masa de aire circundante, arrastrando al aeroplano hacia adelante, produciendo el vuelo. En 1903, los hermanos Wright lograron realizar el sueño casi imposible de hacer volar un artefacto más denso que el aire en 1903.

La mayoría de las aeronaves están propulsadas por motores reciproco (de pistón), usualmente refrigerados por aire, este motor hace girar una hélice la cual proporciona la sustentación de determinada aeronave.

Los motores radiales y otros tipos de motores fueron los primeros diseños que se utilizaron para la aviación. Aunque el primer motor radial fue desarrollado dos años antes que el motor alternativo, éste último fue el primero que logró propulsar una aeronave en vuelo. Los motores alternativos tienen muchas aplicaciones. Los motores de encendido por chispas son menos pesados y tienen costes más bajos y por eso se utilizan para automóviles, motocicletas o aviones.

Mientras tanto y de forma menos exclusiva, los motores de cilindros horizontalmente opuestos se han usado desde finales de los años treinta en miles de aeronaves pequeñas, y han sufrido ligeras mejoras al igual que todos los motores a pistón, tales como el sistema de inyección o los cada vez más eficientes sistemas de sobrealimentación, sin embargo son motores que presentan una configuración de válvulas en la culata (OHV) y una relativa baja compresión (usualmente 6.6:1) en comparación con motores de automoción modernos, ya que son usados bajo otro tipo de condiciones.

Hoy en día se encuentran con una gran demanda de uso por escuelas de pilotos debido a su bajo costo y peso, también cabe recalcar su gran ventaja de no tener vibración. (Upm, 2015)



**Figura 8** Motor Reciproco

**Fuente:** (Upm, 2015)

### 2.6.2 Funcionamiento del motor reciproco (alternativo)

La aviación como la conocemos comenzó gracias a la propulsión de aeronaves mediante motores de cilindros y pistones, también llamados motores alternativos o motores recíprocos. A pesar de que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores de combustión interna permitieron una propulsión de trabajo constante, operados principalmente por gasolina. (Upm, 2015)



**Figura 9** Ciclo Otto

**Fuente:** (Upm, 2015)

## 2.7 Hélice

Es un dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de éste en un mismo plano. Su función es transmitir a través de las palas su propia Energía cinética (que adquiere al girar) a un fluido, creando una fuerza de tracción; o viceversa, "tomar" la energía cinética de un fluido para transmitirla mediante su eje de giro a otro dispositivo.

Una hélice es un elemento que transforma la Energía Mecánica que se genera en el motor en fuerza impulsora, que hace que el avión pueda avanzar hacia adelante al estar asida firmemente al eje del cigüeñal, el trabajo desarrollado por motor en sus explosiones es traducido en un movimiento giratorio de la propia hélice.

Este movimiento giratorio es de avance similar al que produce en una tuerca cuando la giramos en su espárrago. Si en este caso la fuerza se aplica con los dedos de la mano o con una llave, en el motor se consigue con las continuas subidas y bajadas del pistón (Carrera, 2018).

La verificación de este movimiento de avance la podemos realizar con un ejercicio muy sencillo pero a la vez muy efectivo. Tome una hélice e introduzcamos un palito cilíndrico en su eje que quede encajado en uno de sus extremos. Si cogemos el palito entre las palmas enfrentadas de nuestras manos y deslizamos, rápidamente, una mano contra otra apretando fuertemente, veremos que la hélice sale impulsada de nuestras manos girando. (Baylon, 2012)



**Figura 10** Hélice

**Fuente:** (Baylon, 2012)

### 2.7.1 Elementos de una Hélice

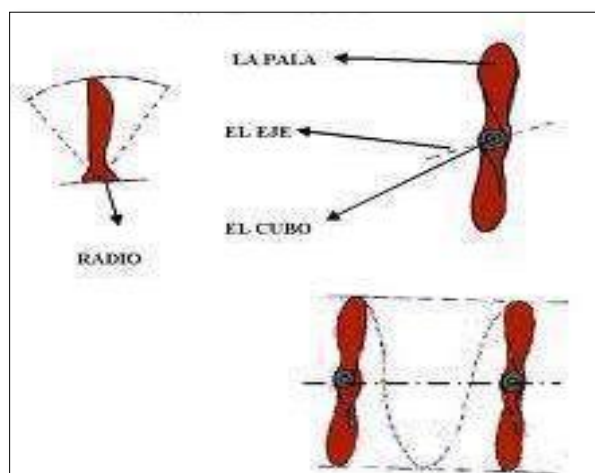
**Pala:** Se denomina pala de una hélice al brazo que, al girar, produce el movimiento impulsante. Aunque existen hélices de una sola pala, las hélices que más a menudo se utilizan son aquellas que están formadas por dos palas.

**Cubo:** Es la parte central de la hélice en donde está practicado el agujero para fijación en el eje del motor. Es también la base de fijación de las palas.

**Bordes:** La hélice es un ala, por lo tanto, tiene su borde de ataque (el de más curvatura) y su borde de salida.

**Radio:** Se denomina radio de una hélice a la distancia entre el centro de la hélice y el extremo de cada pala.

**Longitud o diámetro y paso:** Son, sin duda, los términos más importantes de las hélices, hasta el punto de ser aquellos que nombramos cuando vamos a comprarlas en las tiendas especializadas. Comprar una hélice 25/15 o 10/6, si la pedimos en pulgadas, por ejemplo, significa comprar una hélice que tiene 25 cm. de diámetro y 15 cm. de paso. La primera medida, los 25 cm. indican la longitud de la hélice de punta a punta y la segunda, los 15 cm., indican lo que avanzaría hacia adelante la hélice, idealmente, en cada vuelta. (Santos, 2017)



**Figura 11** Elemento de una Hélice

**Fuente:** (Santos, 2017)

### **2.7.2 Paso de la hélice.**

Es paso de una hélice es la distancia del recorrido de una hélice hacia delante durante una revolución en vuelo.

Evidentemente, mover las hélices tiene un costo, la energía que se consume, energía que el motor tiene que ser capaz de producir. Se puede pensar que la mejor hélice para nuestros motores es la que tuviera mayor paso, porque con ella instalada avanzaría más nuestro avión. Sin embargo y como lógica contrapartida, cuanto mayor paso exista, existirá más rozamiento con el aire, porque a medida que aumenta el paso, la hélice se curva más. (SMARTDRAW, 2017)

### **2.7.3 Tipos de hélices.**

Las hélices se pueden clasificar en varios grupos en función del material con que están construidas, el número de palas que tienen y el sentido de giro:

#### **2.7.3.1 En función del material**

##### **a) Hélices de madera.**

Las hélices de madera son las hélices de siempre entre sus grandes cualidades merecen ser citadas el que son duras y compactas, que no flexan, que no vibran y que se construyen de una sola pieza. Entre las maderas más utilizadas citaremos el haya, arce, nogal, etc.

Suelen ser muy estimadas en el campo de la competición. Tienen como inconveniente, por un lado, que son bastante caras, sobre todo para grandes cilindradas en los que su aplicación es más que aconsejable. Por otro, que aguantan pocos golpes, por lo que no son aconsejables para los que están empezando o los que vuelan en terrenos peligrosos. El encarecimiento de estas hélices se justifica por el complejo proceso de selección de las maderas más adecuadas, el laborioso proceso de fabricación y el barnizado y el acabado. (Ecuare, 2011; Göde, 2016)



**Figura 12** Hélices de Madera

**Fuente:** (Ecuare, 2011; Göde, 2016)

**b) Hélices materiales sintéticas como el nylon o el poliéster.**

Estas hélices se construyen a partir de moldes en los que se vierte, el material, que después se deja enfriar bajo presión. A pesar de que, sobre todo las hélices de nylon, flexan y vibran cuando están funcionando, principalmente en los cambios de revoluciones del motor, las hélices sintéticas hoy en día han desbancado a las de madera en el uso común, puesto que son más baratas y aguantan mejor los golpes contra el suelo. Tienen a su favor el presentar un excelente acabado en sus superficies exteriores. (Göde, 2016)





**Figura 13** Hélices de Nylon

**Fuente:** (Göde, 2016)

**c) Hélices metálicas.**

Su uso, además de no aconsejado, está prohibido.



**Figura 14** Hélices Metálicas

**Fuente:** (Göde, 2016)

**2.7.3.2 En función del número de palas**

**a) Hélices mono palas.**

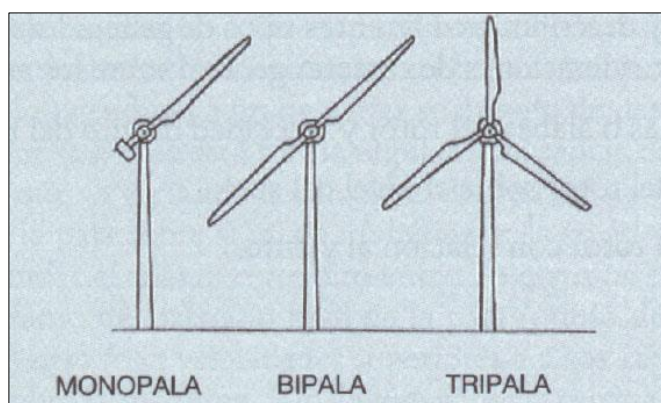
Son aquellas que tienen una sola pala. Para compensar el efecto de la ausencia de la masa de la pala que le falta, se suelen fabricar con una masa pequeña colocada en la raíz de la pala que le falta. Tienen su mejor aplicación en modelos de velocidad pura. (Raul, 2014)

### b) Hélices bipalas.

Son hélices de dos palas y suelen ser las de uso más extendido por la sencillez de su uso y de su fabricación.

### c) Hélices tripalas.

Son hélices que tienen tres palas colocadas a 120 g entre sí. Confieren a los modelos un sonido y aspecto realísticos por lo que son muy utilizadas en el mundo de las maquetas. (Astudillo, 2015)



**Figura 15** Tipos de Hélices

**Fuente:** (Astudillo, 2015)

### d) Hélices de más de tres palas.

Existen hélices de cuatro, cinco y más palas, pero su uso no está muy extendido debido a la poca variedad que tienen de tamaños y aplicaciones. Su uso queda reducido al mundo de las maquetas. (Castillo, 2012)

## 2.7.3.3 En función del sentido de giro

### a) Hélices de paso normal.

Son aquellas que tienen construida las palas con el paso en función de la norma de giro del motor: Visto desde adelante, la hélice gira en sentido contrario a las agujas del reloj. Son todas las hélices de uso común entre los Aeromodelistas. (Advisor, 2016)

### **b) Hélices de paso invertido.**

Son aquellas que se construyen con el paso al revés puesto que van a ser instaladas en motores que van a girar en sentido de las agujas del reloj. Se utilizan en motores que deben girar uno en sentido contrario del otro, para compensar el efecto del torque. Un ejemplo claro lo constituyen los bimotores. (Ecuare, 2011)

#### **2.7.3.4 En función de su movimiento**

##### **a) Hélices de paso variable.**

Son aquellas en las que el paso de la hélice no es fijo, es decir, poseen la particularidad de que cada pala de la hélice puede ser girada mecánicamente a través de un servo con lo que se posibilita el cambiar el paso en cualquier momento. Estas hélices han tenido su aplicación en la competición de acrobacia, pero hoy día se tiende al uso extensivo de hélices estándar de paso fijo adecuadas a cada aplicación, evitando mecánicas complejas y resultados muy selectivos. (Baylon, 2012)

##### **b) Hélices replegables.**

Pieza que define a la hélice como tal. Pero existen palas que se pueden montar/desmontar y también replegar como en el caso de algunos tipos de hélices para veleros, con la particularidad de que mientras el motor no gira, se recogen hacia atrás por el efecto vuelo del velero al penetrar en el viento así como modificar el paso de la hélice. (Advisor, 2016)

##### **c) Hélices montables**

Intencionadamente hemos puesto este nombre a un tipo de hélices que pueden montar sus palas entre sí mediante una pieza (cubo) metálica. Se facilita, de esta manera el proceso de fabricación y hélices tan prestigiosas como las APC disponen de dos tipos: uno para bipalas y otro para tripalas. El proceso de fabricación es muy complejo en este último caso, sobre todo en hélices de gran diámetro. Las hélices, también se pueden desmontar, pero su sentido es, principalmente, el descrito. (Carrasco, 2011)

#### **2.7.4 Importancia del centrado de gravedad una Hélice**

Puesto que la hélice es un elemento que va a dar vueltas y que, normalmente tiene dos o más palas, estas han de tener la misma forma y peso para contrarrestar sus acciones. Efectivamente, si una de las palas de la hélice pesa más que otra, la cantidad de movimiento que produce será mayor y el motor acusará esta descompensación de fuerzas como un martilleo en sus partes más débiles: rodamientos del cigüeñal, casquillos de la biela, o la propia biela, que con el paso del tiempo irán ocasionando holguras, vibraciones y por último la propia rotura o gripaje de las mismas.

