



# **ESPE**

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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**SECCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MENCIÓN MOTORES.**

**TEMA: INSPECCIÓN PROGRESIVA SUPERVISADA DE 200  
HORAS PARA LA HÉLICE MC CAULEY A1-102 DEL MOTOR  
CONTINENTAL O200A PERTENECIENTE A LA ESCUELA DE  
PASTAZA.**

**AUTOR: NUELA SEVILLA MARIANA PAOLA**

**DIRECTOR: ING. RODRIGO BAUTISTA**

**LATACUNGA**

**2019**



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **SECCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **CERTIFICACIÓN**

Que el trabajo titulado “INSPECCIÓN PROGRESIVA SUPERVISADA DE 200 HORAS PARA LA HÉLICE MC CAULEY A1-102 DEL MOTOR CONTINENTAL O200A PERTENECIENTE A LA ESCUELA DE PASTAZA”, realizado por NUELA SEVILLA MARIANA PAOLA con C.I. 180466341-5 ha sido revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado con copias de los documentos guías aprobados por la FAA.

Autoriza a Nuela Sevilla Mariana Paola que lo entregue al Ing. Rodrigo Bautista en calidad de Director de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Latacunga, julio del 2019

Ing. Rodrigo Bautista

**DIRECTOR**



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **SECCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

#### **CERRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Nuela Sevilla Mariana Paola

Declaro que:

El proyecto de grado “INSPECCIÓN PROGRESIVA SUPERVISADA DE 200 HORAS PARA LA HÉLICE MC CAULEY A1-102 DEL MOTOR CONTINENTAL O200A PERTENECIENTE A LA ESCUELA DE PASTAZA”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

De igual forma que este trabajo es de mi autoría, en virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Nuela Sevilla Mariana Paola

Latacunga, Julio 2019

C.C: 180466341-5



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **SECCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES CERRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

#### **AUTORIZACIÓN**

Yo, Nuela Sevilla Mariana Paola

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo, “INSPECCIÓN PROGRESIVA SUPERVISADA DE 200 HORAS PARA LA HÉLICE MC CAULEY A1-102 DEL MOTOR CONTINENTAL O200A PERTENECIENTE A LA ESCUELA DE PASTAZA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusividad responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio 2019

Nuela Sevilla Mariana Paola

CC: 180466341-5

## **DEDICATORIA**

A mis padres que con su sacrificio y abnegación me supieron apoyar e impartir valores en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mi hermana que con su ejemplo supo guiarme y motivarme para culminar esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Infinitamente a Dios y a mis padres por ser pilar fundamental al bendecirme el día a día. A mis hermanos Stalin, Juan, Marcela y sobrinos Alex, Amelia, Abigail, Ana, Esthela y Pablo que fueron mi mayor impulso para realizar este proyecto.

Gracias a la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE y a mi director de trabajo de graduación Ing. Rodrigo Bautista por ser guía fundamental durante el desarrollo del trabajo.

Gracias al Jefe de Mantenimiento de la Escuela de Aviación Pastaza, Manuel Tendentza por compartir conmigo sus conocimientos y valores.

**CONTENIDO**

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	v
CAPÍTULO I .....	1
EL TEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia .....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Alcance .....	4
CAPÍTULO II .....	5
2.1 Historia .....	5
2.2 Definición .....	6
2.3 Función .....	7
2.4 Características .....	7
2.5 Fuerzas que actúan sobre la hélice .....	8
2.6 Tipos de hélice .....	9

2.7	Relación con el paso de la hélice .....	9
2.7.1	Hélices de paso fijo .....	9
2.7.2	Paso variable .....	11
2.7.3	Hélice con sistema de abanderamiento .....	13
2.7.4	Hélice reversible .....	13
2.7.5	Hélices de paso variable de simple y de doble efecto .....	14
2.8	Inspección .....	15
2.8.1	Inspección programada.....	15
2.8.2	Inspección progresiva.....	15
2.9	Tipo de inspección según su composición .....	16
2.9.1	Inspección de hélices de madera.....	16
2.9.2	Inspección de hélices metálicas .....	17
2.9.3	Inspección de hélice de aluminio .....	17
2.9.4	Inspección de hélice compuesta.....	18
2.10	Según el fabricante .....	19
2.10.1	Hélices McCauley .....	19
2.11	Conjunto de Spinner.....	21
2.12	Hélices Sensenich.....	22
2.12.1	Designaciones del modelo de hélice Sensenich.....	22
2.13	Hélices Hartzell.....	23



2.13.1	Designaciones del modelo de hélices Hartzell .....	23
CAPÍTULO III.....		25
DESARROLLO DEL TEMA.....		25
3.1	Preliminares .....	25
3.1.1	Recopilación de información.....	25
3.2	Estrutura Fisica de la helice McCauley 1A 102.....	26
3.3	Materiales para realizar la nspección de la Hélice McCauley 1A 102OCM.....	27
3.4	Herramientas manuales para poder relizar la Inspección .....	29
3.5	Medidas de seguridad para realizar la inspección de la hélice .....	31
3.6	Remoción de la hélice McCauley .....	31
3.7	Remoción de componentes de la hélice McCauley 1A 102 .....	34
3.8	Remoción del spinner .....	34
3.9	Remoción del conjunto de la hélice .....	35
3.10	Remoción del espaciador.....	37
3.11	Inspección de la hélice McCauley 1A 102 .....	38
3.11.1	Para realizar una inspección en una hélice la compañía McCauley requiere como punto principal lo siguiente: .....	38
3.11.2	Inspección del Spinner .....	39
3.11.3	Inspección del mamparo delantero .....	39
3.11.4	Inspección de mamparo posterior .....	40

3.11.5	Inspección de pernos .....	41
3.11.6	Inspección del cubo de la hélice .....	41
3.11.7	Inspección del espaciador .....	42
3.12	Instalación de componentes de la hélice McCauley .....	43
3.12.1	Instalación del espaciador.....	43
3.12.2	Instalación del mamparo posterior del spinner .....	44
3.12.3	Instalación de la hélice y mamparo delantero del spinner .....	45
3.12.4	Instalación y ajuste de pernos .....	45
3.12.5	Entorchado de los pernos.....	47
3.12.6	Instalación de spinner .....	48
3.13	Análisis Económico.....	52
3.13.1	Recursos .....	52
3.13.2	Costos Primarios .....	52
3.13.3	Costos Secundarios .....	53
3.13.4	Costo Total .....	54
CAPÍTULO IV.....		55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		55
4.1	Conclusiones .....	55
BIBLIOGRAFÍA.....		56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Modelo comun de helice fijado a un palillo de forma cilindrica.....	5
<b>Figura 2</b> Hélice de madera de paso fijo.....	6
<b>Figura 3</b> Origen del momento centrifugo de la pala.....	8
<b>Figura 4</b> Hélice metálica de paso fijo.....	10
<b>Figura 5</b> Sección transversal del mecanismo de una hélice de velocidad constante..	12
<b>Figura 6</b> Posición de la hélice en diversas situaciones de funcionamiento.....	13
<b>Figura 7</b> Actuacion de la pala de helice con angulo de ataque negativo.....	14
<b>Figura 8</b> Logo de la hélice.....	19
<b>Figura 9:</b> Características sobre el cubo de una hélice de paso fijo.....	20
<b>Figura 10</b> Designación del modelo de hélice.....	20
<b>Figura 11</b> Distintos tipos de unión al motor y forma de la punta de las palas.....	21
<b>Figura 12</b> Partes de hélice.....	22
<b>Figura 13</b> Logo de la hélice.....	22
<b>Figura 14</b> Logo de la hélice.....	23
<b>Figura 15</b> Cubo de la hélice McCauley 1A 102.....	26
<b>Figura 16</b> Manual general de la hélice.....	32
<b>Figura 17</b> Switch en OFF.....	32
<b>Figura 18</b> Numeración de los cilindros.....	33
<b>Figura 19</b> Remoción de pernos y spinner.....	35
<b>Figura 20</b> Pinza de corte.....	35
<b>Figura 21</b> Alambre de freno en los pernos.....	36
<b>Figura 22</b> Remoción de pernos.....	36
<b>Figura 23</b> Componentes removidos.....	37

<b>Figura 24</b> Remoción del espaciador.....	37
<b>Figura 25</b> Limpieza de componentes.....	39
<b>Figura 26</b> Spinner.....	39
<b>Figura 27</b> Mamparo delantero del spinner.....	40
<b>Figura 28</b> Mamparo posterior del spinner.....	40
<b>Figura 29:</b> Pernos.....	41
<b>Figura 30</b> Hélice Mc Cauley 1A102.....	42
<b>Figura 31</b> Espaciador.....	42
<b>Figura 32</b> Superficie para colocar el espaciador.....	44
<b>Figura 33</b> Instalación del espaciador.....	44
<b>Figura 34</b> Colocación del mamparo posterior del spinner.....	45
<b>Figura 35</b> Instalación del mamparo delantero.....	45
<b>Figura 36</b> Pernos extraídos.....	46
<b>Figura 37</b> Ajuste de pernos con herramienta manual.....	46
<b>Figura 38</b> Torquímetro.....	47
<b>Figura 39</b> Detalle del torque de los pernos.....	47
<b>Figura 40:</b> Entorchado de los pernos de sujeción de la hélice.....	48
<b>Figura 41</b> Pernos de sujeción del spinner.....	48
<b>Figura 42</b> Ajuste de tornillos del spinner.....	49
<b>Figura 43</b> Ajuste de bujía.....	49
<b>Figura 44</b> Ajuste de arnés de encendido.....	50
<b>Figura 45:</b> Hélice previo a su inspección en aeronave HC-BKH.....	51
<b>Figura 46:</b> Aeronave HC-CHR haciendo uso de la hélice satisfactoriamente.....	51

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b>	Particularidades de la Helice McCauley 1A 102OCM .....	26
<b>Tabla 2</b>	Materiales para inspección .....	27
<b>Tabla 3</b>	Herramientas Manuales de inspección.....	29
<b>Tabla 4</b>	Remoción de bujía y arnés encendido .....	33
<b>Tabla 5</b>	: Verificación de Inspección.....	43
<b>Tabla 6</b>	: Costos Primarios .....	52
<b>Tabla 7</b>	: Costos Secundarios .....	53
<b>Tabla 8</b>	: Costos Total.....	54

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una **inspección progresiva** de 200 horas de la hélice **McCauley 1A102** y verificar en su totalidad el estado y condiciones de operatividad del componente para el funcionamiento adecuado del simulador, siendo éste un elemento fundamental para el avance práctico de los pilotos de la Escuela de Aviación Pastaza. Es por esta razón que se debe mantener en buenas condiciones a la hélice que forma parte del **simulador**, realizando inspecciones meticulosas para detectar imperfecciones o defectos que pueden ocasionar daños al componente. De esta manera la investigación se basa en mantener en condiciones aptas de funcionamiento por medio de información fundamental que se extrae del manual general de hélices de paso fijo, manual del fabricante, certificado tipo y circular; tomando en cuenta las medidas de seguridad correspondientes al realizar el trabajo práctico con la recopilación de datos físicos durante la inspección visual para proceder a remover con herramientas manuales los componentes que forman parte del conjunto de la hélice que serán inspeccionados. Una vez removidos los componentes y hecho el desmontaje de la hélice se realizó la inspección progresiva **supervisada** por el jefe de mantenimiento, verificando el estado estructural operativo y apto para su siguiente inspección.

