



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES

TEMA: REPARACIÓN DEL CARENADO CENTRAL DEL TREN DE  
ATERRIJAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE HAWKER  
SIDDELEY HS-125-400 PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE

AUTOR: ACOSTA MORENO, ANDRÉS GABRIEL

DIRECTOR:

ING. BAUTISTA ZURITA, RODRIGO CRISTÓBAL

LATACUNGA

2019



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

#### CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que la monografía: **“REPARACIÓN DEL CARENADO CENTRAL DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY HS-125-400 PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE”**, fue realizado por el señor **ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL** la misma que ha sido revisada en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 noviembre del 2019



---

ING. RODRIGO BAUTISTA ZURITA  
CC. 172024099-1



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“REPARACIÓN DEL CARENADO CENTRAL DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY HS-125-400 PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz

Latacunga, 27 noviembre del 2019

ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL

CC. 160051343-4



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL**, autorizo la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“REPARACIÓN DEL CARENADO CENTRAL DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE HAWKER SIDDELEY HS-125-400 PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 27 noviembre del 2019**

---

**ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL**

CC. 160051343-4

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida y de mis decisiones, quien me ha bendecido y me ha dado fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer y me ha permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias y opiniones. A mis tíos los cuales me ayudaron, impulsaron y presionaron para ser mejor persona y mejor profesional.

A mi padre, aunque no esté conmigo ahora, quiero dedicarle mi formación profesional el cual dejó su legado en mí desde muy pequeño. Me inspiró que si quiero conseguir algo, tengo que hacerlo con amor y pasión. Decirle “lo logré y voy por más papá, y que en donde estés siempre te pienso mucho”.

Dedico este trabajo a la Carrera de Mecánica Aeronáutica, a los docentes que impartieron sus conocimientos desde su experiencia laboral hasta estos días, a mis colegas compañeros de curso que compartimos buenas experiencias dentro y fuera del aula y ahora cada uno de ellos buscan ejercer su pasión por la aviación en cada rincón del país y del mundo.

**ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL**

## AGRADECIMIENTO

Principalmente dice la Biblia “Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres”. Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad por el cual me ha permitido lograr culminar mi carrera profesional como técnico aeronáutico.

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo no creo que sea el único legado del cual yo particularmente me siento muy agradecido, mis padres me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. Ellos son mis pilares de la vida, les dedico este trabajo de titulación. Gracias Ángel Acosta y Shirley Moreno.

A mi hermano que a pesar de que él con su silencio sigue mis pasos como ejemplo en el campo aeronáutico y que tiene en la sangre esa pasión por los aviones.

A mis tíos Edmundo y Margarita, que de alguna manera siempre estuvieron conmigo y brindaron su apoyo incondicional y desinteresado dándome una mano en su hogar.

A Galo Ortiz y Andrés Ortiz, dos hermanos que desde que yo empecé mi carrera profesional me han dado el privilegio de poder trabajar y aprender con ellos a ser mejor profesional y mejor ser humano, les quedo infinitamente agradecido por su apoyo y sé que puedo contar con ustedes.

A mi compañera de vida Anita Hidalgo, que me presionó e incluso me sacó de casillas por obtener este logro, le agradezco infinitamente a Dios por ponerle en mi camino y que sea parte de este escalón a seguir.

Finalmente, a mi Institución, la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE con sus respectivas autoridades y docentes que impartieron a lo largo de la preparación académica nos formaron como futuros aerotécnicos del Ecuador, dando confianza para triunfar en la vida y compartir conocimientos de lo que he aprendido a lo largo de mi carrera profesional

**.ACOSTA MORENO ANDRÉS GABRIEL**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
1.3. Justificación e Importancia.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Alcance .....	3

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del Avión Hawker Siddeley HS-125-400.....	4
2.1.1. Desarrollo de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400 .....	4
2.1.2. Especificaciones Técnicas HS-125-400.....	5

2.2.	Fuselaje .....	5
2.3.	Carenados (Fairings) .....	6
2.3.1.	Generalidades.....	6
2.3.2.	Tipos de Carenados.....	7
a.	Carenado de Vientre (Belly Fairing).....	7
b.	Carenado de Cabina (Cockpit Fairing).....	8
c.	Carenados de motor (Engine Cowlings) .....	8
d.	Puntas de Ala (Wing Tips) .....	9
2.4	Inspección.....	9
2.4.1	Revisiones de mantenimiento de aeronaves .....	9
2.4.2	Métodos para hacer una inspección .....	11
a.	Inspección Visual Directa y Remota .....	11
b.	Inspección de Corrientes Inducidas .....	11
c.	Inspección por Líquidos Penetrantes.....	12
e.	Inspección por Partículas Magnéticas .....	12
d.	Inspección por Ultrasonido .....	13
2.5	Herramientas y Materiales de Estructura.....	14
2.5.1	Remache .....	14
2.5.2	Herramientas de sujeción de estructuras.....	17
2.5.3	Herramientas de golpe.....	18
2.5.4	Herramientas de preparación de láminas de estructura .....	20
2.5.5	Ferretería Aeronáutica .....	21
2.6	Equipos de Protección Personal (EPP) .....	22
2.6.1	Overol .....	22
2.6.2	Guantes .....	22
2.6.3	Protección para los ojos.....	23



2.6.4	Calzado.....	24
2.6.5	Protección para la cabeza .....	24
2.6.6	Mascarillas .....	25
2.6.7	Protección Auditiva .....	25