Esto que en una simple vuelta no parece tener importancia alguna, la adquiere con el uso, ya que el cigüeñal llega a acumular millones y millones de vueltas. Pensemos que en un vuelo normal de diez minutos, a una media de 10.000 rpm. El cigüeñal llegará a dar 100.000 vueltas. (Advisor, 2016)

#### **2.7.5 Conversión de la potencia en arrastre.**

La potencia precede de la conversión del movimiento alternativo de los pistones en movimiento giratorio del cigüeñal, en cuyo extremo anterior se coloca la hélice por medio del árbol de la hélice. (Castillo, 2012)

##### **2.7.5.1 Paso de la hélice**

El paso de la hélice es el ángulo que forman la velocidad relativa del aire y el plano de giro de la hélice. El paso determina la distancia que una parte de la hélice penetra en el aire en una revolución. (Castillo, 2012)

##### **2.7.5.2 Hélice de Paso fijo**

Una hélice paso fijo es aquella cuyo paso no es posible cambiarlo en vuelo. El diseño de esta clase de hélice se concibe en función a las necesidades de operación. (Advisor, 2016)

##### **2.7.5.3 En Paso Variable:**

- Paso Largo: Palanca Atrás
- Paso Corto: Palanca Adelante.

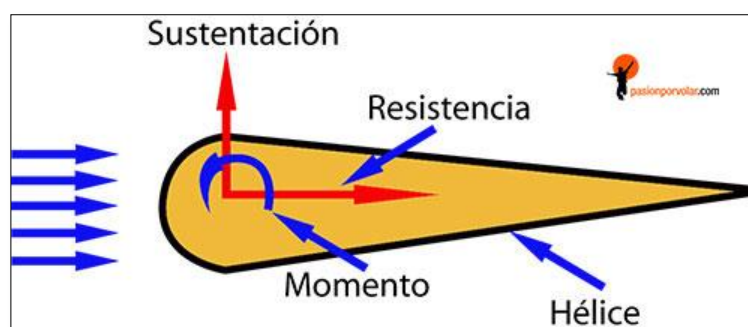
#### 2.7.5.4 Fuerzas que actúan sobre las palas de la hélice.

- a) **Fuerza centrífuga:** Es la mayor fuerza que actúa sobre la pala de la hélice. Es producida por el giro de la hélice y su tendencia es a separarse del buje.
- b) **Momento centrífugo de torsión:** Es una combinación de fuerzas que tienden a disminuir el paso de la hélice.
- c) **Fuerza de tracción:** Es una fuerza producida por las diferencias de presión entre las caras de la hélice. Esta fuerza da como resultado la tracción.
- d) **Momento aerodinámico de torsión:** Es una fuerza que tiende a aumentar el paso de la hélice.
- e) **Fuerzas vibratorias:** Son fuerzas que se producen en la punta de la pala.
- f) **Fuerza de reacción:** Es una fuerza del mismo valor y contraria a la fuerza del motor. (Astudillo, 2015)

#### 2.7.6 Especificaciones de Hélice

Como idea general cabe afirmar que las fuerzas que se producen en una hélice aérea durante su funcionamiento tienen cierta semejanza con las fuerzas que se desarrollan en los planos de un avión durante el vuelo.

Tan pronto como una corriente de aire incide sobre un perfil, cuya sección representamos en la siguiente figura, la fuerza de esta corriente se descompone en dos fuerzas, una llamada sustentación, y otra, resistencia.



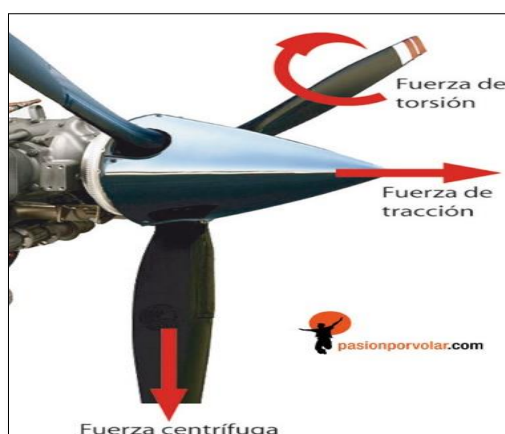
**Figura 16** Especificaciones de las palas

**Fuente:** (Astudillo, 2015)

Consiste la sustentación en una fuerza vertical a la dirección de la corriente. La fuerza horizontal recibe el nombre de resistencia al avance.

Conviene advertir que al detallar algunos puntos las palas de una hélice se emplean iguales términos que al referirse a los mismos puntos en un plano del avión, ya que, como podemos observar, el corte transversal de una pala es muy semejante al del plano del avión.

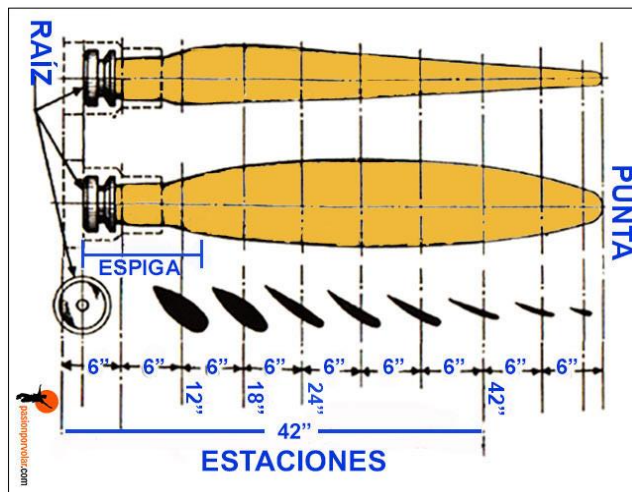
Los cortes transversales de la pala de una hélice son : la raíz o mango de la pala es la parte que se ajusta al cubo o zona central de la hélice; la punta es el extremo opuesto a la raíz, y su terminación es, generalmente, redondeada o achatada. (La punta de la pala tiene la sección más delgada que el resto de ella.



**Figura 17** Estaciones de una pala

**Fuente:** (Göde, 2016)

La espiga de la pala es la porción que se encuentra más cerca de la raíz y es la parte más gruesa, con el fin de proporcionar solidez a la pala. La parte de la espiga que se ajusta a la raíz es, normalmente, cilíndrica. Para determinar los distintos puntos o espacios de una pala se suele dividir en distancias convencionales a lo largo de ella, tomadas desde el centro del cubo. Estas medidas se llaman estaciones y su utilidad reside en proporcionar un medio eficaz para localizar las marcas y los puntos en el que hay que medir los ángulos. Las estaciones se suelen medir en distancias de 6".



**Figura 18** Estaciones

**Fuente:** (Göde, 2016)

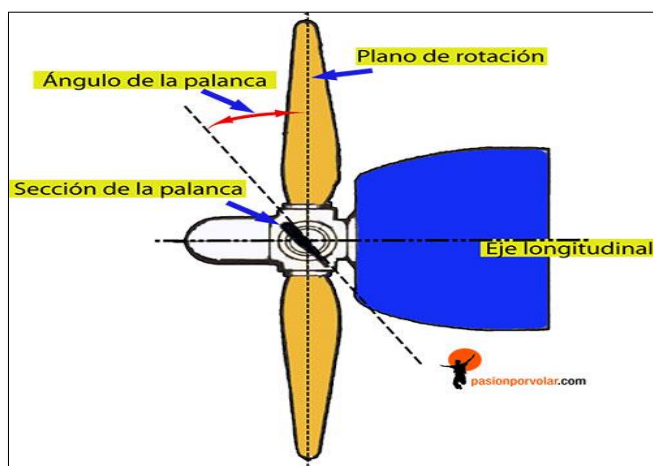
Por lo común, las palas traen reseñado el número de serie, tipo de la pala, ángulo de la misma y, algunas veces, especificaciones técnicas que deben utilizarse para el mantenimiento de dicha hélice. Estos datos suelen hallarse en el intradós de una pala y entre las estaciones 18 y 24. (Göde, 2016)

### 2.7.7 Ángulo de una Pala

Muestra la figura siguiente se muestra un dibujo, incompleto, de una hélice de 4 palas en el que sólo se reseñan dos de éstas y la sección transversal de una tercera.

En esta figura podemos observar como el plano de rotación de la hélice se encuentra completamente vertical al eje longitudinal, que es donde va instalada la pala.

Para conseguir un empuje, debemos poner la pala con un cierto ángulo con el plano de rotación, de igual forma que se colocan con un cierto ángulo las alas de un avión, en orden al plano de la dirección de vuelo. (Carrasco, 2011)



**Figura 19** Angulo de la Pala

**Fuente:** (Göde, 2016)

En tanto que la hélice gira, se combinan en ella dos movimientos, uno de giro sobre su eje y otro de tracción, que es el que se aprovecha para arrastrar el avión. Esto explica que cualquier sección de la pala esté animada de un recorrido por el aire en forma helicoidal o de tornillo y que sea mayor su trayectoria a medida que esta sección está más próxima a la punta.

Se representa en esta figura cómo un punto, en una sección de la pala, describe una espiral de trazo pequeño, mientras la espiral trazada por el punto que se encuentra más cerca de la punta de la pala es de un diámetro mayor.

Señalemos que en una vuelta de la pala, todos los puntos o secciones se mueven hacia adelante la misma distancia; pero las secciones que se encuentran cerca de la punta se mueven con un círculo más grande, ya que su diámetro es mayor. (Carrasco, 2011)

### 2.7.8 Giro de la Hélice

Como sucede con un tornillo mecánico, la hélice puede girar a derechas o a izquierdas, según sea el funcionamiento del motor donde va instalada. Lógicamente, las hélices con giro a derechas y las de giro a izquierdas no pueden ser las mismas, ya que sus bordes de ataque y salida tienen que estar en distinta posición.



Se llama hélice con giro a derechas cuando, mirada desde la parte posterior del avión, la hélice gira en el sentido de giro de las agujas de un reloj, y se llama hélice con giro a izquierdas cuando el giro es contrario a las agujas del reloj.



**Figura 20** Hélice tractoras y Propulsoras

**Fuente:** (Ecuared, 2011)

Es tractora cuando va montada en el motor en posición normal, es decir, que arrastra al avión hacia adelante. (Ecuared, 2011)

### 2.7.9 Montaje de una Hélice

Este sistema es el usado por casi todos los tipos de hélices, tanto de madera como metálicas, presenta la parte central de la hélice, llamada cubo, un estriado interior, que sirve para acoplar la hélice en el eje del cigüeñal o la prolongación de este si el motor va equipado con reductor.