### Palabras claves:

- Inspección progresiva
- Supervisada
- McCauley 1A102
- Simulador

## **ABSTRACT**

This research is to carry out a progressive inspection of 200 hours of the McCauley 1A102 propeller and to verify in its entirety the state and operating conditions of the component for the proper functioning of the simulator, this being a fundamental element for the practical advancement of the pilots of Escuela de Aviación Pastaza. It is for this reason that the propeller that is part of the simulator should be maintained in good condition, carrying out meticulous inspections to detect imperfections or defects that may cause damage to the component. In this way, the research is based on maintaining suitable operating conditions by means of fundamental information extracted from the general manual of fixed pitch propellers, manufacturer's manual, type-certificate and circular; taking into account the corresponding safety measures when carrying out the practical work with the collection of physical data during the visual inspection in order to proceed to remove with manual tools the components that form part of the propeller assembly to be inspected. Once the components were removed and the propeller disassembled, the progressive inspection was carried out, supervised by the maintenance chief, verifying the operational structural state and suitable for its next inspection.

### **KEYWORDS:**

- PROGRESSIVE INSPECTION
- SUPERVISED
- MCCAULEY 1A102
- SIMULATOR

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

#### **1.1 Antecedentes**

La Escuela de Aviación Pastaza ubicada en la parroquia Shell de la provincia de Pastaza con 34 años de vida institucional forma y capacita a 60 pilotos privados anualmente, entre la lista de graduados constan 33 promociones, en su mayoría jóvenes de la Amazonía y de diferentes provincias, La ESCUELA DE AVIACIÓN PASTAZA cuenta con la licencia para formar pilotos privados y comerciales otorgada por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC).

Los pilotos disponen de instructores de alta jerarquía, garantizando así a los estudiantes una correcta capacitación, tanto que necesitaban que el simulador en el que recibían instrucción necesitaba que, a más de estar en buen estado, se realicen los chequeos, inspecciones y mantenimiento correspondiente y con espacios suficientes para el estudio e investigación apta para los pilotos impartida por personal capacitado y certificado en el área.

Actualmente, los pilotos se familiarizan con las aeronaves de baja potencia con las que van a trabajar y con los equipos que van a manipular, de ésta manera los estudiantes complementan la teoría y la práctica lo que hace que los pilotos sean capaces de identificar problemas, dar solución a las posibles fallas en los diversos sistemas existentes en la aeronave, por ende es de vital importancia mantener en buen estado todos los equipos e instrumentos del simulado que sirven para su formación, por ésta razón se debe realizar la inspección progresiva.



## 1.2 Planteamiento del problema

La ESCUELA DE AVIACIÓN PASTAZA, dentro de su oferta académica se contempla el 60% de práctica con un alto grado de preparación de sus instructores para que los pilotos adquieran conocimiento de los diferentes sistemas e instrumentos de la aeronave que poseen por medio del simulador de un motor recíproco Continental O200A, cuando el mismo está en condiciones óptimas de operatividad, en caso de encontrar fallencias en la integridad física o en su documentación, el simulador se ve obligado a parar operaciones hasta que cumpla los requisitos obligatorios.

En las clases prácticas, los instructores fomentan conocimiento de cada componente del simulador ya que los pilotos con este componente dependen del desarrollo práctico, por ello se optó por realizar inspección; evitando alteraciones o irregularidades en la hélice McCauley 1A102 estimando el cumplimiento de horas de trabajo de manera obligatoria que detalla el manual de servicio del componente.

Como referencia del componente a inspeccionar, indica que según las horas de operatividad alcanzadas ya sean de cincuenta, cien, doscientas o anuales, se debe cumplir diferentes ítems de inspección. El paro temporal de su operación puede ocasionar retrasos en el cumplimiento del plan de estudios para los estudiantes a pilotos, motivo por el cual el proyecto está dirigido a cumplir el programa de inspección progresiva de doscientas horas para la hélice McCauley 1A-102 perteneciente al motor recíproco Continental O200A.

### **1.3 Justificación e importancia**

Teniendo en cuenta que la ESCUELA DE AVIACIÓN PASTAZA, al ser un centro de formación continuo de pilotos y sabiendo que su principal propósito para lograrlo además de sus aeronaves, personal e instructores capacitados, calificados y certificados, es el simulador del motor recíproco con Hélice McCauley A1-102, la misma que tiene que estar en condiciones óptimas y debe cumplir con los requerimientos establecidos obligatorios de las inspecciones y cuidados correspondientes, para que se encuentre en estado de condición aceptable para las operaciones a las que va ser sometida, en este caso es la herramienta fundamental de trabajo del instructor para impartir los diferentes conocimientos prácticos.

Una vez que los pilotos alcancen los conocimientos establecidos para comprobar el funcionamiento de la hélice, pueden utilizar el simulador del motor recíproco Continental O200A con Hélice MC Cauley A1-102, para realizar sus horas de práctica, tomando en cuenta que es algo esencial para el desarrollo profesional en la ocupación como piloto, y que mejor que tener una hélice y motor óptimas condiciones para realizar dichas funciones, hecho que se consigue entre otros requisitos importantes, realizar de forma adecuada la inspección progresiva de doscientas horas en la hélice siendo de importancia relevante este proyecto beneficiando a los instructores de la ESCUELA DE AVIACIÓN PASTAZA, ya que será un material de gran ayuda puesto que mejorara a sus destrezas prácticas y logrando así un mejor nivel académico, además de mejorar la imagen institucional.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar la inspección progresiva supervisada de 200 horas para la hélice McCauley 1A-102 del motor continental O200A mediante el uso de manuales específicos del componente en la Escuela de Aviación Pastaza para el funcionamiento adecuado del simulador.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica referente a la inspección progresiva de 200 horas para la hélice McCauley 1A-102 y del motor continental en general aplicable para el desarrollo del proyecto.
- Verificar el estado actual de la Hélice McCauley 1A-102 perteneciente al simulador del motor recíproco Continental O200A, de la Escuela de Aviación Pastaza.
- Realizar los procedimientos técnicos establecidos en la inspección progresiva de 200 horas para la hélice McCauley.

### **1.5 Alcance**

El proyecto tiene como finalidad realizar una inspección a la hélice McCauley tomando en cuenta que se debe verificar el área adecuada en donde se va a trabajar, recopilar información tanto de manuales técnicos como de servicio aprobados por autoridad aeronáutica para la verificación y guía de lo ya mencionado, y por ende el intervalo de tiempo exacto para realizar la inspección que especifica el fabricante de la hélice, también los requisitos de inspección y revisar cada uno de los procedimientos de mantenimiento que menciona siempre en las instrucciones del fabricante correspondiente. Para realizar la inspección de doscientas horas de la hélice McCauley del motor continental O200A, los componentes y herramientas a utilizar sean adecuados también se debe utilizar un procedimiento detallado según el fabricante de la hélice ya que se puede encontrar una referencia más detallada de los requisitos para una inspección satisfactoria y para todas las inspecciones, deben llevarse a cabo en una estación de reparación con la calificación adecuada obviando las inspecciones visuales.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia

La hélice fue conocida hace ya mucho tiempo y existe una teoría antropológica, con la que estoy muy de acuerdo, en la que se establece que la inteligencia del hombre primitivo era exactamente igual que la del hombre moderno. El modelo más común consta de una hélice a la que hay fijado un palillo de forma cilíndrica. Para hacerlo volar se hace rodar éste último por las palmas de las manos, al tiempo que éstas se frotran una a la otra. Esto hace girar la hélice a gran velocidad, lo que propulsa al aparato unos metros. La hélice se "enrosca" en el aire o el agua de la misma forma que un sacacorchos lo hace en los tapones de las botellas. El principio por el cual un sistema helicoidal se "enrosca" en un medio ya fue estudiado por los griegos. (Great bustard's flight, 2019)



**Figura 1** Modelo común de hélice fijado a un palillo de forma cilíndrica  
**Fuente:** (Great bustard's flight, 2019)

Los hermanos Wright fueron los primeros que se dieron cuenta de que para desarrollar las primeras palas de la hélice verdaderamente eficaces debían desechar la idea (muy común en el momento) de que la hélice debe tener la forma de un tornillo. En su lugar, previeron una hélice diseñada como un ala de avión con un ligero retorcimiento que era capaz de generar empuje. La madera fue esencial en los primeros tiempos. (Great bustard's flight, 2019)

Las primeras hélices que se construyeron para los primeros aviones fueron confeccionadas con madera y se puede observar en la imagen como es el proceso de construcción de este tipo de hélices. Son hélices de paso fijo que giraban más rápido cuantas más revoluciones ofrecía el motor. (Great bustard's flight, 2019)



**Figura 2** Hélice de madera de paso fijo  
**Fuente:** (Great bustard's flight, 2019)

Las hélices de madera se construyen a base de capas pegadas unas con otras. Algunos modelos primigenios tenían refuerzos a base de telas o incluso chapas de metal remachadas. Prácticamente se han usado todos los tipos imaginables de madera que existen en un momento u otro. Ello fue debido al desconocimiento general sobre la resistencia de estos materiales a las torsiones y resto de fuerzas implicadas en el movimiento helicoidal y la producción del empuje.

Todavía hoy en día se sigue utilizando algún tipo de madera para construir hélices para aviones ligeros, donde el material compuesto puede resultar más caro. (Great bustard's flight, 2019)

## 2.2 Definición

La hélice en los aviones se puede definir como un perfil aerodinámico giratorio, con dos o más palas implantadas en un soporte (buje), que tiene como objetivo proporcionar tracción o impulsión, utilizando la potencia que le transmite el motor.