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	Carenado del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400.....	27
3.2	Inspección del carenado central del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400.....	29
3.3	Attachment Angle.....	29
3.3.1	Reparación del Attachment Angle.....	30
3.4	Beacon Fairing.....	32
3.4.1	Reparación del panel de las antenas de comunicación.....	34
a.	Equipos y Materiales.....	34
3.4.2	Instalación de los paneles de la antena de comunicación y luz beacon a estructura de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400 .....	51
3.5	Access covers and L/H Main Landing Gear Fairing .....	52
3.5.1	Limpieza e inspección de las cubiertas de acceso y carenado del tren aterrizaje izquierdo L/H.....	56
3.6	Access covers and R/H Main Landing Gear Fairing .....	58
3.6.1	Limpieza e inspección de las cubiertas de acceso y carenado del tren aterrizaje izquierdo R/H .....	60

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones.....	61
4.2	Recomendaciones .....	62

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Hawker Siddeley HS-125-40.....	5
<b>Figura 2</b> Fuselaje de una aeronave.....	6
<b>Figura 3</b> Esquema de carenados de una Aeronave .....	7
<b>Figura 4</b> Carenado de Vientre de un Boeing 787-9 .....	7
<b>Figura 5</b> Carenado de Cabina de un ultraligero P&M GT450 .....	8
<b>Figura 6</b> Carenado de un motor CFM56-7B.....	8
<b>Figura 7</b> Winglet de un Airbus A350 X.....	9
<b>Figura 8</b> Inspección visual de un motor y estructura .....	11
<b>Figura 9</b> Inspección por medio de corrientes inducidas .....	12
<b>Figura 10</b> Inspección por medio de líquidos penetrantes .....	12
<b>Figura 11</b> Equipos para realizar inspección de partículas magnéticas.....	13
<b>Figura 12</b> Equipos para realizar inspección de partículas magnéticas.....	13
<b>Figura 13</b> Remache AN 470 4-8 Cabeza Universal.....	14
<b>Figura 14</b> Remache sólido AN 426 3-3.5 Cabeza Avellanada.....	15
<b>Figura 15</b> Remache Pop AN 470 3-4 LP Cabeza Universal.....	15
<b>Figura 16</b> Remache Cherry Max AN 426 3-4 cabeza avellanada .....	16
<b>Figura 17</b> Identificación de remaches .....	16
<b>Figura 18</b> Material de remaches.....	17
<b>Figura 19</b> Clecos con diferentes dimensiones .....	18
<b>Figura 20</b> Cleco playo .....	18
<b>Figura 21</b> Remachadora de aire.....	19
<b>Figura 22</b> Buterolas y remachadora neumática.....	19
<b>Figura 23</b> Bucking Bars .....	20

<b>Figura 24</b> Deburring Tool.....	20
<b>Figura 25</b> Deburring Bit.....	21
<b>Figura 26</b> Ferretería Aeronáutica Clase 3 .....	21
<b>Figura 27</b> Overol (EPP) .....	22
<b>Figura 28</b> Guantes de acuerdo a los niveles de uso (EPP).....	23
<b>Figura 29</b> Protección de ojos de acuerdo a los tipos de uso (EPP).....	23
<b>Figura 30</b> Calzado de acuerdo a los niveles de riesgo (EPP).....	24
<b>Figura 31</b> Protección para cabeza de acuerdo al uso y desempeño (EPP) .....	25
<b>Figura 32</b> Mascarilla de acuerdo al uso y desempeño (EPP) .....	25
<b>Figura 33</b> Protección auditiva (EPP) .....	26
<b>Figura 34</b> Ilustración del Carenado de la Aeronave Hawker Siddeley .....	29
<b>Figura 35</b> Condiciones de la costilla y fuselaje de la aeronave .....	30
<b>Figura 36</b> Estado de la costilla y fuselaje de la aeronave.....	30
<b>Figura 37</b> Limpieza y aplicación de Primer a la estructura y costilla.....	31
<b>Figura 38</b> Remachado con remaches Pop LP5-6 a la estructura.....	31
<b>Figura 39</b> Condiciones del panel IN de las antenas HF y VHF fuselaje.....	32
<b>Figura 40</b> Condiciones de los paneles que sujetan al panel de la antena de comunica- ción HF y luz beacon.....	32
<b>Figura 41</b> Condiciones del panel IN de las antenas de comunicación HF y VHF...33	33
<b>Figura 42</b> Condiciones de las pieles del panel en los puntos de sujeción .....	33
<b>Figura 43</b> Marcación con el puntero guía en remaches AN 426 .....	34
<b>Figura 44</b> Extracción de remaches AN 426 5-4, 5-6 del panel VHF .....	35
<b>Figura 45</b> Extracción de tornillos de la antena HF .....	35
<b>Figura 46</b> Piel de refuerzo de la antena HF .....	36
<b>Figura 47</b> Lámina de unión de las dos pieles de la estructura.....	36