Importa señalar que en la hélice de madera el cubo va unido a la hélice por una serie de tornillos pasantes que lo hacen solidario a ella. En las hélices metálicas el cubo está hecho de una sola pieza, con las abrazaderas que sujetan las palas. (Administration, 2012) (CESSNA, Catalgo ilustrado de partes Avion Cessna 150M, 1976)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Preliminares

En este capítulo se detallan todos los procedimientos para el overhaul de una hélice de la aeronave CESSNA 150M con motor O-200-A, desde la limpieza, el desmontaje paso a paso así como también las correcciones que se realizó utilizando métodos y procedimientos propios del manual de la aeronave, conocimientos adquiridos en todo el tiempo de estudio en la Unidad de Gestión de Tecnologías, para así impartir a los estudiantes el anhelo de poder realizar prácticas en una aeronave real siguiendo todos los procedimientos adecuados para un overhaul de hélice.

#### 3.2 Introducción

A continuación, vamos a detallar paso a paso todo el desarrollo de un Overhaul de Hélice siguiendo el siguiente manual:

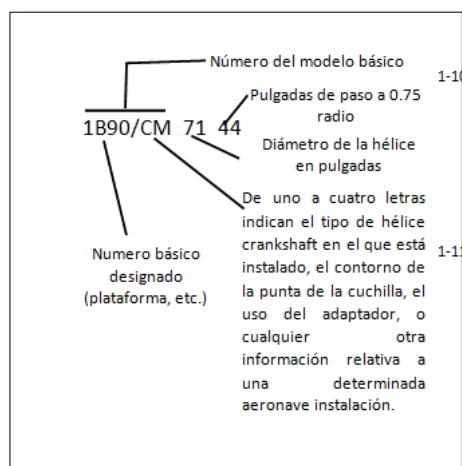
- SERVICE MANUAL N° 730720
- FAA-DOA APPROVED
- OVERHAUL-PARTS FOR McCAULEY PROPELLERS SYSTEMS

(Ver anexo A)

El Manual de Overhaul contiene instrucciones de pruebas de los ensambles de hélice de paso fijo fabricados por McCauley corporación industrial.

Las hélices de esta serie de modelos están fabricadas en aleación de aluminio anodizado de una sola pieza y tiene un paso fijo.

Para la identificación de cada cubo de hélice está estampado con su completo número de modelo, número de serie, la agencia federal de aviación (FAA) escribe el número de certificado, numero de certificado de producción, el número de veces que la hélice ha sido reacondicionado, el número completo del modelo es una combinación de los números básicos del modelo, números de sufijos para indicar el diámetro y paso de las hélices. (Ver anexo B)



**Figura 21.** Modelo de Hélice

### 3.3 Limpieza

Limpiamos la hélice y todas las piezas de fijación devueltas en una mezcla que contiene 1/3 de aceite lubricante, especificación ML-L-6082, Grado 1030 y 2/3 de solvente, especificación federal P-D-680, tipo II (disolvente stoddard). Eliminamos los depósitos pesados y fuertemente adheridos con un cepillo de cerdas suaves como nos indica en el Overhaul manual (Ver anexo C, Section II Overhaul Instruction)

**Ojo:** No utilizar un cepillo de acero u otro metálico de cerdas duras, ni una herramienta para eliminar los depósitos, causaría corrosión y ralladuras.

Después de la limpieza, se deja que las piezas se sequen al aire o utilice un chorro de aire comprimido limpio y seco para eliminar el exceso de mezcla.

Proteger las piezas del polvo y la suciedad durante el almacenamiento y la manipulación para su revisión. Se recomienda que las piezas pequeñas se guarden en bolsas plásticas transparentes.



**Figura 22.** Limpieza con Alcohol Industrial



**Figura 23.** Limpieza

### **3.4 Desmontaje**

Las clavijas se retiraron de los bujes de la hélice y de los espaciadores para permitir la inspección de partículas penetrantes y magnéticas.



**Figura 24** Remoción de los Espaciadores



**Figura 25** Remoción de Hélice

### 3.4.1 Remoción de pasadores.

Retiramos los pasadores del buje de la hélice cuando contenga sólo 2 pasadores (sin espaciador), se procedió de la siguiente manera de acuerdo al manual de servicio overhaul (ver Anexo C, Section II Overhaul Instruction).

- a) Cubo de soporte, con los pasadores hacia abajo, sobre paralelos en la base o una prensa de mandril de modo que haya suficiente espacio para el pasador.
- b) Insertamos una varilla del diámetro y la longitud adecuados en el orificio pasante del cubo para conectar el pasador.
- c) Usando el eje de la prensa de mandril, forzamos o aplicamos con fuerza el pasador para sacarlo del cubo.
- d) Repetimos los pasos b y c para el segundo pasador.



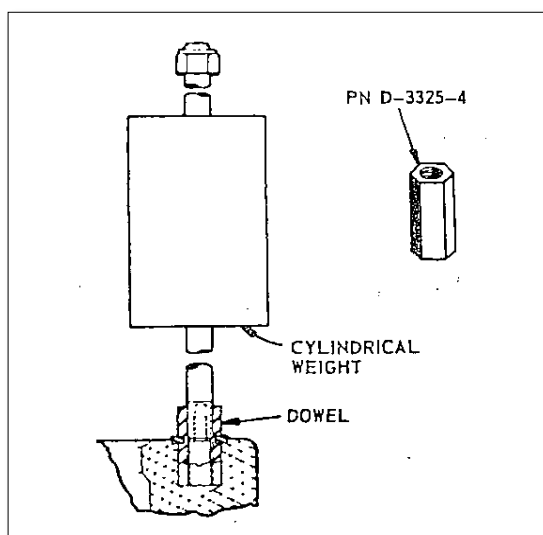
**Figura 26** Remoción de Pasadores



**Figura 27** Remoción

Cuando los pasadores se instalan en agujeros ciegos, retírelos de la siguiente manera:

- a) Para pasadores que tienen roscas internas, sujete el cubo de la hélice en el tornillo de banco de mordaza lisa para que los pasadores sean accesibles.
- b) Instalamos el extremo roscado del extractor de pasadores, PN D3325, con el pasador apretado a mano.
- c) Sujetamos el peso cilíndrico con el removedor de pasador y martillo contra la tuerca para extraer el pasador.



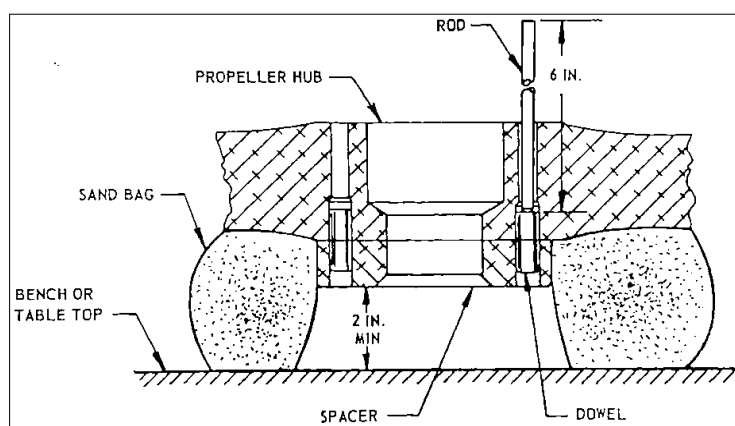
**Figura 28** Extractor de Pasadores

Para los pasadores sin rosca interior, se procede de la siguiente manera:

- a) Para una herramienta de barra, taladre en el centro un extremo de una barra de acero de 1-5/16 pulgadas de diámetro por 1 pulgada de largo.
- b) Arrojamus un centro en una prensa del taladro.
- c) Coloque el cubo en la prensa de perforación con el pasador debajo del centro.
- d) Centre un dado de roscado de 1/2-20NF sobre el pasador.
- e) Coloque la herramienta de la barra con el extremo perforado en el centro hacia arriba en la matriz de roscado.
- f) Baje la prensa de taladro para que el centro encaje en la herramienta de barra.
- g) Aplicando presión firme y constante a la prensa de taladrar, gire la matriz de trilla en el sentido de las agujas del reloj con una llave estándar.
- h) Deje de girar cuando la parte inferior del dado esté contra el cubo.
- i) Sujete el cubo en el tornillo de banco de mordaza lisa. Instale el adaptador de pasador de 1/2 pulgada, PN D-3325-4, en el extremo del removedor de pasador, PN D-3325, y fíjelo al pasador a mano.
- j) Agarre el peso cilíndrico del removedor de pasador y martille contrala tuerca para extraer el pasador.

Para separar el separador del cubo y quitar los pasadores, proceda de la siguiente manera:

- a) Apoyar la hélice anidándola entre dos bolsas llenas de arena, colocadas tan cerca del cubo como sea posible con el espaciador hacia abajo.
- b) Seleccione un pedazo de diámetro apropiado, de aproximadamente 6 pulgadas de largo, e insértelo en el orificio del pasador.
- c) Con un ligero golpe de martillo, golpee alternativamente un pasador y luego el otro para liberar el zapato de la hélice. Deje suficiente espacio (aproximadamente 2 pulgadas) para que el espaciador se separe del cubo.
- d) Si el espaciador tiene clavijas con reborde instaladas en la cara posterior, retírelas primero como en el párrafo 3.2.1, y luego retírelas.



**Figura 29** Extracción de espaciadores y pasadores

### 3.5 Inspección

#### 3.5.1 Definición de los Defectos.

Los tipos de daños y defectos que pueden observarse en las piezas de este ensamblaje que se definen de la siguiente manera:

**Fisuras.** - Una sección pequeña y delgada de metal que se extiende más allá de una superficie regular, localizada generalmente en una esquina o en el borde de una perforación o agujero.



**Corrosión.** - Pérdida de metal de la superficie por acción química o electroquímica. Los productos de corrosión generalmente se eliminan fácilmente por medios de químicos. El óxido de hierro es un ejemplo de corrosión.

**Grieta.** - Una separación física de dos porciones adyacentes de metal, evidenciada por una línea fina o delgada que atraviesa la superficie, causada por la tensión excesiva en esa superficie, causada por la tensión excesiva en ese punto. Puede extenderse desde la superficie desde unas pocas milésimas de pulgada hasta completamente a través del espesor de la sección.

**Corte.** - Pérdida de metal, generalmente a una profundidad apreciable sobre una área relativamente larga y estrecha, por medios mecánicos, como ocurriría con el uso de una hoja de sierra, cincel o piedra de borde afilado que realiza un golpe oblicuo.

**Abolladura.** - Hendidura en una superficie metálica producida por un objeto que golpea con fuerza. La superficie de un objeto que rodea la hendidura por lo general se altera ligeramente.

**Erosión.** - Pérdida de metal de la superficie por la acción mecánica de objetos forjados, como arena fina o arenilla. El área erosionada será áspera y puede estar alineada en la dirección en la que el material extranjero se movió en relación con la superficie.

**Abrasión.** - Ruptura o deterioro de la superficie metálica por acción vibratoria o de vibración. Por lo general no hay pérdida de metal o agrietamiento de la superficie, pero en general muestran un aspecto similar.

**Gubia.** - Ranuras en la superficie metálica por el contacto de material extranjero bajo fuerte presión. Por lo general indica pérdida de metal, pero puede ser en gran medida el desplazamiento del material.

**Inclusión.** - Presencia de materiales extraños totalmente con una porción de metal. Tal material se introduce durante la fabricación de la barra en tubería por laminación o forja.

**Nick.** - Rotura local o en el borde, generalmente desplazamiento de metal en lugar de pérdida.

**Picadura.** - Ruptura aguda y localizada (cavidad pequeña y profunda) de la superficie metálica, generalmente con bordes definidos.

**Rasguño.** - Ligerio desgarro o rotura en la superficie metálica debido a un contacto ligero y momentáneo con el material extraño.