Las palas de las hélices utilizadas son generalmente de aleaciones de aluminio y este tipo de construcción ofrece duración y resistencia tienen un buen control de su perfil durante la fabricación, todo lo cual es especialmente importante en los tamaños grandes. (Conocimientos del avión, 1997)

### **2.3 Función**

La hélice posee un movimiento de rotación, con velocidad tangencial distinta para cada sección de la pala, por ende, la velocidad de traslación o de avance se corresponde con la velocidad de vuelo y la pala trabaja, entonces, en un flujo de aire que es la resultante vectorial de estas dos velocidades. La velocidad resultante se llama velocidad relativa del aire, y es a todos los efectos la que determina las características de trabajo de la sección de la pala. (Conocimientos del avión, 1997)

### **2.4 Características**

- Las hélices están fabricadas con piezas forjadas de aleación de aluminio de alta resistencia y tratadas térmicamente, en la actualidad los nuevos materiales compuestos se están utilizando en aplicaciones donde el peso y la masa son críticos.
- Se diseñan típicamente con dos a seis palas y en general, los accesorios con más de tres palas se utilizan principalmente para aviones bimotores o aviones monomotores que utilizan motores con una potencia superior a 900 HPP.
- Las palas tienden a ser más cortas para aumentar la distancia al suelo y más distancia del fuselaje.
- Los accesorios de palas múltiples también producen una frecuencia de sonido más alta y menos objetable; vibración reducida; mayor efecto del volante y mejor rendimiento de las aeronaves. (Conocimientos del avión, 1997)

## 2.5 Fuerzas que actúan sobre la hélice

Las fuerzas que actúan sobre la hélice son las siguientes:

- **Fuerza centrífuga de la pala**

Es debida al movimiento de giro de la hélice definida como la mayor fuerza que actúa sobre la hélice.

- **Tracción**

Se debe a la diferencia de presión entre el intradós y el extradós de la pala, produce esfuerzos de flexión en la pala.

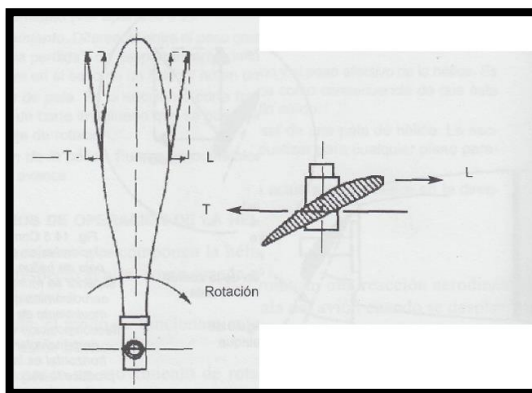
- **Par de reacción**

Es un par igual y contrario al que recibe la hélice conducida por el motor.

- **Momento aerodinámico de torsión**

Momento que trata de girar la hélice hacia mayor ángulo de pala.

- **Momento centrífugo de la pala**



**Figura 3** Origen del momento centrífugo de la pala

**Fuente:** (Conocimientos del avión, 1997)

La primera componente es puramente la fuerza centrífuga de la sección, que tiene importancia fundamental desde el punto de vista estructural de la hélice; es una enorme fuerza de tracción que actúa sobre el material.

La combinación de las otras dos fuerzas origina un momento centrífugo de la pala que tiende a disminuir el paso. Ésta tendencia en el gráfico muestra las fuerzas  $T$  y  $L$  actuando en el plano de la sección. (Conocimientos del avión, 1997)

- **Fuerzas debidas a la vibración de la hélice**

Las vibraciones aerodinámicas se concentran en los extremos de las palas, que están sujetas a mayor velocidad relativa respecto al aire. Las vibraciones mecánicas son inducidas fundamentalmente por la cadencia de las explosiones en los cilindros de los motores de émbolo. Son menos intensas en los motores turbohélices dado el proceso continuo y regular de su fase de combustión. (Conocimientos del avión, 1997)

## **2.6 Tipos de hélice**

Tanto las hélices Mc Cauley, Sensenich y Hartzel se identifican mediante una designación de modelo y un número de serie y para los accesorios de una pieza de paso fijo, el número de serie está estampado en el lado de la comba de la cara del cubo. Las hélices de paso variable tienen números separados para el cubo (estampado en el lado) y para cada cuchilla desmontable (estampada en el extremo posterior de la cuchilla dentro del cubo). (Conocimientos del avión, 1997)

## **2.7 Relación con el paso de la hélice**

El paso determina la distancia que una parte de la hélice penetra en el aire en una revolución.

### **2.7.1 Hélices de paso fijo**

Las hélices de paso fijo son muy importantes cuyo paso no se puede alterar en vuelo, éstas se clasifican en dos grupos: paso fijo y paso ajustable.



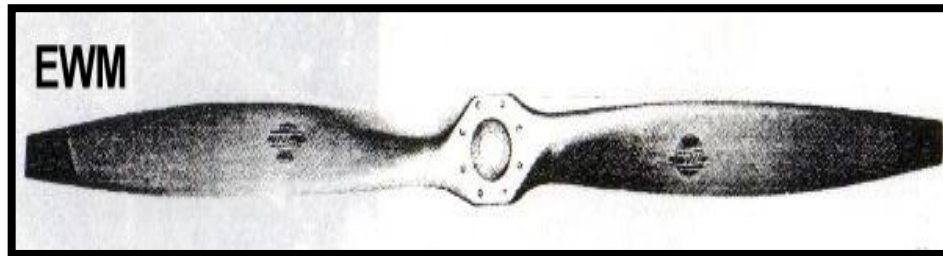
- **Paso fijo**

Las hélices de paso fijo se fabrican con ángulo de paso fijo empleadas en aviones con motores de baja potencia, siendo hélices muy simples, y por tanto de mantenimiento fácil, donde priman las consideraciones económicas. El paso con el que se fabrican estas hélices es un compromiso para conseguir las mejores características de vuelo.

En teoría, para el despegue, el avión debe tener una hélice con paso corto, de tal modo que pueda girar a altas revoluciones y aprovechar con ello toda la potencia del motor para impulsar hacia atrás una gran masa de aire. (Conocimientos del avión, 1997)

Sin embargo, en vuelo de crucero interesa aumentar el paso óseo hacia paso largo para que el motor no gire a revoluciones altas por ende muy rápido y de forma antieconómica, con exceso de consumo de combustible, o que se embale durante un picado. Como el paso de estas hélices es fijo, es normal que el constructor elija un paso intermedio de acuerdo con las características del avión donde se instala la hélice.

Las hélices de paso fijo más empleadas son McCauley y Sensenich.



**Figura 4** Hélice metálica de paso fijo  
Fuente: (HELICE (TEORIA DE HELICES))

- **Hélices de paso ajustable**

Las hélices de paso ajustable tienen un mecanismo que permite el ajuste del paso, en tierra, por parte del mecánico, y el diseño de esta hélice responde a la idea de ajustar el paso para la fase de vuelo más representativa que hace el avión.

Si es un avión que hace mayoritariamente vuelos de crucero interesa, un paso largo ó mayor ángulo de la pala, ya que las fases de despegue y ascenso del avión ocupan un segmento de vuelo muy breve en comparación con el vuelo de crucero.

Con estos fines la hélice tiene un mecanismo que permite al mecánico ajustar el ángulo de paso deseado. (ASC. PASIÓN POR VOLAR, 2010) .

Si es un avión dedicado a escuela, por ejemplo, interesa un paso corto, pues casi siempre está realizando despegues y ascensos. Las hélices de paso ajustable se pueden considerar obsoletas y se encuentran en algunos aviones ligeros, cabe recalcar que en hélices sin reductor, como suele ser el caso de las de paso fijo, si el rendimiento de la hélice fuera muy alto, es decir la tracción que desarrolla la hélice con relación a la potencia del motor, resultaría que se podrían exceder en determinados momentos, los límites de giro del motor. (ASC. PASIÓN POR VOLAR, 2010)

### **2.7.2 Paso variable**

Las hélices de paso variable permiten el ajuste del paso en vuelo.

Aunque hoy día la mayor parte de estas hélices se controlan de forma automática, deben de clasificarse en tres grupos:

- **Hélices de dos posiciones**

Hélices antiguas de la firma Hamilton Standard, prácticamente obsoletas. La hélice tiene dos posiciones: paso corto para despegue y ascenso, y paso largo para crucero.

- **Hélices de control manual**

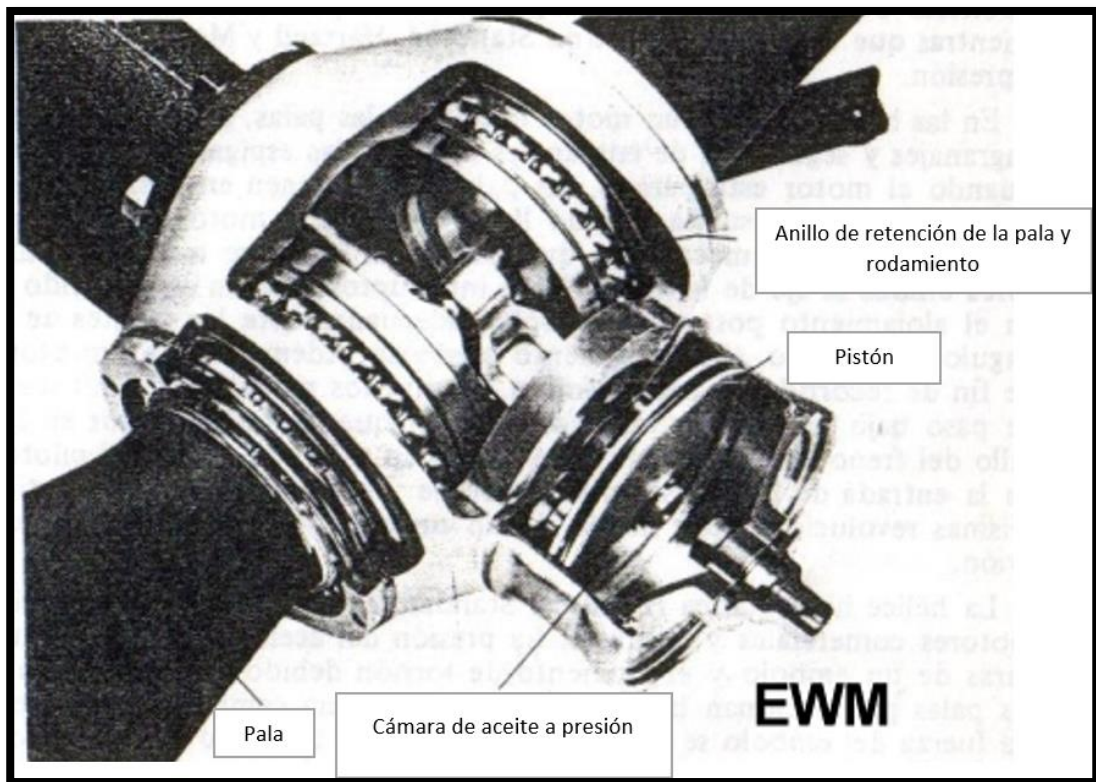
Son historia, también. La hélice de control manual fue la pionera dentro de la categoría de las hélices de paso variable. Cuenta con un mecanismo que permite al piloto cambiar el paso en vuelo. De esta forma se selecciona un paso corto para el despegue y conseguir un buen régimen de ascenso, y un paso mayor cuando está en vuelo de crucero. (Conocimientos del avión, 1997)

- **Hélices de velocidad constante**

La introducción de un mecanismo de regulación centrífugo eliminó los problemas de control manual del paso.