<b>Figura 48</b> Rajaduras en los puntos de sujeción de la estructura.....	37
<b>Figura 49</b> Piel con corrosión y daño estructural .....	37
<b>Figura 50</b> Molde sobre la lámina de espesor 0.032 in de la estructura.....	38
<b>Figura 51</b> Molde sobre la lámina de espesor 0.063 in de la estructura.....	39
<b>Figura 52</b> Molde sobre lámina de espesor 0.032 in marcado .....	39
<b>Figura 53</b> Lámina de espesor 0.032 in cortado .....	40
<b>Figura 54</b> Limpieza de filos en la lámina de espesor 0.032 in .....	40
<b>Figura 55</b> Limpieza de orificios en la lámina de espesor 0.032 in.....	41
<b>Figura 56</b> Huecos y filos limpios en la lámina de espesor 0.032 in.....	41
<b>Figura 57</b> Colocación de las nuevas láminas en la estructura.....	42
<b>Figura 58</b> Marcación orientación de las nuevas pieles .....	42
<b>Figura 59</b> Huecos avellanados para remaches AN 426.....	43
<b>Figura 60</b> Comprobación de orificios avellanados para remaches AN426 .....	43
<b>Figura 61</b> Dimpling die en huecos #19 (11/64).....	44
<b>Figura 62</b> Nut Plates K1000-3 y tornillos AN507C-832R8 de rosca fina.....	44
<b>Figura 63</b> Aplicación de removedor de pintura a la estructura.....	45
<b>Figura 64</b> Limpieza con tinner a todas las partes.....	45
<b>Figura 65</b> Preparación de Primer relación 1:1 .....	46
<b>Figura 66</b> Aplicación de Primer a todas las partes.....	46
<b>Figura 67</b> Remachado de láminas en la estructura .....	47
<b>Figura 68</b> Remachado de lámina de refuerzo en la estructura.....	47
<b>Figura 69</b> Remachado de la unión de las dos pieles.....	48
<b>Figura 70</b> Remachado de los Nut Plates K1000-3 para la antena de COM.....	48
<b>Figura 71</b> Perforación con un unibit para la base de la antena HF .....	49

<b>Figura 72</b> Colocación de la antena HF con tornillos AN507C-832R8.....	49
<b>Figura 73</b> Esquema de remachado y aseguramiento de la antena HF .....	50
<b>Figura 74</b> Proceso de pintado del panel de las antenas de COM .....	50
<b>Figura 75</b> Instalación del panel de la antena de COM HF .....	51
<b>Figura 76</b> Instalación del plug de la antena de COM HF .....	51
<b>Figura 77</b> Vista completa del Panel en el Fuselaje de la Aeronave .....	52
<b>Figura 78</b> Compuerta de acceso L/H.....	53
<b>Figura 79</b> Amortiguador de la compuerta del tren de aterrizaje.....	53
<b>Figura 80</b> Inspección de cañería y cables .....	54
<b>Figura 81</b> Inspección de cañería y cables en el panel 2 .....	54
<b>Figura 82</b> Aceite hidráulico sobre pernos y tuercas.....	55
<b>Figura 83</b> Inspección de la condición de la estructura .....	55
<b>Figura 84</b> Funcionamiento de la compuerta izquierda del tren de aterrizaje .....	56
<b>Figura 85</b> Limpieza e inspección de la compuerta izquierda del tren de aterrizaje	56
<b>Figura 86</b> Limpieza e inspección de la unión del carenado y perfil alar .....	57
<b>Figura 87</b> Limpieza e inspección de estructura interna.....	57
<b>Figura 88</b> Limpieza e inspección de estructura en general del carenado L/H.....	58
<b>Figura 89</b> Compuerta de acceso y strut del carenado R/H del tren de aterrizaje ...	58
<b>Figura 90</b> Estructura central y cañerías de combustible .....	59
<b>Figura 91</b> Inspección interna de cañerías del carenado R/H .....	59
<b>Figura 92</b> Limpieza e inspección del strut del carenado derecho R/H .....	60
<b>Figura 93</b> Paneles cerrados del carenado R/H del tren de aterrizaje .....	60

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Ítem del carenado central del tren aterrizaje principal.....</i>	<b>27</b>
----------------	---	-----------

## RESUMEN

La presente monografía está orientada a la reparación del carenado central del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400 la cual tenía un daño estructural en el panel de la luz beacom y de las antenas de comunicación HF y VHF debido a la incorrecta manipulación de la aeronave en los distintos trabajos de mantenimiento. Se realizó la reparación en el carenado del tren de aterrizaje acorde a los procedimientos técnicos que especifica el manual de reparación estructural 51- 50-11 y el manual de mantenimiento de la aeronave. En los procedimientos prácticos se utilizó materiales y herramientas de aviación como láminas de aluminio, remaches, remachadoras, aguantadores, avellanadores, avellanadores por golpe, limpiadores de huecos y filos, primer y pintura de alta calidad permitiendo la a reconstrucción del panel de las antenas de comunicación HF y VHF. Para finalizar se verifico que el panel esté en condiciones de aeronavegabilidad. Para mantener su vida útil cada avión escuela debe tener inspecciones estructurales periódicamente para garantizar su funcionalidad y de esta manera mantener su aeronavegabilidad.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AERONAVE HAWKER**
- **AERONAVES - TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL**
- **AERONAVEGABILIDAD**



## **ABSTRACT**

The following investigation work is about how to repair the central fairing of the main landing gear of the Hawker Siddeley HS-125-400 aircraft, which had structural damage to the beacom light panel and the HF and VHF communication antennas panel for the bad transfer of the aircraft to the platforms of the Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Repair was made in the fairing of the landing gear according to the technical procedures specified in the structural repair manual (SRM) 51-50-11 and the maintenance manual of the aircraft (AMM). In the practical procedures, aviation materials and tools were used such as aluminum alloy, rivets, riveters, bucking bars, countersinks, dimpling die, deburring tool and deburring bit, primer and high quality aviation paint that helped rebuild the panel of HF and VHF communication antennas. Once the work has been done on the panel, it is installed with bolts on the aircraft, the communication antenna plugs are placed and the panel that is in airworthiness conditions is checked. Each school aircraft must have structural inspections periodically to guarantee its useful life and thus maintain its good working condition.