**Score.** - Rasgadura o rotura más profunda (que los rasguños) en la superficie metálica debido al contacto bajo presión. Puede mostrar decoloración debido a la temperatura producida por la fricción.

**Mancha.** - Un cambio en el color, localmente, causando un aspecto diferente notable del área circundante.

**Alteración.** - Un desplazamiento de materiales más allá del contorno o superficie normal (una protuberancia local). Generalmente indica que no hay pérdida de metal.

### **3.6 Definición de las Mediciones.**

La inspección adecuada de las hélices incluye la medición de la anchura, el espesor, la alineación de los bordes y de la cara, y los ángulos de las palas de ambas palas en varias estaciones, estas mediciones se definen de la siguiente manera. (Ver anexo D sección II, Figura 2-3)

**Ángulo de aspas.** - Ángulo ("menos de 90°") entre la línea de la cuerda, la sección del aspa de la hélice y un plano perpendicular al eje de rotación de la hélice.

**Lado de inclinación.** - Lado curvado del aspa de la hélice sobre el cual el aire se mueve a presión reducida para crear empuje cuando la hélice gira.

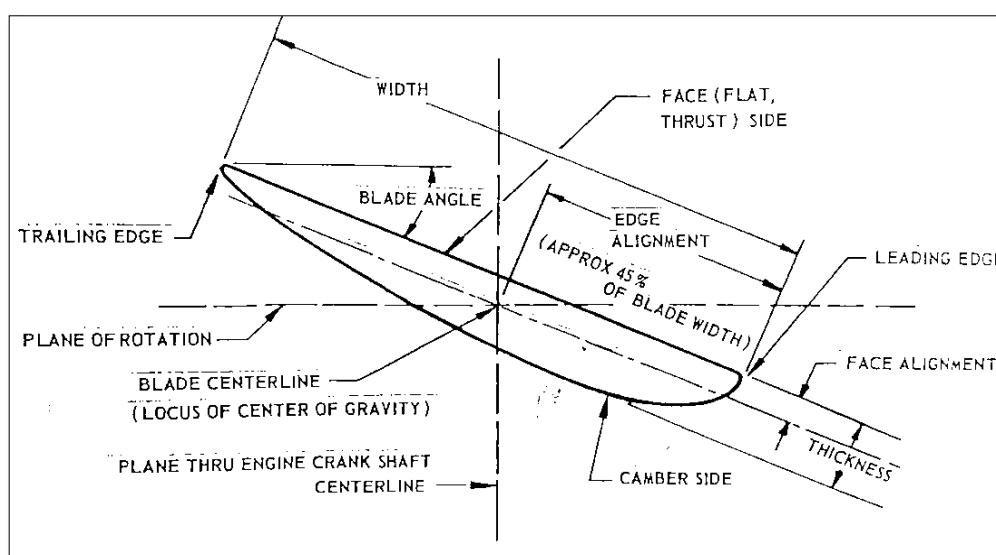
**Línea de cuerda.** - Una línea recta trazada entre los bordes de inclinación y de salida de la hoja.

**Alineación del borde.** - Distancia desde la línea central de la hoja hasta el borde de ataque, a lo largo de la línea de cuerda.

**Alineación de la cara.** - Distancia desde la línea central de la cuchilla hasta el punto más alto en el lado de la cara perpendicular a la línea de la

cuerda, el lado de la hélice contra el cual la presión relativamente más alta actúa para producir empuje cuando la hélice está en movimiento.

**Inclinación.** - Para los propósitos en el manual, el término inclinación se refiere al paso geométrico de la hélice de la sección de las aspas en aproximadamente 3 / 4 del radio, ésta es la distancia teórica que el elemento de la hélice (saturación) se movería hacia adelante si se moviera a lo largo de una hélice con un ángulo igual al ángulo de la sección de las aspas.



**Figura 30** Mediciones

### 3.7 Requisitos del equipo.

Se recomiendan los siguientes equipos y herramientas, que deben estar disponibles HÉLICE (ASPAS) - El lugar de los centros de gravedad de las secciones del aspa des del cubo (centro del cigüeñal) hasta la punta. Generalmente dentro del aspa en todas las secciones.

**Línea de la estación.** - Una de las distancias designadas a lo largo del aspa medida desde el centro del centro del cubo perpendicular a la línea central del aspa.

**Grosor.** - Distancia entre los estanques más altos en los lados de inclinación y de cara.

**Ancho.** - Distancia entre los bordes de ataque y bordes posteriores.

### **3.7.1 Requisitos para realizar las inspecciones y reparaciones necesarias.**

**Mesa de trabajo.** -Una mesa que proporciona una superficie lisa y nivelada, de 2 a 3 veces el ancho y largo del cubo de la hélice para extenderse más allá de las puntas de las aspas. Se debe proporcionar un pedestal que esté centrado con precisión en la mesa y que centre y sujete rígidamente la hélice la superficie de la mesa se debe trazar con una línea central longitudinal y líneas de la estación en ángulos rectos.

**Protector.** -Un protector ajustable para medir ángulos de curvatura de hemorragias dañadas.

**Herramientas para doblar.** - Herramientas adecuadas para doblar las cuchillas dañadas a fin de recuperar las dimensiones adecuadas.

### **3.8 Inspección Visual**

Se inspecciono visualmente todas las piezas para detectar daños o defectos ya antes definidos. Verifique que el acabado de la superficie (anodizado o chapado) no esté roto, astillado o pelado (si se pela, busque la corrosión).

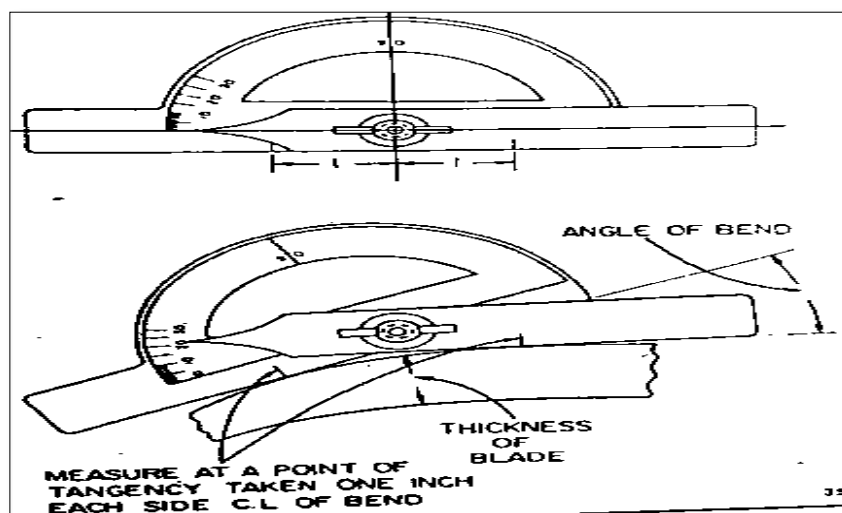
Las manchas y las leves marcas superficiales (no perceptibles para uñas) son normales y no son solo causas de rechazo o reemplazo.

Si una cuchilla está doblada en la alineación de la cara, mida el ángulo de curvatura con un transportador. Observe que la medición debe tomarse entre los puntos de tangencia, 1 pulgada a cada lado de la línea central de la curva. Rechace las cuchillas que tengan dobleces en la alineación de la cara que excedan el permitido para la reparación en frío.

Mire a lo largo de la hélice desde la punta de la cuchilla al cubo hasta la punta de la cuchilla, para determinar la inclinación de la alineación de la cara de una cuchilla en relación con la otra. La condición adecuada es una línea recta desde la punta hasta el centro de la punta.



**Figura 31.** Inspección Visual



**Figura 32.** Protección de la medida del Angulo de la Hélice

### 3.9 Reparaciones.

#### 3.9.1 En las Hojas.

Al realizar las reparaciones autorizadas de las cuchillas dañadas, realice controles frecuentes para asegurarse de que el ancho y el grosor no sean menores que los valores dados.

### 3.9.2 Curvas de alineación de caras.

Se endereza los dobleces que no excedan lo permitido por flexión en frío en la dirección opuesta, se sujeta el cubo de la cuchilla a un pedestal rígido vertical en la misma mesa que se usó para la inspección, se procede de la siguiente manera:

- a) Preparamos una herramienta de doblado adecuada de acero de 1 pulgada de espesor con una ranura de aproximadamente 1 pulgada de ancho y 3 pulgadas de largo sujeta a una manija de tubo de ID de 2 pulgadas o 5 pies de largo para que el eje longitudinal de la ranura esté en ángulo recto con el manejar el eje Redondea los cuatro bordes de la ranura. Ubique la ranura en el punto correcto de la cuchilla, inserte piezas planas de aleación de aluminio tratada térmicamente de 1/8 de pulgada de espesor entre las superficies de la cuchilla y la herramienta, y tire de la palanca de la herramienta a lo largo del eje longitudinal (línea central de la hélice) de la cuchilla en la dirección requerida para quitar el doblez y enderezar la cuchilla. Para curvas de radio grande que se extienden a lo largo de la cuchilla, ubique la cuchilla en la plataforma de una prensa hidráulica con soportes en el lado opuesto de la curva y realice la corrección original con el pistón de la prensa. Las correcciones finales se pueden hacer con la herramienta de doblado.
- b) Haga ajustes menores o alteraciones en la alineación de la cara según sea necesario:
  1. Realice las correcciones de ángulo que sean necesarias en todas las estaciones de cuchillas. Compruebe los ángulos y la alineación de la cara con frecuencia ya que cada uno cambiará a medida que el otro se ajuste.
  2. Ponga la segunda cuchilla en tolerancia con la primera doblando hacia arriba o hacia abajo según sea necesario
  3. A medida que las cuchillas se doblan hacia arriba o hacia abajo, los ángulos de la estación y la alineación de la cara cambiarán. Tanto el ángulo como la alineación de la cara deben ajustarse para que alcancen los valores adecuados al mismo tiempo.

4. Después de enderezar, inspeccione la cuchilla en busca de grietas y otros defectos.

### **3.9.3 Curvas de alineación de bordes.**

De acuerdo al manual no se debe intentar reparar las cuchillas dobladas en la alineación de los bordes, porque la cantidad de doblez es pequeña, en tales casos, recorte el borde anterior de la cuchilla "plus" y repare para coincidir con la cuchilla opuesta. Si es necesario, eche hacia atrás el borde posterior de la hoja opuesta para hacer coincidir el ancho de las estaciones similares en ambas hojas. La alineación de los bordes entre las hojas no debe diferir en más de 0,062 pulgadas. (Ver Anexo E)

### **3.9.4 Corrección del ángulo de la cuchilla**

Se utiliza una herramienta similar a la utilizada para quitar las curvas, excepto que las dimensiones de los tornillos deben ser un poco más anchas y de 7 cm de largo. Proporcionar almohadillas para cojinetes de cuero de 1/4-pulgada remachadas a una tira de respaldo de 3/16-pulgada de grosor de las dimensiones de la superficie del cojinete de aleación de aluminio con tratamiento térmico debe ser 1-1 / 2 por 4 pulgadas.

Restrinja el conjunto de cuchillas mediante la rotación sujetando el cubo de la hélice en un traje, el accesorio de banco de modo que la cuchilla quede horizontal. Deslice la misma herramienta de corrección de ángulo sobre la cuchilla en la siguiente ubicación: la estación que se va a retorcer, ubique una almohadilla de cojinete en cada lado de la cuchilla y en los extremos opuestos de la ranura con las dimensiones más largas de la pastilla paralelas al eje longitudinal de la cuchilla y tire de la manija para girar la hoja de la cuchilla para corregir el ángulo.