El regulador centrífugo de la hélice es a la vez un detector y un controlador de vueltas del motor. El mecanismo permite mantener el régimen de vueltas del motor seleccionado por el piloto, sin tener en cuenta la velocidad o la actitud de vuelo. La función del regulador de la hélice es ajustar el paso de manera que la carga que impone la hélice sobre el motor mantenga las revoluciones de éste en el ajuste seleccionado.

Sí, la hélice durante el despegue absorbe toda la potencia disponible del motor, de tal modo que cuando aumenta la velocidad del avión también el paso de la hélice aumenta proporcionalmente con el fin de mantener las revoluciones constantes, sin entrar en una condición de sobre velocidad. (Conocimientos del avión, 1997)



**Figura 5** Sección transversal del mecanismo de una hélice de velocidad constante  
**Fuente:** (HELICE (TEORIA DE HELICES))

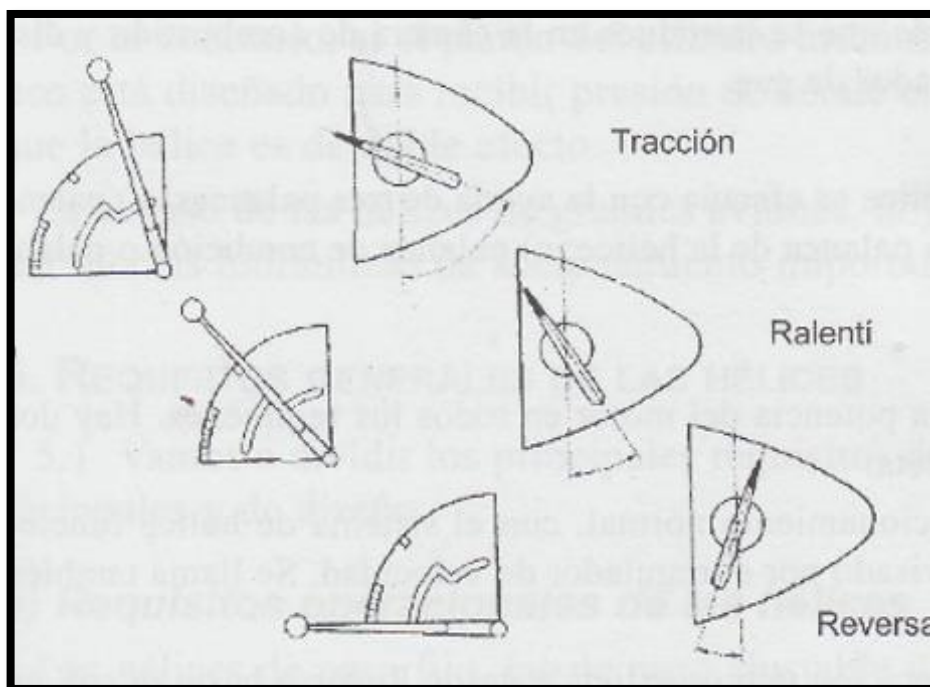
### 2.7.3 Hélice con sistema de abanderamiento

Abanderar la hélice es el procedimiento de situar el borde de ataque de la pala alineado con la dirección de la velocidad de la corriente libre, en un ángulo de pala de  $90^\circ$ . Las dos funciones que cumple el abanderamiento de la hélice son:

- Disminuir la resistencia al avance
- Prevenir mayores daños internos en el motor por arrastre del motor con la hélice en molinete cuando es necesario pararlo en vuelo por anomalías de funcionamiento.

### 2.7.4 Hélice reversible

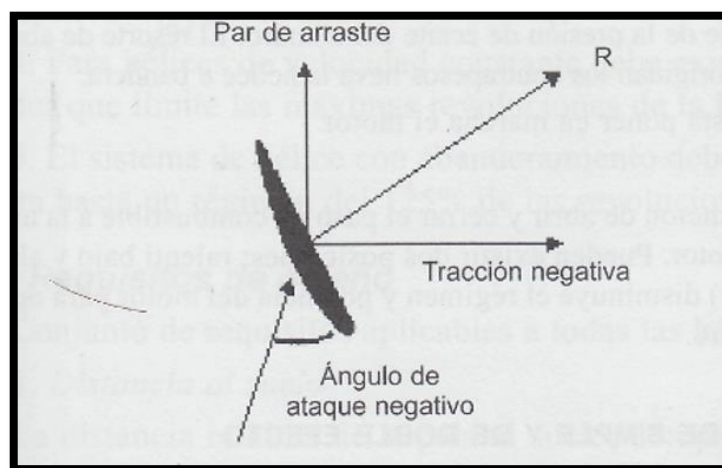
La hélice reversible es de velocidad constante y con sistema de abanderamiento y dispone, además, la capacidad de invertir el paso; es decir, puede situar las palas más allá de la posición de paso corto, en sentido negativo y a la vez muestra diversas posiciones de la hélice, entre ellas la posición de paso negativo. Las hélices reversibles se emplean en aviones turbohélices y fueron dotación para los antiguos cuatrimotores de émbolo como el DC-7. Se suelen emplear también en aviones anfibios para mejorar el manejo del avión sobre el agua. (Conocimientos del avión, 1997)



**Figura 6** Posición de la hélice en diversas situaciones de funcionamiento  
**Fuente:** (Conocimientos del avión, 1997)

El ángulo de pala negativo puede ser fijo o variable, según que la actuación del sistema sitúe la pala en posición fija, o bien que el piloto pueda variar la posición de la pala dentro de ciertos límites. Desde el punto de vista aerodinámico, cuando la pala se encuentra con ángulo negativo.

El viento relativo ataca el perfil con un ángulo tal que el intradós pasa a ser el "lado de succión" de la pala, y el extradós el "lado de presión". Naturalmente, el rendimiento aerodinámico de la hélice en esta situación empeora respecto al de operación normal, pero se consiguen los efectos buscados de tracción negativa. (Conocimientos del avión, 1997)



**Figura 7** Actuación de la pala de hélice con ángulo de ataque negativo  
Fuente: (Conocimientos del avión, 1997)

### 2.7.5 Hélices de paso variable de simple y de doble efecto

Las hélices se han clasificado según el paso y un criterio operacional de primer orden, pero vistas como sistema, las hélices de paso variable se dividen en dos grupos:

Hélices de simple y de doble efecto. Se dice que una hélice es de simple efecto si el pistón del cilindro hidráulico está preparado para recibir presión sólo por un lado del mismo.

Es el caso de las hélices de monomotores y bimotores ligeros, incluidos turbohélices, la hélice de simple efecto es la hélice estándar en la actualidad. En cambio, si el pistón del

cilindro hidráulico que cambia el paso de la hélice está diseñado para recibir presión de aceite en ambas caras del pistón, se dice que la hélice es de doble efecto en el caso de las hélices de grandes aviones, hoy no muy frecuentes, que necesitan fuerzas hidráulicas de accionamiento importantes. (Conocimientos del avión, 1997)

Después de las generalidades de la hélice es primordial aprovechar en su totalidad el excelente balance de propiedades al máximo y conocer lo importante que es el cuidado y el tipo de inspección que se deben efectuar mediante las horas de trabajo que realiza durante se encuentre en la aeronave, por consiguiente:

## **2.8 Inspección**

Se define como intervenciones técnicas que se realiza en periodos cortos de tiempo a la aeronave con el propósito de mantener las condiciones de aeronavegabilidad. Tipos de inspección:

### **2.8.1 Inspección programada**

Conjunto de acciones repetitivas que permiten verificar y mantener un estado de funcionamiento dado, estas podrían ser:

**Diarias:** Verificar y comprobar el estado y condición del componente.

**Complementarias:** Se centra sobre la verificación del estado de los elementos cuya periodicidad es corta.

**Periódicas:** consiste en reducir el tiempo que está fuera de servicio una aeronave para someterse a una inspección proyectada.

**Mayores:** después de haber cumplido el límite de tiempo operacional indicado por el fabricante.

### **2.8.2 Inspección progresiva**

Son inspecciones que se realizan con el fin de reducir el tiempo de indisponibilidad del aparato por las inspecciones de mantenimiento menor. El reparto de la operación de la

inspección permite al personal de mantenimiento el efectuar cada día una serie de operaciones en función del número de horas de vuelo.

Estas operaciones serán realizadas en el curso de la jornada o coincidiendo con la inspección después del último vuelo del día.

## **2.9 Tipo de inspección según su composición**

### **2.9.1 Inspección de hélices de madera**

Las hélices de madera deben inspeccionarse con frecuencia para garantizar la aeronavegabilidad.

Inspeccione en busca de defectos, como grietas, abolladuras, alabeo, falla de pegamento, defectos de laminación en el acabado y carbonización de la madera entre la hélice y la brida debido a los pernos de montaje de la hélice sueltos. Examine la madera cerca de la funda de metal de las hojas para ver si hay grietas que se extiendan hacia afuera en la hoja. Estas grietas a veces se producen en los extremos roscados de los tornillos rezagados y pueden ser una indicación de agrietamiento interno de la madera.

Verifique la tensión de los tornillos, que sujetan el manguito de metal a la hoja de madera, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las fallas en las puntas durante el vuelo se pueden evitar mediante inspecciones frecuentes de la tapa de metal, la franja del borde delantero y las áreas circundantes.

Inspeccione para detectar defectos tales como flojedad o deslizamiento, separación de uniones soldadas, tornillos sueltos, remaches sueltos, roturas, grietas, secciones erosionadas y corrosión.