### **KEY WORDS**

- **HAWKER AIRCRAFT**
- **AIRCRAFTS – MAIN LANDING GEAR**
- **AIRWORTHINESS**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tiene un parque aeronáutico con las aeronaves: Hawker Siddeley HS-125-400, Fairchild Hiller FH-227 y Cessna C-150 P, A 37B y un helicóptero como recurso didáctico en el proceso de enseñanza – aprendizaje de los estudiantes, en el cual mediante la ejecución de prácticas en los sistemas de la aeronave adquieren la destreza y habilidad en el campo aeronáutico.

En la aviación, toda aeronave está sometida a inspecciones y revisiones temporalmente debido a que están expuestas a operaciones en diferentes lugares del mundo y en condiciones atmosféricas adversas, por tal razón se crea un MPD (Maintenance Planning Data) para realizar los mantenimientos e inspecciones cada cierto número de horas o tiempo de operación de la aeronave.

En el avión escuela, específicamente en la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400 se inspeccionó el carenado central del tren de aterrizaje principal basándose en la información técnica de los manuales AMM (Aircraft Maintenance Manual) y el SRM (Structural Repair Manual) ya que se observa un daño y deterioro en dicho carenado en el ítem 24 (beacon light) y 25 (fairing skin) del SRM 53-50-21 de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400.

#### 1.2. Planteamiento del problema

La aeronave Hawker Siddeley HS-125-400, utilizada por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, para el aprendizaje práctico para los estudiantes, requiere de óptimas condiciones de estado, tanto internas como externas; para que los estudiantes realicen los trabajos prácticos de mantenimiento, dispuestos por los Docentes de la Universidad, en la aeronave.

Por tal motivo, es indispensable reparar el daño presentado en el carenado

central, del tren de aterrizaje principal, dado que las consecuencias que generan las discrepancias encontradas, pueden prolongar daños considerables a los demás carenados y estructura de la Aeronave.

Al no darse solución a este problema, la aeronave está siendo condenada a que los demás carenados y estructura se deterioren, de una manera considerable y así complicar los trabajos para retornar a su estado normal de vida útil y de mejorar la imagen de conservación de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400.

### **1.3. Justificación e Importancia**

Tomando en cuenta que la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE es el único Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil a nivel nacional bajo la Regulación RDAC 147 emitida por la Dirección General de Aviación Civil y, siendo esta la cuna de todos los tecnólogos aeronáuticos se pone a consideración en consejo la reparación del carenado central del tren de aterrizaje principal de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400, ya que será de uso único y exclusivo para los estudiantes de la institución que serán los mayores favorecidos con el conocimiento que los docentes impartirán acerca de tratamiento con materiales compuestos y aleaciones de aluminio permitiendo de esta manera ir mejorando cada día el tipo de profesionales que entrega la Unidad al País y a la sociedad.

El desarrollo del actual proyecto favorecerá a los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ya que al utilizar materiales como la aleación de aluminio (ALCLAD), remachadoras, remaches, clecos y herramientas indispensables para realizar una excelente reparación del carenado central, del tren de aterrizaje principal, hacen de ella una aeronave fuerte y resistente ante condiciones adversas de la atmósfera, de la misma forma vaya mejorando por un bien en común alargando la vida útil de la aeronave, brindando una mejor ayuda y enseñanza, tanto en forma teórica como práctica, el cual permite tener un conocimiento más claro y preciso, generando destrezas en sus prácticas pre-profesionales.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Reparar el carenado central del tren de aterrizaje principal mediante técnicas y procedimientos del Manual de Reparación Estructural de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar información sobre la condición del carenado central del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400.
- Inspeccionar el estado de conservación del carenado de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400.
- Reparar el carenado central del tren de aterrizaje principal de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400 mediante reparaciones tipo rasante (Flush Type Repairs).

## **1.5. Alcance**

La reparación del carenado central del tren de aterrizaje principal, asegura la vida útil de la aeronave, para uso de instrucción y trabajos prácticos enfocados en la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, para que de esta manera mejorar el desenvolvimiento en el campo laboral y contribuir en el desarrollo del campo aeronáutico del país.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Historia del Avión Hawker Siddeley HS-125-400**

Para obtener la designación de Hawker Siddeley HS-125-400, la aeronave ha tenido muchos cambios de designación a lo largo de su fabricación. Inició en 1961 cuando De Havilland, una compañía que comenzó a trabajar en un pequeño y revolucionario reactor ejecutivo, realizó en ese tiempo conocido como DH. 125 Jet Dragon. Impulsados por dos turboreactores Bristol Siddeley Viper.

En 1963, De Havilland hace una división con Hawker Siddeley y toma la designación de HS.125 el cual lo mantuvo por 14 años. En 1977, Hawker Siddeley Aircraft hace una fusión con British Aircraft Corporation y forman la compañía British Aerospace y la designación de la Aeronave cambia a BAe 125. Y como última designación, British Aerospace vende su división de reactores ejecutivos a Raytheon en 1993, y queda como Raytheon Hawker. Desde allí, se han fabricado más de 1000 aeronaves.