### **3.9.5 Defectos superficiales.**

Para evitar una cantidad excesiva de metal, durante el proceso de eliminación de cortes o arañazos. Utilice los archivos de corte fino y la tela de esmeril adecuados para eliminar defectos. Luego, termine suavemente la superficie con una tela de lija No ° 320. Repare las reparaciones superficiales en defectos faciales de la siguiente manera:

- a) Los abolladuras, cortes, cicatrices, arañazos y rasguños se deben quitar o tratar como se explica a continuación, siempre que su eliminación o tratamiento no debilite materialmente la cuchilla, reduzca materialmente su peso ni afecte materialmente su rendimiento.
- b) Remueva el metal alrededor de grietas superficiales longitudinales, cortes estrechos y rasguños superficiales para formar depresiones poco profundas en forma de platillo. Las cuchillas se considerarán inservibles si requieren la remoción de metal formando una depresión terminada de más de 1/16 de pulgada de profundidad, 3/8 de pulgada de ancho (total) y 1 pulgada de largo (total).

### **3.9.6 Defectos del borde frontal y posterior.**

Repare los defectos de los bordes anteriores y posteriores de la siguiente manera:

Para todas las hélices, elimine los cortes, las cicatrices y los daños en los bordes delanteros de la estación de 30 pulgadas con una lima de media caña hasta una profundidad de 1/16 de pulgada más profunda que la dañada. Luego suavemente desde el borde de ataque hasta la parte inferior de la cavidad archivada. Vuelva a trabajar la hoja opuesta al mismo ancho que la hoja reparada. 1/8 de pulgada, cuando "ensamble", mueva la lima en una dirección que siga la longitud de la hoja. Use la lima de avutarda de molino para "redondear" el borde desafilado a un radio aproximado de 1/16 de pulgada, mezclándose según sea necesario cuando se mueva hacia adentro desde la punta. Utilice un paño de esmeril de grano 80 y luego 120 para pulir las superficies y eliminar las marcas de lima.

### **3.10 Montaje**

Muchos de los modelos de hélices cubiertos en este manual no están sujetos a montaje antes de su instalación en el cigüeñal del motor. Para la aplicación, véanse las vistas de despiece del conjunto de la hélice en la Sección IV, del Service Manual N° 730720 (Ver anexo F) y las listas de piezas aplicables, para las piezas asociadas que se utilizan con la hélice. Las partes asociadas deben instalarse como se muestra en las ilustraciones.



Consulte la siguiente tabla para conocer el torque que se utilizará al instalar los pernos, ya sea durante el montaje de la hélice o durante la instalación en el cigüeñal del motor.

TORQUE DE INSTALACIÓN

Perno o Tuerca Diámetro Pulgada	Par de torsión en seco	
	Libra-Pies	Libra-Pulgadas
3/8	30 to 25	360 to 300
7/16	45 to 40	540 to 480
1/2	65 to 55	780 to 660

**Torque de Instalación.**

**3.10.1 Montaje de Espiga y Espaciador.**

Se consulta la vista explosionada del conjunto de la hélice e se instala clavijas y espaciadores en el cubo de la hélice de la siguiente manera:

- a) Compruebe el diámetro de los pasadores y los respectivos orificios del espaciador y del cubo en los que se aprietan. Si el diámetro de la pieza no es por lo menos 0,0005 pulgadas más grande que el orificio, entonces se debe usar una pieza de mayor.

Ubique el espaciador en la mesa de la prensa de eje, con el cubo de la hélice hacia arriba.

- b) Aplique una capa de aceite a cada pasador seleccionado y presione en el espaciador. La ubicación final se hará después de la instalación en el cubo de la hélice. La extensión de ambos pasadores por encima de la cara del espaciador debe ser la misma.
- c) Ubique el cubo de la hélice en la mesa de la prensa de ejes, con el espaciador hacia arriba.

Si se va a fijar el tabique trasero del rotor entre el cubo y el espaciador, coloque el tabique en el cubo alineando todos los orificios. (Si el tabique tiene orificios para las palas de la hélice, deben estar correctamente ubicados.

Alinee el espaciador de modo que los pasadores encajen en los orificios del cubo y presione el espaciador firmemente contra el cubo (o el tabique y el cubo). No se permite ninguna holgura (o aflojamiento del mamparo).

d) Inserte la varilla en el pasador de contacto y presione el pasador a la dimensión adecuada desde la cara superior (posterior) del espaciador.

### **3.10.2 Ensamblaje de pasador y buje.**

Se instaló los pasadores en los cubos de las hélices, que no tienen espaciadores, de la siguiente manera:

- a) Ubique el cubo de la hélice en la mesa de la prensa de eje con los agujeros de los pasadores hacia arriba. En la mayoría de los casos, estos orificios no se perforan a través de ellos y se contrabandean para recibir el anillo de retención del pasador.
- b) Aplique una capa de aceite a cada pasador seleccionado y presione en su lugar, de mayor longitud primero, hasta que el hombro (anillo) quede asentado en el avellanador.

En algunos casos, se instalan pasadores con reborde en la cara posterior del espaciador. Instale estos pasadores, pero sólo después de haber montado el espaciador en el buje de la hélice.

## **3.11 Revisión**

### **3.11.1 Instalación de rotámetro.**

El montaje de la instalación del rotámetro se completa cuando la hélice se instala en la pestaña del cigüeñal del motor. Algunas instalaciones tienen el tabique trasero sujetado entre el cubo de la hélice y el espaciador. Otras instalaciones pueden tener el tabique delantero sujetado por los pernos o tuercas de montaje y el tabique trasero sujetado entre la hélice y la pestaña del cigüeñal o el engranaje del anillo de arranque. Algunas instalaciones utilizan un soporte espaciador presionado en el orificio del cubo de la hélice delantera. Seleccione la vista de despiece apropiada del ensamble de la hélice y ensamble la instalación de la hélice. Apriete los pernos de montaje de la hélice con el torque correcto.

a. Según corresponda, conecte el alambre de seguridad entre los pares de cabezas de pernos perforados.

b. Cuando se requieran cuñas para la ubicación del soporte del rotor, seleccione la cantidad y el espesor de modo que los orificios de los tornillos de la carcasa del rotor estén desalineados con el orificio de tabique trasero o las tuercas por el diámetro de 1/2 orificio. Use por lo menos una cuña de millar para hacer contacto con las cabezas de los pernos.

c. Cuando se hayan determinado las cuñas correctas, presione o golpee ligeramente el soporte en el orificio del cubo, aplique fuerza a la carcasa del rotor hacia la hélice para alinear los orificios de los tornillos con los orificios de tabique o las tuercas e instale las arandelas y los tornillos.

### **3.12 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA**

#### **3.12.1 EQUILIBRIO ESTÁTICO**

Después de la reparación, compruebe el equilibrio estático de la hélice utilizando un equipo de equilibrado adecuado que tenga una sensibilidad de menos de 0,6 onzas (el eje debe girar en las guías de equilibrio con un peso inferior a 0,6 onzas a una distancia de 1,00 pulgadas del centro). Trabajando en un cuarto libre de corrientes de aire, verifique el balance de la siguiente manera: (Ver anexo G)

a. Se instaló un perno de sujeción adecuado en el orificio del cubo de forma que haya una longitud suficiente de perno de sujeción en el orificio del cubo de forma que se extienda una longitud suficiente a ambos lados del cubo para permitir su colocación en un soporte de equilibrado de doble filo de cuchilla.

La sensibilidad del mandril de la balanza no debe exceder 0.6 onzas de pulgada. Los soportes de equilibrio deben proporcionar un plano absolutamente horizontal a lo largo de toda su longitud de trabajo. Si los caminos no son verdaderos, una hélice puede balancearse con el rodamiento del árbol en una línea a través de los caminos, y aparentemente no balancearse con el árbol en una línea diferente a través de los caminos. Si el eje no es lo suficientemente sensible, una

hélice puede estar lo suficientemente desequilibrada como para provocar una operación brusca cuando se instala en la aeronave.

- b. Se colocó la hélice en el soporte de equilibrado y coloque las palas en posición horizontal. Si la hélice está en el lado de la inclinación, trabajando fuera de la culata a lo largo de todo el recorrido y preferiblemente desde las secciones exteriores donde el efecto es magnificado. No exceda los anchos o espesores mínimos permisibles indicados en la Sección IV. Asegúrese de mantener el contorno de la sección.
- c. Se colocó las cuchillas en posición vertical. Si la hélice tiende a girar, retire el material del lado pesado del buje. No exceda las dimensiones mínimas del cubo como se muestra en la Sección IV. Como método alternativo para corregir el desequilibrio vertical, especialmente para palas dobladas ligeramente fuera de la alineación del borde, trabaje el lado pesado de la hélice en el borde de ataque de una pala y el borde de fuga de la pala opuesta. Retire la culata del lado de inclinación de la hoja y limpie a lo largo de la sección para mantener el contorno lo más posible. No exceda los anchos o espesores mínimos permisibles indicados en la Sección IV. (Ver Anexo H)
- d. Como comprobación final, la hélice terminada debe equilibrarse tanto horizontal como verticalmente sin mostrar una tendencia persistente a girar en cualquier dirección.

### **3.13 Análisis Económico**

#### **3.13.1 Presupuesto**

Se cotizó el presupuesto para la realización de este proyecto, en mano de obra como en materiales, alrededor de 2300 USD fue el gasto en todo el tiempo del proyecto.

#### **3.13.2 Análisis de costos**

Para la realización del trabajo de titulación de el OVERHAUL DE LA HÉLICE MCCAULEY DEL AVIÓN CESSNA 150 CON MATRÍCULA N2919V se cotizó los siguientes costos.

### 3.13.3 Costos primarios

Materiales y herramientas

**Tabla 4**

Costos primarios

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Pintura		100	100
Overhaul de hélice	1	100	900
Lubricantes	1	15	50
Equipos para el equilibrio estático	2	8	100
Transporte de la aeronave	N/A	N/A	500
<b>TOTAL</b>			<b>1650</b>

### 3.13.4 Costos secundarios

Trámites de solicitudes de graduación

Elaboración de textos

Varios

**Tabla 5**

Costos secundarios

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Trámites de solicitudes de graduación	15
2	Elaboración de textos	185
3	Varios (Transporte, alimentación)	450
	<b>TOTAL</b>	<b>650</b>

### 3.13.5 Costo total del proyecto de grado

**Tabla 6**

Costo total del proyecto

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Gastos primarios	1650
2	Gastos secundarios	650
	<b>TOTAL</b>	<b>2300</b>

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Con los conocimientos adquiridos durante mi preparación teórica-práctica en las asignaturas de especialidad e inglés técnico en toda mi carrera de estudios, se logró realizar de la mejor manera el overhaul de la hélice idéntico a una OMA.
- Las prácticas pre-profesionales fueron un pilar fundamental para la realización de este overhaul.
- Al finalizar el overhaul de la hélice McCauley se concluye la importancia de trabajar con el manual adecuado y correcto, el cual hace un trabajo con satisfacción y seguridad.

### 4.2 Recomendaciones

- Recopilar información exacta de lo que se va a realizar, importante los manuales de los fabricantes de cada componente.
- Tener en cuenta que un buen trabajo se lo realiza con los materiales y herramientas adecuadas, para evitar daños irreparables.
- El EPP (equipo de protección personal) debe ser muy exigente ya que la seguridad deber estar siempre presente en todo trabajo de mantenimiento aeronáutico.

## GLOSARIO

**Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Aeronavegabilidad:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.

**Mantenimiento:** Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

**Motor de la Aeronave:** Motor empleado o cuya intención es impulsar una aeronave. Incluye turbo sobre alimentadores, componentes y accesorios necesarios para su funcionamiento excluyendo las hélices.

**Overhaul:** este término denota un completo desmontaje y montaje que no es necesariamente aplicable a una hélice de paso fijo. El termino Overhaul y reacondicionado son sinónimos para una hélice de paso fijo.