Inspeccione la separación entre el borde anterior metálico y la tapa, lo que indicaría que la tapa se está moviendo hacia afuera en la dirección de la fuerza centrífuga. Esta condición suele ir acompañada de decoloración y remaches sueltos.

Inspeccione la punta en busca de grietas sujetándola con la mano y girándola ligeramente alrededor de la línea central de la cuchilla longitudinal y doblando ligeramente la punta hacia atrás y hacia adelante. Si el borde anterior y la tapa se han separado, inspeccione cuidadosamente para detectar grietas en este punto.

Las grietas generalmente comienzan en el borde delantero de la cuchilla. Inspeccione los agujeros de humedad están abiertos. Una línea fina que aparece en la tela o el plástico puede indicar una grieta en la madera.

Verifique que el borde posterior de las palas de la hélice no esté pegado, separado o dañado. (Aircraft Propeller Inspection and Maintenance)

### **2.9.2 Inspección de hélices metálicas**

Las hélices y palas de metal son generalmente susceptibles a fallas de fatiga resultantes de la concentración de tensiones en la parte inferior de muescas, cortes y rasguños afilados.

Es necesario, por lo tanto, inspeccionar frecuente y cuidadosamente para detectar tales defectos. La inspección de las cuchillas de acero se puede realizar mediante inspección visual, penetrante fluorescente o partículas magnéticas. La inspección visual es más fácil si las cuchillas de acero están cubiertas con aceite de motor o compuesto anticorrosivo. La longitud total del borde anterior (especialmente cerca de la punta), la longitud total del borde posterior. Las ranuras y los hombros en el vástago y todas las abolladuras y cicatrices deben examinarse con una lupa para decidir si los defectos son rasguños o grietas. (Aircraft Propeller Inspection and Maintenance)

### **2.9.3 Inspección de hélice de aluminio**

Los propulsores deben ser inspeccionados regularmente. El intervalo de tiempo exacto para inspecciones la hélice suele ser especificado por el fabricante. La inspección diaria regular de las hélices varía poco de un tipo a otro.

Por lo general, es una inspección visual de las palas de la hélice, los cubos, los controles y los accesorios para la seguridad, la seguridad y el estado general, la inspección visual de las cuchillas no significa una observación descuidada o casual. La inspección debe ser lo suficientemente meticulosa como para detectar cualquier defecto o alteración que pueda existir.

Las inspecciones realizadas en intervalos de tiempo generalmente incluyen una verificación visual de:



1. Cuchillas, hilanderos y otras superficies externas para depósitos excesivos de grasa o aceite.
2. Suelde y vuelde secciones de cuchillas y cubos en busca de evidencia de fallas.
3. Cuchilla, hiladora y cubos para muescas, arañazos u otros defectos. Use una lupa si es necesario.
4. Tornillos de fijación del casquillo giratorio o del domo para la estanqueidad.
5. Los requisitos de lubricación y los niveles de aceite, cuando corresponda. (Flight Mechanic)

#### **2.9.4 Inspección de hélice compuesta**

Las palas compuestas deben inspeccionarse visualmente para detectar mellas, raspaduras, material suelto, erosión, grietas y despojos, y rayos. Las palas compuestas se inspeccionan en busca de laminaciones y desperdicios al golpear la cuchilla o el manguito (si corresponde) con una moneda de metal. Si un cambio audible es aparente, sonando vacío o muerto, es probable que se produzca una separación o una de laminación.

Las palas que incorporan un “puño” tienen un tono diferente cuando la moneda se toca en el área del puño. Para evitar confundir los sonidos, toque el área del brazalete y el área de transición entre el brazalete y la hoja por separado del área de la hoja. Técnicas adicionales de pruebas no destructivas (NDT), para materiales compuestos, como las inspecciones de conjuntos en fases y las inspecciones por ultrasonido, están disponibles para realizar inspecciones más detalladas.

Las reparaciones a las hélices a menudo se limitan a reparaciones menores. A los mecánicos certificados no se les permite realizar reparaciones mayores en las hélices ya que deben realizarse en una estación de reparación de hélice certificada. (Aircraft Propeller Inspection and Maintenance)

## 2.10 Según el fabricante

### 2.10.1 Hélices McCauley



**Figura 8** Logo de la hélice  
**Fuente:** (AVIATOR HOT LINE, 2014)

Son fabricadas de aleación de aluminio de alta resistencia y tratadas térmicamente, las hélices McCauley se identifican mediante una designación de modelo y un número de serie en los accesorios de paso fijo, el número de serie está estampado en el lado de la cara del cubo.

La hélice de una pieza con un solo ángulo de pala fijo, debe ser lo suficientemente alto para ofrecer un buen rendimiento de crucero, pero lo suficientemente bajo para lograr características aceptables de despegue y ascenso.

#### 2.10.1.1 Características de vida de la hélice

- Están fabricadas de aleaciones de aluminio forjado.
- Las palas de aluminio tienen un mantenimiento mucho menos que las de madera, lo que reduce considerablemente el coste de operación.
- También su vida es más larga, no solo por ser el aluminio más duradero, sino porque en las palas de aluminio se pueden realizar reparaciones.

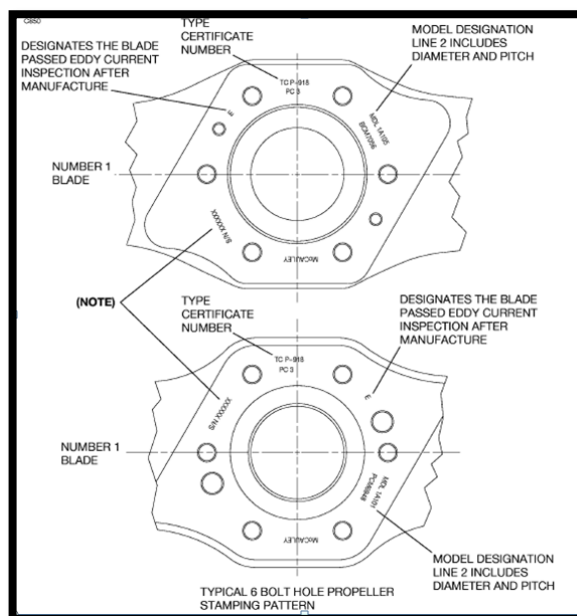
#### 2.10.1.2 Especificaciones McCauley en el cubo de la pala

**TC P-918.** Número de Certificado Tipo

**E.** Designa la pala pasada por inspección después de salir de fábrica

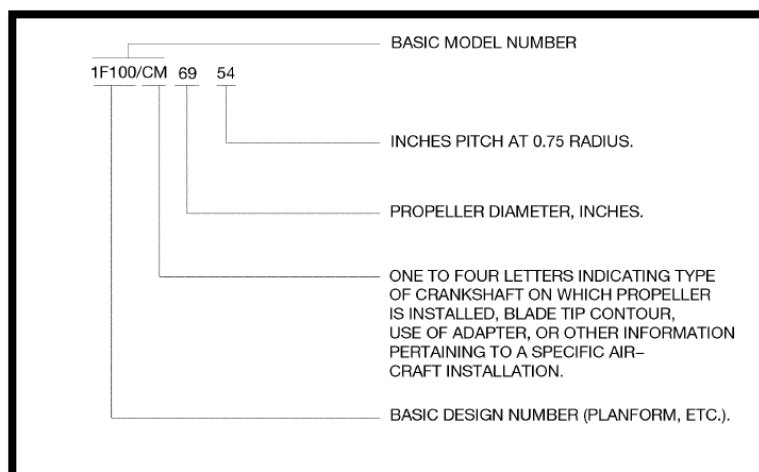
**NOTA:** El arreglo del sello o la ubicación del número de serie es opcional las letras pueden ser arqueadas o rectas, pero el sello del número de número de serie se encuentra en la pala número 1.

**MDL 1A105.** Designación del modelo en la línea 2, incluye diámetro y paso.



**Figura 9** Características sobre el cubo de una hélice de paso fijo  
**Fuente:** (McCauley Propeller Systems, 2013)

### 2.10.1.3 Designación del modelo



**Figura 10** Designación del modelo de hélice  
**Fuente:** (McCauley Propeller Systems, 2013)

**1F100/CM.** Número de diseño básico

**1F100.** Número de designación básica

**CM.** De una a cuatro letras indican el tipo de cigüeñal al que está instalado la hélice, contorno de la punta de pala, uso del adaptador, u otra información perteneciente a la instalación específica e la aeronave.

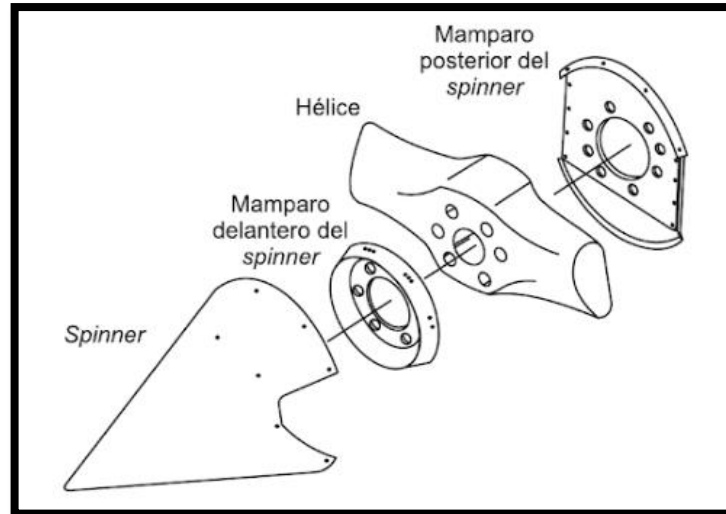
<b>CF</b>	Instalación en <i>mounting flange</i> SAE1; punta de pala elíptica
<b>CH</b>	Instalación en Buje Continental Motors Corp.; punta de pala elíptica
<b>CM</b>	Instalación en <i>mounting flange</i> SAE1; punta de pala cuadrada
<b>LF</b>	Instalación en <i>mounting flange</i> SAE2; con adaptador McCauley C-1210; punta de pala elíptica
<b>LM</b>	Instalación en <i>mounting flange</i> SEA2; con adaptador McCauley C-1210; punta de pala cuadrada

**Figura 11** Distintos tipos de unión al motor y forma de la punta de las palas  
Fuente: (CRESPO)

6. Agujeros para los pernos del modelo de la hélice

## 2.11 Conjunto de Spinner

Todos los aviones modernos constan de spinner montados sobre su respectivo cubo y sus componentes que son los siguientes:



**Figura 12** Partes de hélice  
Fuente: (CRESPO)

### 2.12 Hélices Sensenich

Se fabrican en ésta compañía una línea completa de hélices de aviación que incluyen hélices de madera de paso fijo de madera para aviones, deportivos ligeros y experimentales. Las hélices de aluminio para aviación general, como Cessna y Piper. El fabricante recomienda que una hélice debe ser revisada ya sea al tiempo o al límite del calendario, lo que ocurra primero. Si el motor se revisa antes de que el puntal alcance uno de los límites, la mayoría de los talleres recomendarán quitar la hélice y el gobernador y revisarlos cuando se reacondicione el motor. (PropellerMan)



**Figura 13** Logo de la hélice  
Fuente: (SENSENICH)

#### 2.12.1 Designaciones del modelo de hélice Sensenich

74 D M 6 S6 0 56

**74** – Basic propeller diameter in inches

**D** – Blade design

**M** - Hub Drilling

**6** - Mounting bolt diameter in 1/16 th's of an inch

**S6** - Spacer Length in 1/4's of an inch

**0** - Diameter reduction in inches

**56** - Geometric pitch in inches (PropellerMan)

### 2.13 Hélices Hartzell



**Figura 14** Logo de la hélice  
Fuente: (Hartzell Propeller)

Las hélices Hartzell están construidas con varios materiales, pero los componentes estructurales principales en el sistema de cubo son una aleación de aluminio de alta resistencia o piezas forjadas de acero. Las palas están hechas de piezas forjadas de aleación de aluminio de alta resistencia o materiales compuestos avanzados como Kevlar® o fibra de carbono. (Hartzell Propeller)

#### 2.13.1 Designaciones del modelo de hélices Hartzell

**HC-B 3 T N-3 DY**

**HC** - Hartzell Controllable

**B** - Basic Design Characteristic

**3** - Number of blades

**T** - Blade Shank

**N** - Mounting Flange

**3** - Specific Design Features

**DY** - Identifies minor modifications (PropellerMan)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

En este capítulo se describirá de manera textual cada uno de los pasos que se realizó en cada tarea para dar por realizada la inspección progresiva de 200 horas en la hélice McCauley del motor O200A del simulador de la ESCUELA DE AVIACIÓN PASTAZA. Mediante el estudio técnico de las horas de trabajo del componente, por lo tanto, es importante llevarlo a cabo como trabajo de graduación ya que es de gran utilidad para la metodología del aprendizaje, entrenamiento y capacitación de los pilotos.

##### **3.1.1 Recopilación de información**

Como paso primordial para el desarrollo de la Inspección se revisó la información necesaria adquirida con los manuales generales de la aeronave en la que antes se encontraba instalada. Para cumplir con los objetivos planteados fue necesario recopilar información que brinde respaldo como:

- Información del capítulo II
- Manual general de hélices de paso fijo
- Manual de información de hélices McCauley
- Certificados de aeronavegabilidad (AD)
- Certificado tipo de la FAA (CT) P-918
- Circular (AC) 43.13-1B



### 3.2 Estructura Física de la hélice McCauley 1A 102

Ésta hélice esta formada de un solo bloque y por ende el paso de la hélice es unico para todos los regimenes del vuelo, la hélice esta fijada directamente como una extensión del cigueñal del motor por ende las rpm de la hélice son las mismas que las del motor. Su componente principal de fabricación de la hélice McCauley son las aleaciones de aluminio.

**Tabla 1**  
**Particularidades de la Helice McCauley 1A 102OCM**

<b>Modelo</b>	1A 102
<b>Paso</b>	Fijo
<b>Limites de diametro</b>	69"
<b>HP</b>	100
<b>RPM</b>	2750
<b>Peso</b>	24.9 LB
<b>Número de hoyos para los pernos</b>	6
<b>Diametro de los hoyos para los pernos</b>	48"



**Figura 15** Cubo de la hélice McCauley 1A 102




**Servicio Requerido:** Inspección progresiva de 200 horas de la helices McCauley.






### 3.3 Materiales para realizar la inspección de la Hélice McCauley 1A 102OCM


Para el desarrollo de la inspección de la helice McCauley 1A102 se tomó en cuenta los detalles mencionados en el manual general de la hélice y de acuerdo a la inspección visual efectuada en la hélice se realizó un listado de las herramientas y materiales que se van a utilizar durante el desarrollo.

**Tabla 2**

#### Materiales para inspección

Descrpción	Cantidad	Material
Franela	1	
Guantes	1PAR	
Brocha	1	

Protector de ojos	1	
Mascarilla	1	
Lubriplay	1 Frasco	
Guaípe	1	
Aceite lubricante liviano mil-l-6081 grade 1010.	1	



Alambre de freno de diametro 0.032 inch	1	
--	---	---

**Nota:** Los siguientes materiales deben ser utilizados durante el proceso de la inspección.


### 3.4 Herramientas manuales para poder relizar la Inspección

**Tabla 3**

#### **Herramientas Manuales de inspección**

Descripción	Cantidad	Material
Destornillador estrella	1	
Corta frio	1	

<b>Llave 3/4</b>	<b>1</b>	
<b>Copa 9/16</b>	<b>1</b>	
<b>Racha con extensión</b>	<b>1</b>	
<b>Martillo de goma</b>	<b>1</b>	
<b>Punzón</b>	<b>1</b>	

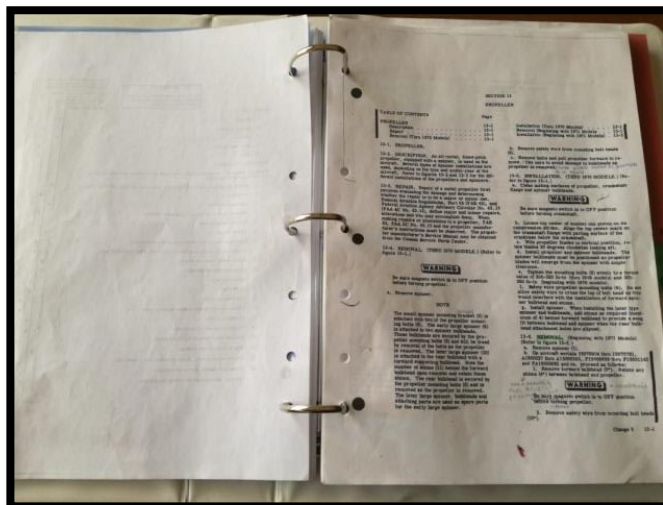
<b>Entorchador</b>	<b>1</b>	
--------------------	----------	--

### 3.5 Medidas de seguridad para realizar la inspección de la hélice

- Verificar el área de trabajo adecuada.
- Tener en cuenta los usos y normas de seguridad del lugar en el que se va a trabajar.
- Mantener las áreas de trabajo en condiciones de orden y limpieza.
- Usar el equipo de protección personal adecuado.
- No realizar trabajos no autorizados.
- Usar correctamente el equipo de protección.
- Realizar exactamente las indicaciones del supervisor e instructor.
- Tomar en cuenta las normas de seguridad de las herramientas a utilizar.

### 3.6 Remoción de la hélice McCauley

Para realizar la remoción de los componentes se requiere tener el manual general de la hélice, se debe remover y mantener todos los componentes en un lugar visible y adecuado. Anotar las localizaciones de cada componente ya que el procedimiento de la remoción debe ser minucioso para evitar daños en las localidades de donde se realizará la remoción.



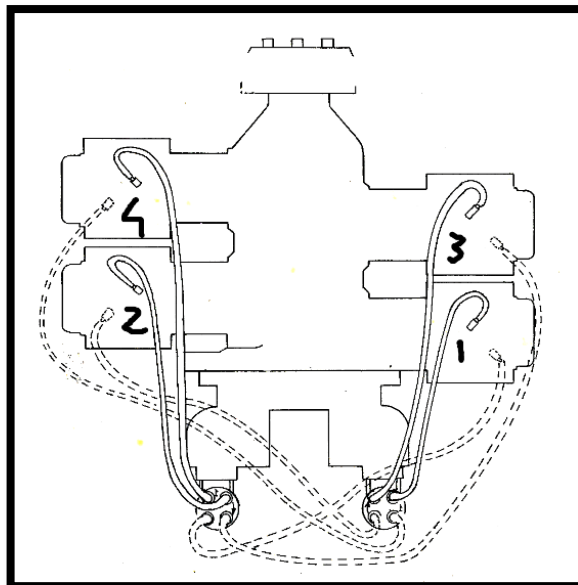
**Figura 16** Manual general de la hélice

**Precaución:** Según el manual general de la hélice se debe asegurarse de que el switch de la magneto se encuentre en la posición OFF antes de rotar el cigüeñal. (Anexo 1)



**Figura 17** Switch en OFF

**Nota:** El motor continental O200A en el cual está instalada la hélice tiene 4 cilindros numerados desde la parte posterior del motor observado desde la parte frontal de la hélice, con orden de encendido 1-3-4-2.



**Figura 18** Numeración de los cilindros

Para remover la hélice, se debe colocar en el punto muerto superior al pistón número 1 en su carrera de compresión. Para asegurar de que el pistón se encuentre en la parte superior se removi6 lo siguiente:

**Tabla 4**

**Remoci6n de bujía y arnés encendido**

Remoci6n	Descripci6n
<p>Arnés de encendido con una llave <math>\frac{3}{4}</math></p>	



Bujía con una copa de 22mm



Para que el pistón número uno esté en el punto muerto superior se colocó una herramienta manual denominada “dedo de aluminio” en lugar de la bujía, con el motivo de que al rotar manualmente en sentido horario la hélice emita un sonido de aviso y expulsa el corcho, de esa manera es como se constató que el pistón se encontraba en el punto muerto superior.

### 3.7 Remoción de componentes de la hélice McCauley 1A 102

Para realizar la remoción de los componentes se requiere tener el manual general de la hélice, se debe remover y mantener todas los componentes con su respectivo ensamblado. Se debe tomar nota de las localizaciones de cada componente y el procedimiento de la remoción debe ser minucioso para evitar daños en las localidades de donde se realizará la remoción.

### 3.8 Remoción del spinner

**Nota:** El spinner es un componente de forma cónica que hacen que la aeronave en general sea más aerodinámica, montado sobre el centro de la hélice y sujetado al mamparo con 8 tornillos. Según las instrucciones del manual para la remoción del spinner se utilizó un destornillador estrella para quitar los tornillos de sujeción.

**Nota:** Adaptando una posición apta para remover los pernos se debe aflojar en forma de “X” para evitar daños en los hilos de los pernos y hoyos del spinner.