##### **2.1.1. Desarrollo de la Aeronave Hawker Siddeley HS-125-400**

El objetivo de fabricar una aeronave birreactor ejecutiva era lograr que fuera económicamente rentable, óptima en autonomía, fiable y de fácil operación para la industria ejecutiva.

El primer vuelo de uno de los primeros dos prototipos que fueron fabricados se ejecutó el 13 de agosto de 1962 y es entregado al primer cliente de lanzamiento el 10 de septiembre de 1964. Propulsado por dos turbofán ubicados en la parte posterior, dotado de un fuselaje cilíndrico totalmente presurizado, alas bajas en flecha y cola en T, capaz de transportar 7 pasajeros con 2 pilotos.

La aeronave tiene una autonomía de medio alcance con una gran velocidad que permite dirigirse a las diferentes partes de un continente sin necesidad de abastecerse de combustible.



**Figura 1.** Hawker Siddeley HS-125-40  
Fuente: (Levin, 2014)

## 2.1.2. Especificaciones Técnicas HS-125-400

### Características Generales

- Transporte ejecutivo de medio alcance.
- Planta motriz: 2 x turbofán Rolls Royce Viper 522 de 3.355 lb de empuje c/u
- Tripulación: 2
- Capacidad: 7
- Longitud: 14.42 m
- Envergadura: 14.32 m
- Altura: 5.26 m
- Peso máximo de despegue: 10.555 kg

### Rendimiento

- Velocidad máxima operativa: 432 mph (695 kph, 386 kt)
- Velocidad crucero: 390 mph (627 kph, 348 kt)
- VSI: 1950 ft/min
- Techo de servicio: 43.000 ft
- Alcance: 2600 km
- Autonomía: 2.5 hrs.

## 2.2. Fuselaje

El fuselaje es uno de los elementos principales de la estructura de una aeronave; en su interior se sitúan la cabina de mando (cockpit), la cabina de pasajeros

(passengers cabin) y las bodegas de carga (cargo pod), además de diferentes sistemas y equipos que sirven para controlar la aeronave. También sirve como estructura central en la cual se acoplan las demás partes del avión, como las alas, empenaje, el grupo motopropulsor y el tren de aterrizaje.



**Figura 2** Fuselaje de una aeronave

Fuente: (AvionRevue, 2018)

La aeronave Hawker Siddeley HS-125-400 está conformada con un fuselaje semimonocasco que se caracteriza por tener un recubrimiento delgado llamado piel, soportado por cuadernas que dan forma a las diferentes secciones transversales del fuselaje y por larguerillos que son componentes que se unen a las cuadernas.

Adicionalmente, todas las uniones de las partes del avión se encuentran los carenados y son encontradas en las uniones de las alas, tren de aterrizaje, sección de empenaje y sección de motores ya que ayudan a la aeronave ser más aerodinámica y reduciendo la resistencia al avance.

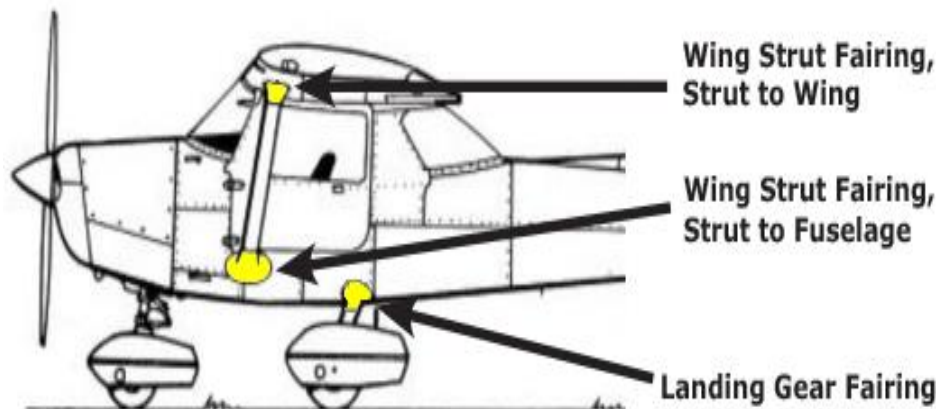
## **2.3. Carenados (Fairings)**

### **2.3.1. Generalidades**

Se describe carenado a un revestimiento externo fabricado de aluminio o de materiales compuestos como fibra de vidrio, fibra de carbono, plástico u otro tipo de material que se adapta a la estructura o fuselaje con el fin de proporcionar un principio aerodinámico.

También se lo utiliza como algo estético y protección de la estructura o partes en la que se encuentre involucrado y de este modo conservarlos de una degradación más severa por motivos de algún golpe o impacto.

En aviación, un carenado es una estructura aerodinámica cuya función principal es proporcionar un contorno suave y reducir la resistencia al avance, así como también mejorar la apariencia de la aeronave como se detalla en la figura 3.



**Figura 3.** Esquema de carenados de una Aeronave

Fuente: (McFarlane, 2016)

### 2.3.2. Tipos de Carenados

#### a. Carenado de Vientre (Belly Fairing)

También llamado “carenado ventral o carenado de panza”, se encuentra en la parte inferior del fuselaje entre las alas principales. Estos también pueden cubrir almacenamientos de carga adicionales o tanques de combustible como se detalla en la figura 4.



**Figura 4.** Carenado de Vientre de un Boeing 787-9

Fuente: (FLAPS 5, 2018)



### b. Carenado de Cabina (Cockpit Fairing)

También llamada "cápsula de la cabina", protege a la tripulación en ultraligeros y planeadores.