**Reacondicionado:** la reparación de la hoja de mayor o menor daño causado por la erosión o pequeños golpes durante la operación normal. La hélice deberá ser inspeccionada penetrantemente, re acabado, y re balanceada. Reacondicionamiento es realizado en una base irregular que es necesaria y requerida.

**Reparación:** la corrección en una base irregular es necesariamente, de menor o mayor daño causado por un contratiempo físico. El aumento gradual y extenso del daño determina si la hélice puede o no ser reparada con un repulido. Si una hélice esta doblada o torcida, La reparación es importante y debe ser realizada de reacondicionamiento.

**Frecuencia de Overhaul:** este periodo de Overhaul no es recomendada para hélices de paso fijo. Ellos deberían ser reacondicionados o reparados de ser requeridos por las condiciones de la hoja de la superficie.

Los tornillos de fijación de la hélice deben ser ajustados con el torque adecuado, deben ser chequeadas una vez al año, los tornillos de fijación de la hélice deben ser inspeccionados penetrantemente cuando la hélice es removida desde la maquina por reacondicionamiento o reparación.



## ABREVIATURA

**EPP:** Equipos de Protección Personal

**AC:** Circular de asesoramiento

**TSO-C21:** Technical Standard Order ( Montaje de los turnbuckles especiales en una aeronave y/o Dispositivos de seguridad para turnbuckles).

**FAA:** Federal Aviation Administration.

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil

**AMM:** Manual de mantenimiento de la aeronave

**AD:** Directiva de aeronavegabilidad

## BIBLIOGRAFÍA

### Manuales

Administration, F. A. (01 de Enero de 2012). Aviation Maintenance Technician Handbook-Poweplant Volume 2. USA: FAA. Obtenido de <http://www.flight-mechanic.com/cylinder-baffle-and-deflector-system-inspection/>

Advisor, N. (21 de Marzo de 2016). *Geometria del Ala*. Obtenido de Geometria del Ala: [Kimerus.com//Geometria-y-paso-del-aire//en-las-Alas-81234.es](http://Kimerus.com//Geometria-y-paso-del-aire//en-las-Alas-81234.es)

Castillo, J. L. (17 de Mayo de 2012). *Nautice*. Obtenido de Nautice: [www.nauticexpo.es>helices-palas-21930](http://www.nauticexpo.es>helices-palas-21930)

CESSNA. (1975). Aircraft Inspection for the General Aviation Aircraft Owner Engines. En *Aircraft Inspection for the General Aviation Aircraft Owner Engines* (pág. 27). USA: CESSNA.

CESSNA. (1976). Catalgo ilustrado de partes Avion Cessna 150M. En *Catalgo ilustrado de partes Avion Cessna 150M*. USA: CESSNA.

Company, C. A. (17 de Agosto de 2014). *Cessna 150*. Obtenido de Cessna 150: <https://aeroclublujan.es.tl/Historia-de-la-aviaci%F3n.htm>

Company, Cessna Aircraft. (1975). En C. A. Company.

SMARTDRAW. (2017). *Símbolos de diagrama de flujo*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>

## Internet

### Web grafía

Administration, F. A. (01 de Enero de 2012). Aviation Maintenance Technician Handbook-Poweplant Volume 2. USA: FAA. Obtenido de <http://www.flight-mechanic.com/cylinder-baffle-and-deflector-system-inspection/>

Advisor, N. (21 de Marzo de 2016). *Geometria del Ala*. Obtenido de Geometria del Ala: [Kimerus.com//Geometria-y-paso-del-aire//en-las-Alas-81234.es](http://Kimerus.com//Geometria-y-paso-del-aire//en-las-Alas-81234.es)

Astudillo, A. (25 de Febrero de 2015). *Bajo mi Ala*. Obtenido de Bajo mi Ala: <https://bajomiala.blogspot.com/2015/02/cessna-1502.html>

Baylon, H. (21 de Diciembre de 2012). *Takeoffbriefing*. Obtenido de <http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-un-motor-alternativo-motor-a-piston/>

Carrasco, J. C. (2011). *Aviones*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/search?q=CESSNA+AIRCRAFT+COMPANY%2C+m%C3%A1s+conocido+solo+como+CESSNA%2C+es+un+fabricante+de+aviones+estadounidense+ubicado+en+la+ciudad+de+Wichita%2C+Kansas%2C+famosa+por+ser+la+sede+de+varias+compañías+constructoras>

Castillo, J. L. (17 de Mayo de 2012). *Nautice*. Obtenido de Nautice: [www.nauticexpo.es/helices-palas-21930](http://www.nauticexpo.es/helices-palas-21930)

CESSNA. (1975). Aircraft Inspection for the General Aviation Aircraft Owner Engines. En *Aircraft Inspection for the General Aviation Aircraft Owner Engines* (pág. 27). USA: CESSNA.

CESSNA. (1976). Catalogo ilustrado de partes Avion Cessna 150M. En *Catalogo ilustrado de partes Avion Cessna 150M*. USA: CESSNA.

Company, C. A. (17 de Agosto de 2014). *Cessna 150*. Obtenido de Cessna 150: <https://aeroclublujan.es.tl/Historia-de-la-aviaci%F3n.htm>

Company, Cessna Aircraft. (1975). En C. A. Company.

- EcuaRed. (2011). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Cessna>
- Göde, M. (30 de Noviembre de 2016). *wikiwand*. Recuperado el 2 de Julio de 2017, de [http://www.wikiwand.com/es/Cessna\\_150](http://www.wikiwand.com/es/Cessna_150)
- Jairo, L. (8 de Enero de 2013). *Takeoffbriefing*. Obtenido de <http://www.takeoffbriefing.com/como-funciona-el-sistema-de-refrigeracion-motor-alternativo/>
- Juan, C. (2018). Obtenido de <https://www.google.com.ec/search?q=CESSNA+AIRCRAFT+COMPANY%2C+m%C3%A1s+conocido+solo+como+CESSNA%2C+es+un+fabricante+de+aviones+estadounidense+ubicado+en+la+ciudad+de+Wichita%2C+Kansas%2C+famosa+por+ser+la+sede+de+varias+compañías+constructoras+>
- Raul, M. (15 de Mayo de 2014). *Taringa*. Obtenido de <https://www.taringa.net/sagaa012>
- Santos, V. (6 de Febrero de 2017). *Mecanica Aeronautica*. Obtenido de Mecanica Aeronautica: <https://mecanicasmith.weebly.com/motores-de-avion.html>
- SMARTDRAW. (2017). *Símbolos de diagrama de flujo*. Recuperado el 23 de Julio de 2017, de <https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>
- Tripod, M. (25 de Octubre de 2015). *Tripod*. Obtenido de Tripod: [http://mauriciov.tripod.com/helices\\_pag3.htm](http://mauriciov.tripod.com/helices_pag3.htm)
- Upm, A. (16 de Abril de 2015). *Motores Alternativos*. Obtenido de Motores Alternativos : <https://www.aero.upm.es>
- Wikipedia. (2 de Enero de 2018). *Wikipaida*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeron%C3%A1utico)

# ANEXOS

## ÍNDICE DE ANEXOS

- **ANEXO A:** Overhaul-parts for mccauley propellers systems
- **ANEXO B:** Identificación de la hélice
- **ANEXO C:** Limpieza, Remoción de pasadores
- **ANEXO D:** Mediciones
- **ANEXO E:** Reparaciones
- **ANEXO F:** Montaje
- **ANEXO G:** Equilibrio Estático
- **ANEXO H:** Tolerancias de la hélice
- **ANEXO I:** Hoja de vida

**ANEXO A**

**Overhaul-parts for mccauley propellers systems**

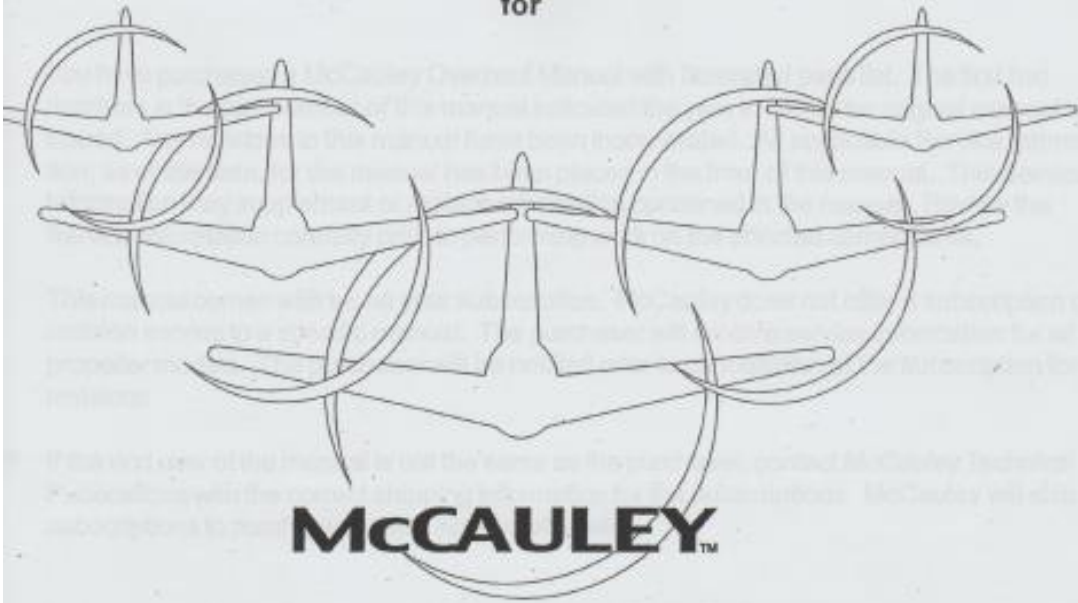
# service manual

NO. 730720

FAA - DOA APPROVED

OVERHAUL - PARTS

for



**FIXED PITCH**

**PROPELLERS**



**McCAULEY PROPELLER SYSTEMS**

The CESSNA Aircraft Company

3535 McCauley Drive

Vandalia, Ohio 45377

USA

## ANEXO B

### Identificación de la hélice

730720

Overhaul

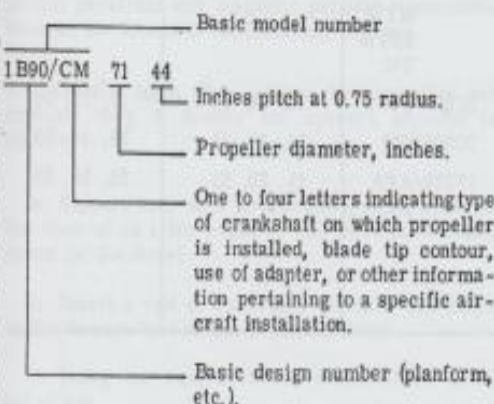
#### SECTION I - INTRODUCTION

1-1. Sections II and III of this manual contain overhaul and test instructions for the Fixed Pitch Propeller Assemblies manufactured by McCauley Industrial Corporation, Dayton, Ohio 45417.

1-2. Section IV contains blade dimension and angle data, repair limits and parts lists for the propellers covered by this Manual.

1-3. The propellers of this model series are manufactured of one-piece anodized aluminum alloy, and have a fixed pitch.

1-4. For identification the hub of each propeller is stamped with its complete model number, serial number, Federal Aviation Agency (FAA) type certificate number, production certification number, and the number of times the propeller has been reconditioned. (See figure 2-14.) The complete model number is a combination of the basic model number and suffix numbers to indicate the propeller diameter and pitch. An explanation of the complete model number is as follows:



1-5. Consult the FAA TC Data Sheet for details relating to the installation of Fixed Pitch propellers covered in this Manual. If such details are not available in the TC Data Sheet, inquire of McCauley Industrial Corporation. For convenience of the user, a Propeller Installation List, prepared by McCauley, is (may be) found in Section VI.

1-6. Table 1-1 is an alpha-numerical listing of propellers covered in this Manual. The Table is an index for the figures and tables of Section IV.