**Figura 19** Remoción de pernos y spinner

### 3.9 Remoción del conjunto de la hélice

Quitar el alambre de freno que se encuentran entorchados en los pernos con una pinza de corte.



**Figura 20** Pinza de corte



**Figura 21** Alambre de freno en los pernos

Una vez que los pernos y arandelas se encuentre sin el alambre de freno, se procede a romper el torque y aflojar los pernos con una racha con copa 9/16”.

**Nota:** Los pernos y arandelas deben aflojarse en forma de “x” o “+”.



**Figura 22** Remoción de pernos

Después de remover los pernos se debe quitar con cuidado y con distancia prudente el mamparo delantero, hélice y el mamparo posterior de la hélice que se encuentra cerca del espaciador.

**Nota:** La mesa de trabajo debe estar cerca para colocar los componentes.



**Figura 23** Componentes removidos

### 3.10 Remoción del espaciador

Para remover el espaciador fue necesario utilizar un martillo de goma y realizando movimientos suaves de izquierda a derecha para no ocasionar daños en el componente.



**Figura 24** Remoción del espaciador

**Nota:** Una vez realizada la remoción de todos los componentes de sujeción de la hélice, se toma como referencia del manual general de la hélice los componentes que van a inspeccionar.

### **3.11 Inspección de la hélice McCauley 1A 102**

Para realizar una inspección progresiva de 200 horas en una hélice se debe regir a las indicaciones e instrucciones que indica el manual referente a los componentes a inspeccionar. Según los requerimientos que emite el ÍTEM DE INSPECCIÓN (Anexo 2) son:

- Spinner bulkhead
- Bolts and nut
- Hub

Según la descripción general del manual de servicio del fabricante para realizar la inspección de la hélice primero se realiza una evaluación de los daños para determinar si son daños de reparación mayor o menor.

La Advisory Circular o AC 43.13 de la FAA y el manual de instrucción del fabricante de la hélice define quien puede realizar las reparación mayor o menor, alteraciones. (Anexo 3).

Especificación de la hélice y componentes en el Certificado tipo No. 918. (Anexo 4)

#### **3.11.1 Para realizar una inspección en una hélice la compañía McCauley requiere como punto principal lo siguiente:**

La limpieza de los componentes que para eso se utilizó una franela humedecida con aceite liviano para limpiar la hélice ya que el aceite quita y evita las sustancias que causan corrosión.



**Figura 25** Limpieza de componentes

### 3.11.2 Inspección del Spinner

Es necesario chequear en su totalidad al spinner para verificar que no existan roturas y daños para enviar el componente a reparación o siga en funcionamiento. Al verificar que el componente se encuentra en estado operativo, se realiza una limpieza dejando listo al componente para volver a instalar.

**Nota:** El spinner no es parte de los ítems de inspección de 200 horas, pero es necesario el chequeo visual.



**Figura 26** Spinner

### 3.11.3 Inspección del mamparo delantero

La inspección visual del mamparo delantero del spinner se realizó de manera minuciosa, verificando que no existan daños que sobrepasen los límites de fisuras o

rajaduras, para reemplazar o reparar mediante el desarrollo del procedimiento de mantenimiento de la aeronave y sus componentes detallado en la inspección de las 200 horas.

**Nota:** En caso de sobrepasar los límites de tolerancia, el componente debe ser removido por cumplir su tiempo operativo.



**Figura 27** Mamparo delantero del spinner

#### 3.11.4 Inspección de mamparo posterior

Al realizar la inspección visual del mamparo posterior del spinner se fue verificando que no existan daños que sobrepasen los límites, tanto para reemplazar por causa de presión de impacto que recibe

**Nota:** El mamparo posterior se encontró en estado operativo hasta su tiempo límite.



**Figura 28** Mamparo posterior del spinner

### 3.11.5 Inspección de pernos

En el chequeo de los pernos y arandelas se utilizó un guaípe para realizar la limpieza y se verificó que no existieran roturas ya que eso causaría exceso de velocidad. Las rayaduras eran leves y cumplía con los estándares de funcionamiento para no ocasionar daños en el mamparo delantero del spinner.



**Figura 29** Pernos

### 3.11.6 Inspección del cubo de la hélice

Para realizar la inspección de la hélice fue necesario trasladar la hélice a la mesa de trabajo y verificar si en el cubo existían alteraciones altas como melladuras o roturas leves. De existir una de las nombradas anteriormente es necesario enviar al componente a realizar alguna reparación o un mantenimiento, dependiendo el estado del componente.

**Nota:** SEGÚN LA AC 43.13.1B. Tanto la hélice como las palas de aluminio se debe inspeccionar cuidadosamente para detectar defectos. Una grieta transversal o defecto es causa para no usar o cambiar el componente.

**Nota:** En caso de visualizar fracturas o estrías es necesario usar una luz brillante y una ampliación de 10X para realizar la inspección es causa para retirar el cubo del servicio.





**Figura 30** Hélice Mc Cauley 1A102

Para verificar el estado de la hélice se realizó en chequeo total del componente y se encuentra en estado de funcionamiento.

### **3.11.7 Inspección del espaciador**

Según las indicaciones del manual general después de la remoción se realizó la inspección visual, verificando así que no tenga falencias y ningún factor para que pueda perjudicar el funcionamiento de los demás componentes de la hélice.



**Figura 31** Espaciador

**Nota:** En caso de realizar una reparación de los componentes o en la hélice se debe tomar las medidas de precauciones para ser realizada por técnicos de mantenimiento debidamente calificados.

**Tabla 5**  
**Verificación de Inspección**

Componente	Inspección visual		Mantenimiento	Estado ok
	Si	No		
Espaciador	✓		✓	✓
Mamparo posterior del spinner	✓		✓	✓
Cubo de la hélice	✓		✓	✓
Mamparo delantero del spinner	✓		✓	✓
Arandelas de los pernos	✓		✓	✓
Pernos	✓			Normal
Tornillos	✓			Normal
Espaciador	✓		✓	✓
	✓		✓	✓
	✓		✓	✓

### 3.12 Instalación de componentes de la hélice McCauley

**Precaución:** Para la instalación de los componentes es necesario verificar el witch del magneto se encuentre en OFF.

#### 3.12.1 Instalación del espaciador

**Nota:** para realizar la instalación de espaciador es necesario asegurarse de que la superficie de contacto de la hélice, la brida del cigüeñal, los hoyos del espaciador estén limpios.



**Figura 32** Superficie para colocar el espaciador

Para instalar el espaciador hay que asegurarse de que los ejes estén alineados y asegurados en la brida del cigüeñal.

**Nota:** en caso de no identificar la pala número 1 se puede alinear con el número de serie de la hélice.



**Figura 33** Instalación del espaciador

### **3.12.2 Instalación del mamparo posterior del spinner**

El mamparo posterior es colocado sobre el espaciador, pero es necesario verificar la posición sea la adecuada alineando con la marca de la pala de la hélice o chequear el manual general de la hélice para que la instalación sea segura.

**Nota:** Colocar una película de aceite en los pasadores del espaciador antes de colocar la hélice.



**Figura 34** Colocación del mamparo posterior del spinner

### 3.12.3 Instalación de la hélice y mamparo delantero del spinner

Es necesario presionar el mamparo posterior del spinner junto con el espaciador, evitando abolladuras o alguna deformación durante el montaje conjuntamente con el espaciador delantero del spinner.



**Figura 35** Instalación del mamparo delantero

### 3.12.4 Instalación y ajuste de pernos

Se colocó los pernos en “x” hasta que los hilos se sujeten, posterior a eso se fue ajustando de manera uniforme en el sentido ya mencionado para que no existan daños en los hilos de los pernos.

**Nota:** En caso de que los pernos se reutilicen y no sean reemplazados para volver a instalar se debe untar en el perno LUBRIPLAY, grasa hecha para proteger y lubricar.



**Figura 36** Pernos extraídos

Se ajustó los pernos con una racha y copa 9/16 para después torquiar.



**Figura 37** Ajuste de pernos con herramienta manual

Se revisó las indicaciones del manual general de la hélice, el mismo que indica el torque que se debe aplicar para pernos nuevos es de 300-360 libras-pulgada, pero como los pernos se volvieron a instalar por buenas condiciones su torque fue de 330 libras-pulgadas.



**Figura 38** Torquímetro

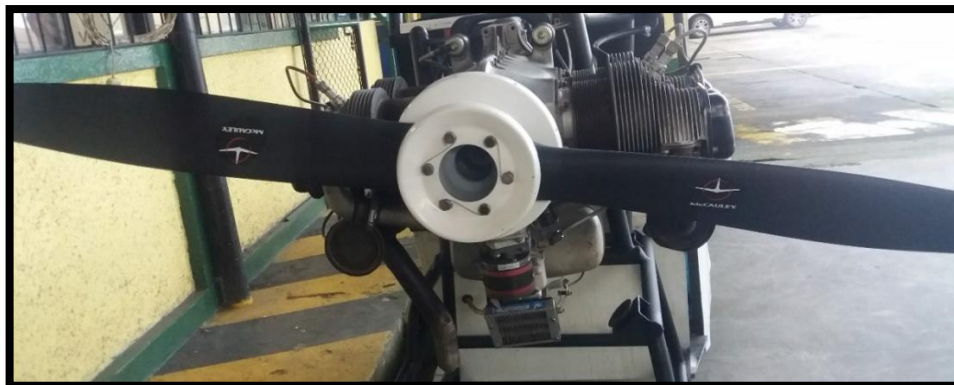
### 3.12.5 Entorchado de los pernos

Con alambre de freno número 0.032 pulgadas se entorchó de dos en dos las cabezas de los pernos, utilizando una entorchador; una herramienta manual que es utilizada para asegurar de manera satisfactoria en los pernos que por medio de las vibraciones evitar que se aflojen, Su ajuste debe ser al lado opuesto del ajuste de los pernos.

**Nota:** Como norma general el enrollado del alambre debe ser de 8 a 10 vueltas por pulgada, tomando en cuenta el doblado alrededor de la cabeza de los pernos y el sentido de giro del trenzado. (htt)

Bolt or Nut Diameter	Torque (DRY) Pound-Feet	Torque (DRY) Pound-Inches	Torque (DRY) Newton Meters (N-m)
3/8	25 to 30	300 to 360	33.895 to 40.675

**Figura 39** Detalle del torque de los pernos



**Figura 40** Entorchado de los pernos de sujeción de la hélice

**Nota:** Asegurarse de que el alambre de freno no este demasiado flojo.

Es necesario alinear la marca TOP CENTER (TC) con la superficie de separación del cárter debajo del cigüeñal. Con las palas de la hélice en posición vertical, rote 30° la pala en sentido de las agujas del reloj.