Son comúnmente fabricados de fibra de vidrio, y adicional puede incorporar un parabrisas como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Carenado de Cabina de un ultraligero P&M GT450

Fuente: (P&M aviation, 2015)

### c. Carenados de motor (Engine Cowlings)

Los carenados del motor reducen la resistencia al avance parásita al reducir el área de la superficie, tienen una superficie lisa y, por lo tanto, conducen a un flujo laminar, y tienen una forma de cono, lo que evita la separación temprana del flujo como se muestra en la figura 6.



**Figura 6** Carenado de un motor CFM56-7B

Fuente: (Sur Claro, 2015)

#### d. Puntas de Ala (Wing Tips)

En las puntas de ala se forman flujos turbulentos (vortex generation) debido a la resistencia que se genera en la misma, estos flujos turbulentos pueden ocasionar una descompensación en el ala. Por lo general se da forma a los wing tips para reducir dichos flujos, especialmente a bajas velocidades. Los wingtips son vistos en aeronaves modernas como se detalla en la figura 7.



**Figura 7** Winglet de un Airbus A350 X  
Fuente: (Morales, 2019)

## 2.4 Inspección

El término inspección es la acción de examinar, investigar, descubrir, revisar algo a un objeto para hallar características físicas significativas fuera de lo normal. Por lo general un inspector o la persona que está ejecutando la tarea encomendada de inspeccionar son capacitados y entrenados para tener las facultades necesarias en tomar decisiones correspondientes.

### 2.4.1 Revisiones de mantenimiento de aeronaves

Las revisiones de mantenimiento de aeronaves comerciales y civiles son las inspecciones que deben realizarse periódicamente a todas las aeronaves después de un tiempo determinado o después de un uso concreto dependiendo del operador.

Los intervalos de tiempo estipulados entre las diferentes inspecciones y revisiones de mantenimiento dependen tanto como del fabricante de la aeronave como del operador de la misma. Estas revisiones, normalmente, dependen del número

total de horas de vuelo de la aeronave y del número de ciclos de la misma (número de aterrizajes).

- **Revisiones de tránsito.-** Son realizadas antes de cada vuelo, incluyendo las escalas que se realicen. Consisten en una inspección rápida en la que se comprueban aspectos generales de la aeronave, así como el estado de los neumáticos y el tren de aterrizaje, el nivel de aceite de los motores y puntos de servicio, la posible existencia de algún daño estructural.
- **Revisiones diarias.-** Consiste en una comprobación del nivel de aceite de los motores, el cual debe ser revisado entre 15 y 30 minutos después de que los motores se apaguen, esto se realiza para conseguir una lectura precisa del mismo. Por lo tanto el nivel de aceite no puede ser comprobado antes del primer vuelo del día.
- **Revisiones por clasificación de tiempo.-** Estas revisiones se identifican con las letras A, B, C y D. Dichas letras hace que se tenga un programa de óptimo mantenimiento que permite que las inspecciones sean realizadas en el momento más apropiado para los sistemas o equipos en cuestión.
- **Revisión A.-** Se realizan cada 400-600 horas o cada 200-300 ciclos (un despegue y un aterrizaje son considerados como un ciclo para la aeronave), en función del tiempo de aeronave. Es necesario entre 50 y 70 horas-hombre y, por lo general, son realizadas en los hangares del operador, terminando el trabajo en un lapso de 10 horas.
- **Revisión B.-** Se realizan, aproximadamente, cada 6-8 meses dependiendo el uso de la aeronave. Son necesarias entre 160 y 180 horas-hombre, dependiendo del tipo de aeronave, y presentan una duración de entre 1 y 3 días en el hangar del operador.
- **Revisión C.-** Se realizan cada 20-24 meses, cuando la aeronave cumple con un número determinado de horas de vuelo, es una inspección más profunda que la revisión b ya que requiere una inspección de un número de componentes mucho mayor, y puede demorar de 1-2 semanas en el hangar del operador.
- **Revisión D.-** Es una inspección total de la aeronave y se realiza, aproximadamente, cada 6 años. Consiste en remover la pintura del fuselaje, superficie alar y estabilizadores, ya que requiere una inspección minuciosa de

toda la estructura de la aeronave. Puede llevarse a cabo de 1-2 meses en el hangar del operador.

## 2.4.2 Métodos para hacer una inspección

### a. Inspección Visual Directa y Remota

La inspección visual es considerada el método de ensayo no destructivo más básico y común además de ser el método más antiguo que consiste de realizar un análisis de un material u objeto para evaluar su conformidad usando solo la vista o con la ayuda de alguna herramienta como se detalla en la figura 8.

Las herramientas a utilizar para realizar una inspección visual son los boroscopios, lupas, espejos, linternas, etc.



**Figura 8** Inspección visual de un motor y estructura

Fuente: (Arenas, s.f.)

### b. Inspección de Corrientes Inducidas

También llamada “Eddy Current”, trabaja bajo el principio de la inducción electromagnética, cuyo campo magnético induce corriente sobre el componente de ensayo si este es de un material conductor.