#### 1-7. DEFINITIONS OF PROPELLER SERVICING.

1-8. OVERHAUL. This term denotes a complete teardown and reassembly which is not necessarily applicable to a fixed pitch propeller. The terms "overhaul" and "reconditioning" are synonymous for a fixed pitch propeller.

1-9. RECONDITIONING. The repair of major or minor blade damage caused by erosion or striking small objects during normal operation. The propeller shall be penetrant inspected, refinished, and rebalanced. Reconditioning is accomplished on an irregular basis as necessary and required.

1-10. REPAIR. The correction, on an irregular basis as necessary, of minor or major damage caused by a physical mishap. The amount, degree and extent of damage determines whether or not the propeller can be repaired without refinishing. If a propeller is bent or twisted, the repair is major and reconditioning must be accomplished.

1-11. FREQUENCY OF OVERHAUL. There is no recommended overhaul period for fixed pitch propellers. They shall be reconditioned or repaired as required for blade surface conditions. The propeller mounting bolt torque should be checked at least once a year. Propeller mounting bolts should be penetrant inspected whenever the propeller is removed from the engine for reconditioning or repair.



## ANEXO C

### Limpieza, Remoción de pasadores

#### 2-1. CLEANING.

2-2. Clean propeller and all returned attaching parts in a mixture consisting of 1/3 lubrication oil, Specification MIL-L-6082, Grade 1030, and 2/3 solvent, Federal Specification P-D-680, Type II (Stoddard Solvent). Remove heavy and tightly adhering deposits with a soft bristle brush.

#### CAUTION

Do not use a steel, other metal, or hard bristle brush, or a tool of any type to remove deposits.

2-3. After cleaning allow parts to air dry, or use a gentle stream of clean, dry compressed air to remove excess mixture.

2-4. Protect parts from collecting dust and dirt during storage and handling for overhaul. It is recommended that the small parts be kept in transparent plastic bags.

#### 2-5. DISASSEMBLY.

2-6. DOWEL AND SPACER REMOVAL. Dowels must be removed from propeller hubs and spacers to permit penetrant and magnetic particle inspections. Remove the dowels in the following manner:

2-7. Dowels from Hub. When the propeller hub contains only 2 dowels (no spacer), proceed as follows:

- a. Support hub, with dowels down, on parallels on the base of an arbor press so that there is sufficient space for the dowel.
- b. Insert a rod of the proper diameter and length in the through hole of hub to contact dowel.
- c. Using the ram of arbor press, force dowel out of hub.
- d. Repeat steps b and c for second dowel.
- e. When dowels are installed in blind holes, remove in the following manner:

1. For dowels that have internal threads, clamp propeller hub in smooth-jaw vise so that dowels are accessible.

2. Install threaded end of pin remover, PN D-3325, in dowel hand tight (see figure 2-1).

#### CAUTION

Pin remover must always be held with its centerline in line with that of dowel. Hold weight firmly so that pin remover does not slip from hands when dowel comes loose.

3. Grasp cylindrical weight on pin remover and hammer against nut to extract dowel.

#### CAUTION

The use of pliers to remove the hardened steel dowels from the softer aluminum hub could result in elongation or other damage to hub holes. Such damage could not be repaired and propeller would have to be scrapped.

4. For dowels that do not have internal threads, proceed as follows:

- (a) Form a bar tool by center-drilling one end of a 1-5/16 inch diameter by 1-inch long steel bar.

- (b) Chuck a center into a drill press.

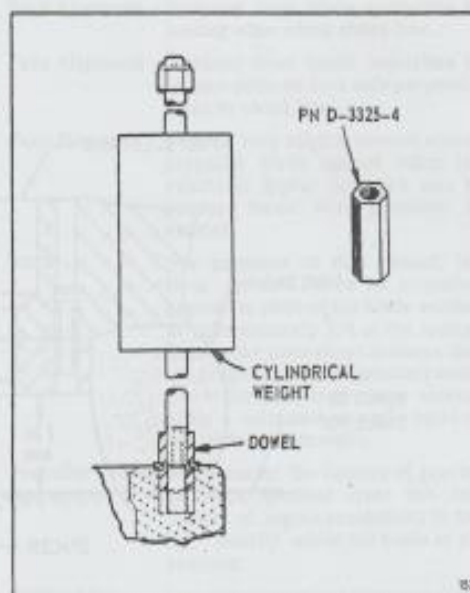


Figure 2-1. Dowel Pin Remover D-3325

## ANEXO D

### Mediciones

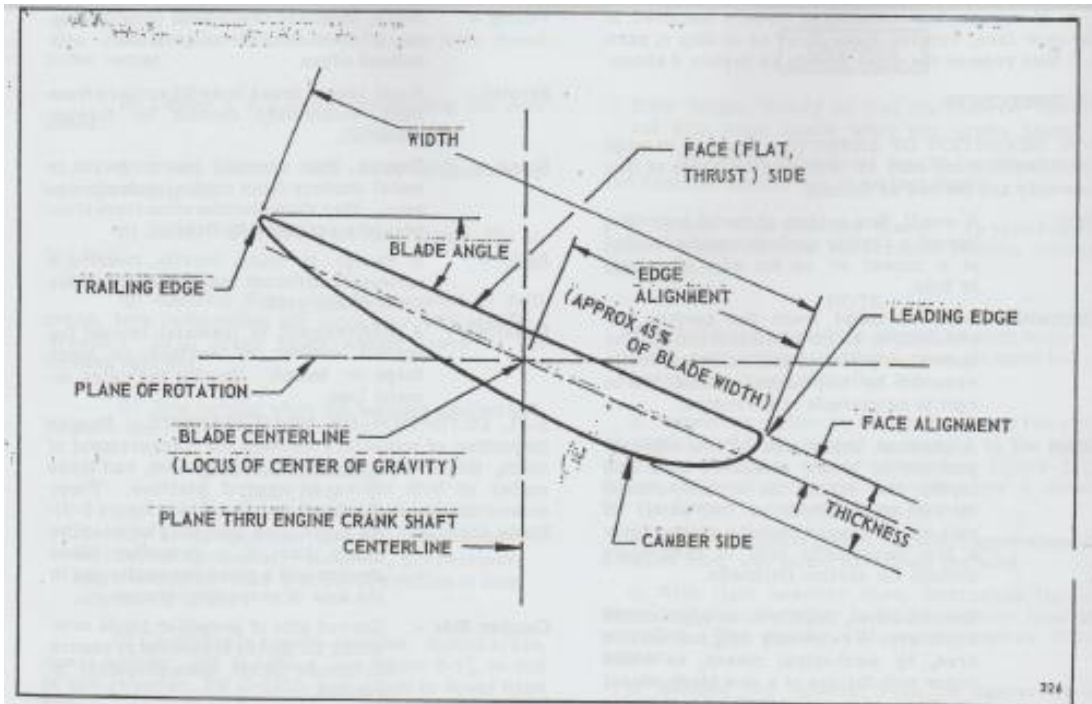


Figure 2-3. Blade Measurements

- Thickness - Distance between highest points on camber and face sides.
- Width - Distance between leading and trailing edges.

**2-12. EQUIPMENT REQUIREMENTS.** The following equipment and tools are recommended and should be available to make necessary inspection and repair:

- Work Table - A table that provides a smooth, level surface, 2 or three times propeller hub width and length to extend beyond blade tips. A pedestal must be provided that is accurately centered on table and which centers and rigidly holds propeller (see figure 2-4). Table surface must be scribed with a longitudinal centerline and station lines at right angles.
- Protractor - An adjustable protractor to measure bend angles of damaged blades (see figure 2-5).  
A bubble or blade protractor to measure blade angles.
- Bending Tools - Suitable tools with which to bend damaged blades to regain proper dimensions (refer to paras 2-20 and 2-22; see figure 2-6 and 2-8).



Figure 2-4. Checking Angle, Face and Edge Alignment

## ANEXO E

### Reparaciones

730720

#### Overhaul

2-20. Face-Alignment Bends. Straighten bends not exceeding the allowable (refer to Section IV) by cold bending in the opposite direction. Clamp the blade hub to an upright rigid pedestal on the same table as that used for inspection. Proceed as follows:

a. Make up a suitable bending tool of 1-inch thick steel having a slot approximately 1-inch wide and 3 inches long attached to a 2-inch ID tube-handle 4 or 5 feet long so that the slot longitudinal axis is at right angles to the handle axis. Round off the four edges of the slot. Locate slot at the proper point of the blade, insert small, flat pieces of heat-treated aluminum alloy 1/8 inch thick between the blade surfaces and the tool, and pull tool handle along the longitudinal axis (propeller centerline) of blade in the direction required to remove bend and straighten blade. (See figure 2-6.) For large-radius bends extending some length along the blade, locate the blade on the bed of a hydraulic press with supports on opposite side of bend and make original corrections with ram of the press (see figure 2-7). Final corrections may be made with the bending tool.

b. Make minor adjustments or alterations in face-alignment as necessary.

1. Make any angle corrections that are necessary at all blade stations (refer to para 2-22). Check angles and face alignment frequently as each will change as the other is adjusted.

2. Bring the second blade into tolerance with the first by bending up or down as required.

3. As the blades are bent up or down the station angles and the face alignment will change. Both angle and face alignment must be adjusted so that they reach the proper values at the same time.

c. After straightening, inspect the blade for cracks and other flaws (refer to paragraph 2-18).

#### CAUTION

THE ANNEALING OR REHEAT-TREATMENT OF BLADES IS NOT PERMITTED FOR ANY REASON.

2-21. Edge-Alignment Bends. Do not attempt to repair blades bent in edge alignment unless the amount of bend is small. In such cases, cut back the leading edge of the "plus" blade and repair to agree with the opposite blade. If necessary, cut back the trailing edge of the opposite blade to bring the widths of like stations on both blades into agreement. Edge alignment between blades must not differ by more than 0.062 inch.

2-22. Blade Angle Correction. Use a tool similar to that used for removing bends, except that the slot dimensions should be slightly wider and 7 inches long. Provide bearing pads of 1/4-inch leather riveted to a back-up strip of 3/16-inch thick heat-treated aluminum alloy - bearing surface dimensions should

be 1-1/2 by 4 inches. Restrain the blade assembly from rotation by clamping propeller hub in a suitable bench fixture so that blade is horizontal. Slip the angle correction tool over the blade at the station to be twisted, locate a bearing pad on each side of the blade and at opposite ends of the slot with longer dimensions of pad parallel to longitudinal axis of blade and pull handle to twist blade to correct angle (see figure 2-8). Refer to proper table of Section IV.

#### NOTE

When straightening bends or correcting blade angles, use several trials, rather than one, and check face alignment and blade angle frequently.

2-23. Surface Defects. To avoid dressing off an excessive amount of metal, inspect defect per paragraph 2-14 during process of removing cuts or scratches. Use suitable fine-cut files and emery cloth to remove defects. Then smoothly finish surface with No. 320 grit emery cloth. Repair surface defects as follows:

a. Dents, cuts, scars, scratches, and nicks shall be removed or otherwise treated as explained below, provided their removal or treatment does not materially weaken the blade, materially reduce its weight, or materially impair its performance. Remove metal around longitudinal surface cracks, narrow cuts, and shallow scratches to form shallow saucer-shaped depressions (see view "A," figure 2-9). Blades shall be considered unserviceable if they require the removal of metal forming a finished depression more than 1/16-inch deep, 3/8-inch wide (over-all) and 1-inch long (over-all).

#### CAUTION

AFTER repair of any surface defect requiring the removal of metal, penetrant inspection of the affected area is required.

b. Remove raised edges at wide scars, cuts, nicks, etc. with crocus cloth or fine file (see view "B," figure 2-9). Do notpeen down edges of any defect. Do not use weld, solder, or any compound to fill surface defects.