### 3.12.6 Instalación de spinner

Se debe colocar el spinner alineando con los orificios de los pernos mampero posterior para poder colocar los pernos de sujeción del spinner. Ubicándolos en sentido de “x” para evitar daños en los hilos se ajusta solamente hasta presionar con el destornillador estrella.

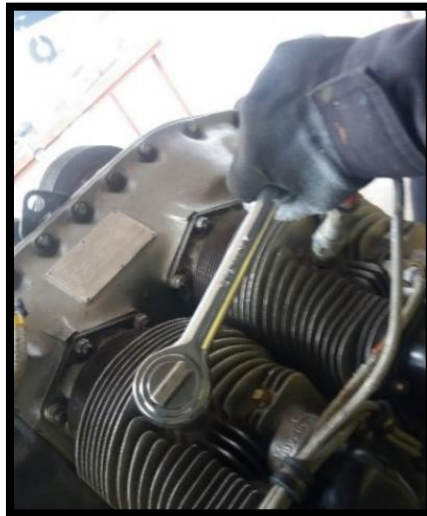


**Figura 41** Pernos de sujeción del spinner



**Figura 42** Ajuste de tornillos del spinner

Después de haber instalado todos los componentes removidos y una vez realizada la inspección correspondiente la hélice, se debe verificar que el pistón número 1 se encuentre en el punto muerto superior en su carrera de compresión. Colocar la bujía del pistón número uno con una racha y copa de bujía de 22mm.



**Figura 43** Ajuste de bujía

Una vez ajustada se utilizó el torquímetro con 330 pulgada-libra y siguiendo los parámetros del motor Continental O-200-A, y asegurar el arnés de encendido con una llave  $\frac{3}{4}$ . (Anexo 5).





**Figura 44** Ajuste de arnés de encendido

Dado por culminado el trabajo propuesto es necesario el análisis económico y de recursos que necesariamente fueron necesarios para finiquitar de manera exitosa.

### **3.13 Pruebas de Funcionamiento**

Una vez terminada la tarea de mantenimiento explicada en el presente proyecto de titulación, se procede a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

La hélice sobre la cual se basa el proyecto se encontraba instalada en la aeronave Cessna C-150 con matrícula HC-BKH de color amarilla, y después de la inspección de 200 horas estaba destinada a montarse en el simulador de vuelo de la Escuela de Aviación Pastaza, posición en la que se encontró por un par de semanas, cumpliendo satisfactoriamente su función. Debido a inconvenientes con otra aeronave (Cessna C-150 con matrícula HC-CHR) también perteneciente a la flota de la escuela, en la cual su hélice tuvo un retraso en el tiempo de entrega desde el país al cual se envió a realizar un Overhaul, se requería de una hélice compatible con dicha aeronave.

Al contar con la hélice sobre la cual se desarrolló el presente proyecto montada en el simulador y con horas remanentes en su bitácora se procedió a montar sobre la aeronave solicitante. Al montar la hélice en una aeronave 100% operativa se procede a comprobar a cabalidad la inspección de 200 horas realizada sobre la misma.

El trabajo de montaje y comprobación se lo realizó siempre bajo supervisión del jefe de mantenimiento, usando los equipos de protección personal al momento de su montaje, y siguiendo los pasos que se indica en el punto 3.12 explicados anteriormente. La aeronave sobre la cual se montó la hélice se encuentra volando hasta la fecha actual con satisfacción total de cumplimiento de sus funciones, quedando así demostrado que el mantenimiento de 200 horas a la hélice se realizó a la perfección y en conformidad a lo que indican los manuales de mantenimiento.

A continuación, se adjuntan fotos de la aeronave sobre la cual se encontraba la hélice antes de realizarse la inspección y una foto como prueba de la aeronave que se encuentra haciendo uso de la hélice McCAULEY 1A-102 en línea de vuelo.



**Figura 45** Hélice previo a su inspección en aeronave HC-BKH



**Figura 46** Aeronave HC-CHR haciendo uso de la hélice satisfactoriamente

La escuela de Aviación Pastaza otorgó un certificado de conformidad con el trabajo realizado, para el desarrollo del presente trabajo de titulación, el cual se encuentra en la sección de anexos. (Ver anexo 6 – Certificado de conformidad)

### 3.13 Análisis Económico

El presupuesto global para que la elaboración de este proyecto que tenía como finalidad realizar la inspección progresiva supervisada de 200 horas para la hélice McCauley 1A-102 del motor continental O200A perteneciente a la Escuela de Aviación Pastaza. En la siguiente tabla se presenta el costo del presupuesto inicial en dos grupos: Recursos y Costos.

#### 3.13.1 Recursos

Se contará con el talento humano que será el apoyo del director del proyecto y el autor del mismo.

#### 3.13.2 Costos Primarios

**Tabla 6**

#### Costos Primarios

Nº	MATERIAL	CANT	P. UNITARIO	P.TOTAL
1	Manual General	1	250	250
2	Manual de paso fijo	1	200	200
3	Destornillador	1	5	5
4	Copa 9/16	1	12	12
5	Cortafrío	1	8	8
6	Alambre de freno	1	60	60

<b>7</b>	Franelas	2	5	5
<b>8</b>	Aceite lubricante	1	25	25
<b>9</b>	Lubriplay	1	20	20
<b>10</b>	Guaípe	2	2	2
<b>11</b>	Llave mixta $\frac{3}{4}$	1	13	13
<b>12</b>	Racha	1	15	15
<b>13</b>	Martillo de goma	1	15	15
<b>14</b>	Brocha	1	1	1
<b>15</b>	Equipo de protección P.	1	30	30
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 641</b>

### 3.13.3 Costos Secundarios

**Tabla 7**

#### Costos Secundarios

<b>N°</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO</b>
1	Alimentación	200
2	Transporte	200
3	Impresiones	50
4	Empastados	50
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 500</b>

### 3.13.4 Costo Total

**Tabla 8**

#### **Costos Total**

Costo Primario	641
Costo Secundario	500
<b>Total</b>	<b>\$ 1141</b>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Para la recopilación de información previa a la inspección de la hélice perteneciente a la Escuela de Aviación Pastaza en la ciudad de Shell Mera, en primera instancia se realizó adquisición del manual específico y general con el fin de adquirir información y datos específicos técnicos de la hélice de paso fijo.
- Al momento de revisar el estado de la hélice se toma en cuenta el chequeo visual específico de los componentes, para la ejecución de la inspección sin alteraciones y modificaciones que menciona el manual general de la hélice.
- Al realizar la remoción e inspección progresiva de los componentes de la hélice McCauley se pudo constatar que el estado físico se encontraba en condiciones aptas para seguir cumpliendo sus horas de trabajo en cuestión de funcionamiento general para el simulador.

#### 4.2 Recomendaciones

- Recopilar información teórica con el respaldo correspondiente tanto del fabricante como de la FAA, según sea necesario para el desempeño y elaboración correcta de la inspección progresiva.
- Seguir cada uno de los pasos que mencionan los manuales referentes a la inspección, tomando en cuenta que las herramientas que se van a utilizar sean las adecuadas para el desempeño del trabajo para no perjudicar el desarrollo y funcionamiento de la hélice.
- La inspección progresiva dio como resultado positivo y un estado operativo de los componentes según su cumplimiento de las horas de trabajo de la hélice, por lo tanto, se debe cumplir con lo requerido del manual sin alteraciones ni modificación alguna.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sWP84Stf0u8>

(1997). En E. A. Oñate, *Conocimientos del avión*. EL VIEJO TOPO - Waldhuter la librería.

*Aerospace Engines (Aircraft Engines and Rockets - Motores de Aviación y Cohetes)*. (14 de 08 de 2016). Obtenido de <http://aerospaceengines.blogspot.com/2016/08/dcxxxix-sobre-la-numeracion-de-los.html>

*Aircraft Propeller Inspection and Maintenance*. (s.f.). Obtenido de <https://www.aircraftsystemstech.com/p/propellerinspection-and-maintenance.html>

ASC. PASIÓN POR VOLAR. (14 de 02 de 2010). *Hélices de avión*. Obtenido de <http://www.pasionporvolar.com/helices-de-avion/>

*AVIATOR HOT LINE*. (14 de 05 de 2014). Obtenido de <https://www.aviatorshotline.com/aircraft-press-releases/mccauley-composite-propeller-receives-faa-certification>

CRESPO, J. L. (s.f.). *Módulo 17 HÉLICES*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=K1BCSTx2JF4C&pg=PA38&lpg=PA38&dq=Sensenich+de+dos+palas+y+paso+fijo+helices+para+avion&source=bl&ots=K6kQrovt1X&sig=ACfU3U0wgEulUK69afxxzCGFjw3iCJTtQQ&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjI5uDvp6\\_iAhVDwFkKHWbbD-4Q6AEwDXoECAgQAQ#v=on](https://books.google.com.ec/books?id=K1BCSTx2JF4C&pg=PA38&lpg=PA38&dq=Sensenich+de+dos+palas+y+paso+fijo+helices+para+avion&source=bl&ots=K6kQrovt1X&sig=ACfU3U0wgEulUK69afxxzCGFjw3iCJTtQQ&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjI5uDvp6_iAhVDwFkKHWbbD-4Q6AEwDXoECAgQAQ#v=on)

*Flight Mechanic*. (s.f.). Obtenido de <https://www.flight-mechanic.com/propeller-inspection-and-maintenance/>

*Great bustard's flight*. (21 de 05 de 2019). Obtenido de

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/>

Hartzel Propeller . (s.f.). *WHAT ARE THE BENEFITS OF COMPOSITE*

*PROPELLERS?* Obtenido de <http://hartzellprop.com/benefits-of-composite-propellers/>

Hartzell Propeller. (s.f.). *TECHNICAL QUESTIONS*. Obtenido de

<http://hartzellprop.com/faq/technical-questions/>

*HELICE (TEORIA DE HELICES)*. (s.f.). Obtenido de

<http://www.alasewm.com.ar/helicewm.htm>

(2013). McCauley Propeller Systems.

*PropellerMan*. (s.f.). Obtenido de <https://www.propellerman.com/hours-or-years.html>

PropellerMan. (s.f.). *Sensenich Aluminum Aircraft Propeller Model Designations*.

Obtenido de <https://propellerman.com/tech-info.html>

SENSENICH, P. (s.f.). *Aircraft Propellers*. Obtenido de

<http://www.sensenich.com/product-category/aircraft/>



# ANEXOS