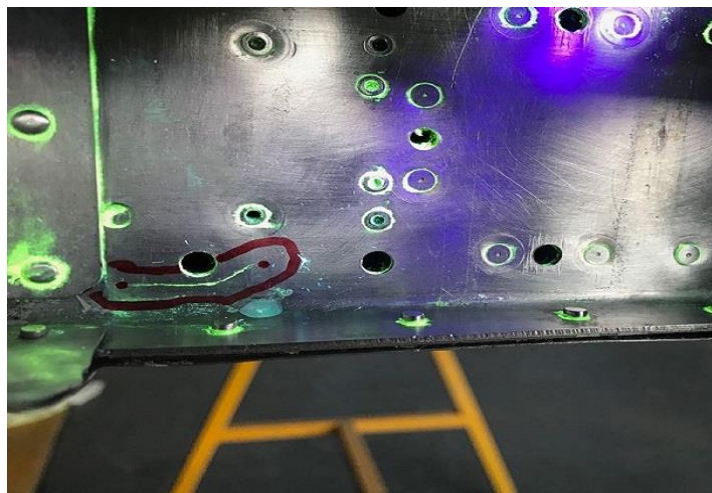
Es un método de ensayo NO Destructivo ya que su aplicación no altera las propiedades del componente que está siendo evaluado como se detalla en la figura 9. Es una prueba superficial, detectando defectos sub-superficiales cercanos a la superficie.



**Figura 9** Inspección por medio de corrientes inducidas  
Fuente: (IAC, 2005)

### c. Inspección por Líquidos Penetrantes

Es una técnica que se utiliza para la mayoría de casos en partes estructurales, bloques de motores y sirve detectar rajaduras o defectos en alguna superficie. Consta de un líquido penetrador y un líquido revelador que, por medio de un cuarto oscuro y una luz ultravioleta como se detalla en la figura 10, se puede apreciar cualquier discrepancia que haya sido detectada en la superficie a la cual haya sido aplicada.



**Figura 10** Inspección por medio de líquidos penetrantes  
Fuente: (IAC, 2005)

### e. Inspección por Partículas Magnéticas

La inspección por partículas magnéticas es un método que se basa en la búsqueda de defectos abiertos en las superficies y consta en la magnetización de la parte sometida a inspección, el cual crea polos magnéticos producto de un líquido que

se rosea y revela si existe alguna discrepancia en la parte aplicada como se detalla en la figura 11.



**Figura 11** Equipos para realizar inspección de partículas magnéticas  
Fuente: (IAC, 2005)

#### d. Inspección por Ultrasonido

La inspección por ultrasonido es una técnica que se utiliza para buscar daños profundos, no abiertos a la superficie. Consiste en la utilización de equipos acústicos que producen ondas de baja frecuencia que rebotan en los daños y cuyo eco es registrado y posteriormente presentado en las pantallas de los equipos altamente sofisticados como se muestra en la figura 12.



**Figura 12** Equipos para realizar inspección de partículas magnéticas  
Fuente: (IAC, 2005)

## 2.5 Herramientas y Materiales de Estructura

### 2.5.1 Remache

El remache es un elemento de fijación que se emplea para unir de forma permanente dos o más láminas de aluminio o de acero. Consiste de un vástago (tubo cilíndrico) de diferentes dimensiones y una cabeza, que dependiendo de la estructura se utiliza el tipo de cabeza ya sea universal, plana (diferentes grados de avellanado) o redonda.

En aviación existen codificaciones y diferentes tipos de materiales en los que están fabricados los remaches.

- Los remaches más utilizados son los AN 470 que son los remaches universales como se detalla en la figura 13.



**Figura 13** Remache AN 470 4-8 Cabeza Universal

Fuente: (Aircraft Spruce & Speciality Co., s.f.)

- Los remaches AN 426 que son remaches de cabeza perdida o cabeza avellanada como se detalla en la figura 14.



**Figura 14** Remache sólido AN 426 3-3.5 Cabeza Avellanada  
Fuente: (Aircraft Spruce & Speciality Co., s.f.)

- Los remaches Pop también llamados “Pull Rivets” como se detalla en la figura 15 Consiste de un mandril el cual se introduce la remachadora y se rompe cuando este ajusta.

Existen remaches Pop de cabeza avellanada y cabeza universal, dependiendo de cómo especifica el manual en la lámina de la estructura. La designación en remaches Pop de cabeza avellanada es AN 426 LP (tamaño del remache) y en cabeza universal es AN 470 LP (tamaño del remache).

La recomendación para los remaches Pop es utilizarlos en lugares en donde no exista fuerza de torsión entre las láminas.



**Figura 15** Remache Pop AN 470 3-4 LP Cabeza Universal  
Fuente: (Aircraft Spruce & Speciality Co., s.f.)

- Los remaches “Cherry Max” son parecidos a los remaches pop LP como se



detalla en la figura 16 con la diferencia de que estos remaches se utilizan en lugares que no se tiene acceso y se caracterizan por su dureza. Son utilizados en lugares donde existe mayor arrastre en las láminas.



**Figura 16** Remache Cherry Max AN 426 3-4 cabeza avellanada  
Fuente: (Aircraft Spruce & Speciality Co., s.f.)

La codificación o identificación de los remaches se utilizan de acuerdo a lo que especifica el manual del fabricante, en algunos casos se utilizan remaches sólidos, otros de aleación de aluminio o de acero, y asimismo dependiendo su especificación como se detalla en la figura 17.