2-24. Leading and Trailing Edge Defects. Repair leading and trailing edge defects as follows:

a. For all propellers, remove cuts, scars and other damage on leading edges outboard of the 30-inch station by filing with a half-round file to a depth 1/16-inch deeper than damaged and in accordance with figure 2-10. Then smoothly fair leading edge to bottom of the filed cavity. Rework the opposite blade to the same widths as the repaired blade. The minimum permissible widths and thicknesses are as specified in Section IV.

# ANEXO F

## Montaje

730720

Overhaul

duced to 1/8-inch. When "scarfing", move file in a direction which follows blade length. Use the mill bastard file to "radius" the blunt edge to an approximate 1/16-inch radius, blending in as necessary with the smaller leading and trailing edge radii which are encountered when moving inboard from tip. Use 80-, then 120-grit emery cloth to polish surfaces and remove file marks.

8. Use metal impression stamps with 1/8-inch high characters to change propeller model designation. Use an "X" stamp to mark out the "8" in the BFA7862 designation, then stamp the numeral "7" directly below where the "8" was, as follows:

BFA7862 to BFA7X62

7

9. Make an entry in the aircraft log book and in the engine/propeller log book to indicate compliance with bulletin No. 67. The record shall also indicate the "Name" and "FAA Mechanic's License Number" for the individual performing work.

10. If there was no unusual roughness prior to this diameter reduction, and roughness is encountered afterward, then it may be necessary to re-balance propeller, although this should not be necessary.

### 2-34. ASSEMBLY.

2-35. Many propeller models covered in this manual are not subject to assembly prior to installation on the engine crankshaft. For these applications refer to the propeller assembly exploded views in Section IV, and the applicable parts lists, for the associated parts which are used with the propeller. The associated parts must be installed as shown in the illustrations.

2-36. Refer to Table 2-3 for the torque to be used when installing bolts, either during assembly of the propeller or during installation on the engine crankshaft.

*Torques de instalación*  
Table 2-3. INSTALLATION TORQUES

Bolt or Nut Diameter Inch	Dry Torque	
	Pound-Feet	Pound-Inches
3/8	30 to 25	360 to 300
7/16	45 to 40	540 to 480
1/2	65 to 55	780 to 660

2-37. DOWEL AND SPACER ASSEMBLY. Refer to the applicable propeller assembly exploded view in Section IV and install dowels and spacers in the propeller hub in the following manner:

### NOTE

See the applicable figure in Section IV for the location of dowel from proper face of spacer. When finally positioned dowels are approximately half in spacer and half in propeller hub.

a. Check diameter of dowels (pins) and respective spacer and hub holes into which they are pressed. If diameter of part is not at least 0.0005-inch larger than hole, then an oversize part should be used (refer to applicable list in Section IV).

b. Locate spacer on arbor press table, propeller-hub mating face up.

c. Apply a film of oil to each selected dowel and press into spacer. Engage just enough to hold dowel solidly, final location will be made after installation in propeller hub. Extension of both dowels above face of spacer should be the same.

d. Locate propeller hub on arbor press table, spacer-mating face up.

### NOTE

When a spacer is to be used the propeller hub is drilled through, but not necessarily at dowel pin diameter. Only the spacer-mating face is reamed a sufficient depth for the dowel. This face should be up.

e. If the spinner rear bulkhead is to be clamped between hub and spacer, locate bulkhead on the hub, aligning all holes. (If bulkhead has cut-outs for propeller blades, they must be properly located.) Align spacer so that dowels will engage hub holes and press spacer down tightly against hub (or bulkhead and hub). No clearance (or bulkhead looseness) is allowed.

f. Insert rod to contact dowel and press dowel to proper dimension from upper (rear) face of spacer (refer to applicable figure in Section IV).

2-38. DOWEL AND HUB ASSEMBLY. Install dowels in propeller hubs, which do not have spacers, in the following manner:

a. Locate propeller hub on arbor press table with dowel holes up. In most instances these holes are not drilled through and are counterbored to receive the retaining-ring shoulder of the dowel.

b. Apply a film of oil to each selected dowel (refer to para 2-40, step a) and press in place, longer length first, until shoulder (ring) is seated in counterbore.

2-39. In some cases shouldered dowels are installed in the rear face of the spacer. Install these dowels as in para 2-38, but only after spacer has been assembled to propeller hub.

## ANEXO G

### Equilibrio Estático

730720

Overhaul

#### SECTION III - TEST PROCEDURE

##### 3-1. STATIC BALANCE.

3-2. After repair, check propeller for static balance using suitable balancing equipment which has a sensitivity within 0.6 ounce-inch (arbor must rotate on balance standways with a weight less than 0.5 ounce at a distance of 1.00 inch from the center. Working in a room free from air currents check balance as follows:

a. Install a suitable arbor in the hub bore so that a sufficient length of arbor extends to either side of the hub to allow placement on a double knife-edge balancing stand. (See figure 3-1).

##### CAUTION

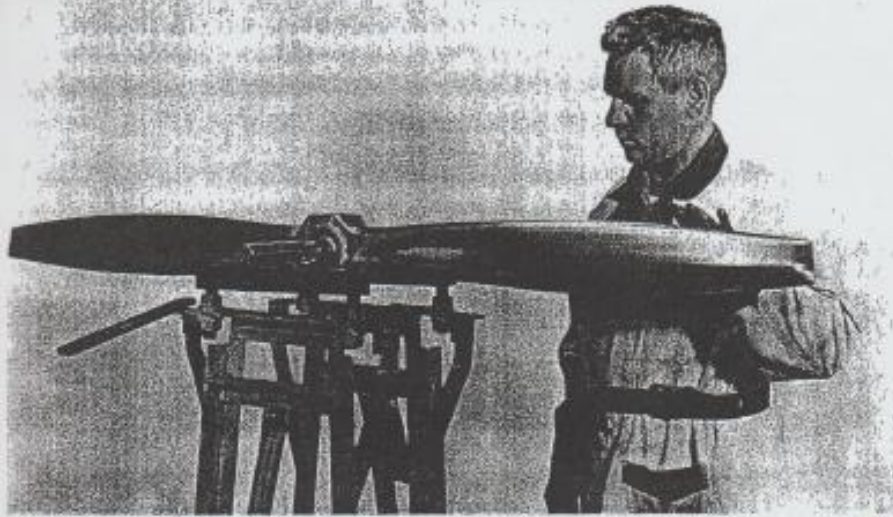
Sensitivity of balance arbor should not exceed 0.6 ounce-inch. Balance stand ways should provide an absolutely horizontal plane throughout their working length. If the ways are not true, a propeller may balance with the arbor bearing on one line across the ways, and apparently not balance with the arbor on a different line across the ways. If the arbor is not sensitive enough, a propeller may be out of balance sufficiently to result in rough operation when installed on the aircraft.

b. Place propeller on balancing stand, and set blades to be in the horizontal position. If propeller tends to rotate, remove stock from the heavy blade on the camber side, working off stock all along blade and preferably from outboard sections where effect is magnified. Do not exceed the minimum permissible widths or thicknesses given in Section IV. Be sure to maintain section contour.

c. Set blades to be in the vertical position. If propeller tends to rotate, remove stock from heavy side of the hub. Do not exceed the minimum hub dimensions as shown in Section IV. As an alternate method for correcting for vertical unbalance, especially for blades bent slightly out of edge alignment, work down heavy side of propeller on leading edge of one blade and trailing edge of opposite blade. Remove stock from camber side of blade, and fair along section to maintain contour as much as possible. Do not exceed minimum permissible widths or thicknesses given in Section IV.

d. As a final check, the finished propeller must balance both horizontally and vertically without showing a persistent tendency to rotate in any direction.

e. After balancing, refinish the propeller per paragraph 2-30.



## ANEXO H

### Tolerancias de la hélice

Station (Fig. 4-1)	Width (inches)		Thickness (inches)				Edge Alignment (inches)		Face Alignment (inches)	
	Min	Max	Min		Max		Min	Max	Min	Max
			1A100	1A101 1A102	1A100	1A101 1A102				
4.25	3.993	4.097	1.827	1.827	1.877	1.877	1.787	1.849	0.799	0.861
9	4.458	4.552	1.913	1.913	1.963	1.963	1.982	2.044	0.420	0.482
12	4.653	4.747	0.755	0.765	0.805	0.815	2.065	2.127	0.297	0.359
15	4.793	4.887	0.595	0.625	0.645	0.675	2.128	2.190	0.230	0.292
18	4.793	4.887	0.495	0.535	0.545	0.585	2.128	2.190	0.188	0.250
24	4.223	4.317	0.335	0.400	0.385	0.450	1.873	1.935	0.121	0.183
27	3.679	3.741	0.287	0.355	0.317	0.385	1.624	1.686	0.092	0.154
30	3.119	3.181	0.215	0.275	0.265	0.325	1.374	1.436	0.070	0.132
33	2.549	2.611	0.170	0.225	0.220	0.275	1.120	1.182	0.051	0.113
36	1.989	2.031	0.135		0.185		0.861	0.923	0.036	0.098

Table 4-2. BLADE DIMENSIONS, 1A135  
(NEW BLADES)

Station (Fig. 4-1)	Width (inches)		Thickness (inches)		Edge Alignment (inches)		Face Alignment (inches)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
6	4.288	4.397	1.490	1.550	1.913	1.975	0.673	0.735
9	4.673	4.907	1.100	1.150	2.168	2.230	0.457	0.519
12	5.343	5.437	0.825	0.875	2.378	2.440	0.323	0.385
15	5.603	5.697	0.700	0.750	2.494	2.556	0.270	0.332
18	5.603	5.697	0.600	0.650	2.494	2.556	0.230	0.292
25	4.828	4.890	0.411	0.461	2.140	2.202	0.160	0.212
30.5	3.923	3.987	0.271	0.321	1.736	1.798	0.092	0.154
33.5	3.261	3.323	0.205	0.255	1.440	1.502	0.065	0.127
36.5(rev)	2.566	2.628	0.190	0.200	1.130	1.192	0.042	0.104

Table 4-3. SECTION ANGLES, 1A100, 1A101, 1A102, 1A135  
(NEW BLADES)

Station (Fig. 4-1)	1A100 & 1A135 ONLY						
	Section Angle (degrees) at Specified Pitch (inches)						
	46	48	50	52	54	56	58
12	27.0	27.40	27.8	28.2	28.6	29.2	29.8
15	23.75	24.35	25.0	25.65	26.25	26.9	27.60
18	20.9	21.60	22.3	23.0	23.65	24.35	25.0
21	18.6	19.2	19.9	20.6	21.1	21.75	22.35
24	16.65	17.25	17.95	18.55	19.15	19.8	20.4
27	15.2	15.85	16.45	17.1	17.7	18.35	18.95
30	13.85	14.50	15.1	15.75	16.35	17.0	17.6
33	12.7	13.35	13.95	14.6	15.2	15.85	16.45
36	12.0	12.65	13.25	13.90	14.6	15.15	15.75
36	11.65	12.30	12.9	13.55	14.15	14.8	15.4

1A101 & 1A102 ONLY							
12	27.35	27.80	28.25	28.70	29.15	29.60	30.05
15	24.35	25.00	25.65	26.30	26.95	27.60	28.25
18	21.70	22.35	23.00	23.65	24.30	24.95	25.60
21	19.40	20.05	20.70	21.35	22.00	22.65	23.30
24	17.10	17.75	18.40	19.05	19.70	20.35	21.00
27	14.90	15.55	16.15	16.80	17.40	18.05	18.65
30	12.65	13.30	13.90	14.55	15.15	15.80	16.40
33	10.40	11.05	11.65	12.30	12.90	13.55	14.15
36.5	9.25	9.90	10.50	11.15	11.75	12.40	13.00

**ANEXO I**  
**Hoja de vida**