Identificación de remaches:	
MS20470AD-4-6	
MS:	Military Specification
20470	Universal head rivets
AD	2117T, aleación de aluminio
-4	4/32 o 1/8 inch diámetro
-6	6/16 o 3/8 inch longitud

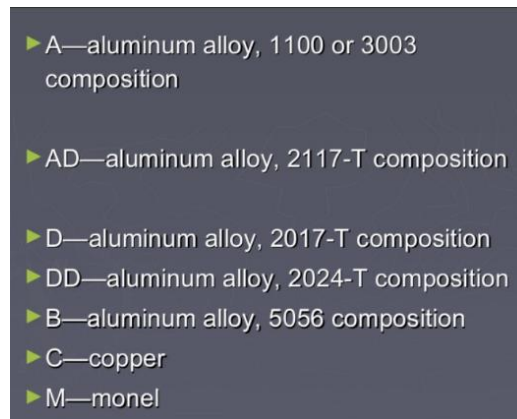
**Figura 17** Identificación de remaches  
Fuente: (Alvarado, 2015)

A continuación se detalla cada letra y número para la identificación del remache.  
Remache AN 426 AD 3-3.5

- **AN.-** Especificación (Army Navy)

- **426.-** Forma de la cabeza (remache de cabeza avellanada o perdida)
- **AD.-** Material o aleación (aluminio 2117-T)
- **3.-** Diámetro del remache
- **3.5.-** Longitud del remache

Depende de la aleación o el material del remache al momento de utilizar en una aeronave. Existen varias composiciones de los remaches como se especifica en la figura 18.



**Figura 18** Material de remaches

Fuente: (Alvarado, 2015)

## 2.5.2 Herramientas de sujeción de estructuras

Los clecos son elementos de sujeción que permiten fijar dos o más láminas en una estructura. Por lo general se utilizan para alinear los huecos para ingresar los remaches y se proceda a remachar.

El uso de los clecos es el método más antiguo y hasta la actualidad no existe un sistema de fijación de láminas.

Existen diferentes medidas de clecos como los clecos #19 (11/64), clecos #30 (1/8), clecos #40 (3/32) que son los más utilizados en aviación como se detalla en la figura 19.



**Figura 19** Clecos con diferentes dimensiones  
Fuente: (DHgate, s.f.)

El alicate de cleco o cleco playo es una herramienta que sirve para abrir/cerrar el cleco como se detalla en la figura 20 cuando se aplique en una estructura.



**Figura 20** Cleco playo  
Fuente: (MRO Tools, s.f.)

### 2.5.3 Herramientas de golpe

Las herramientas de golpe están diseñadas y fabricados con el fin de modificar la forma o tamaño de otros objetos o producir un desplazamiento de estos dentro de otros. Necesariamente no son herramientas que tienen que golpear sino también son herramientas que aguantan golpes.

Las herramientas de golpe neumáticas en el campo aeronáutico, se utilizan para ensamblaje y remachado de láminas en una estructura de la aeronave. Por ejemplo:

- Remachadora Neumática.- Sirven para ensamblar o unir dos láminas con un remache como se detalla en la figura 21 Involucra una presión muy fuerte de aire

para golpear y deformar el remache.



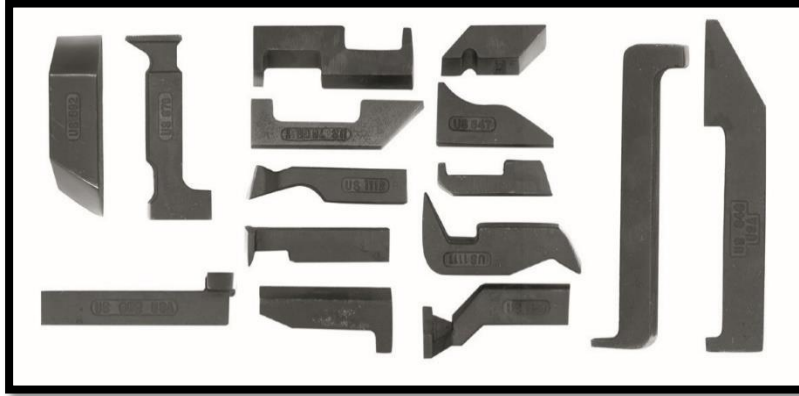
**Figura 21** Remachadora de aire  
Fuente: (DHgate, s.f.)

Buterola.- Se une al cuerpo de la remachadora ya que por medio del golpe que produce, deforma el remache. Existen buterolas con diferente cabeza para las diferentes cabezas de remache como se detalla en la figura 22.



**Figura 22** Buterolas y remachadora neumática  
Fuente: (Ebay, 2019)

- **Bucking Bars.-** los backing bars o aguantadores son dispositivos que se colocan en el vástago del remache y soportan el golpe de las remachadoras para así deformar el remache. Existen diferentes formas, tamaños y dimensiones de acuerdo al uso y el espacio en donde se vaya a utilizar como se detalla en la figura 23.



**Figura 23** Bucking Bars  
Fuente: (Industrial Tool Company, 2019)

#### 2.5.4 Herramientas de preparación de láminas de estructura

Estas herramientas ayudan al empleado a detectar discrepancias en las láminas de aluminio, es decir, descubrir rajaduras, abolladuras o rasguños. Se denominan:

- Deburring tool.- Sirve para dejar una superficie lisa y uniforme en los filos de las láminas como se detalla en la figura 24.



**Figura 24** Deburring Tool  
Fuente: (Jim & Slim's Tool Supply, s.f.)

- Deburring bit.- Sirve para dejar una superficie lisa y sin residuos en los orificios de una estructura para que el remache entre limpio como se detalla en la figura 25.



**Figura 25** Deburring Bit  
Fuente: (Amazon, s.f.)

### 2.5.5 Ferretería Aeronáutica

Se denomina ferretería aeronáutica a aquellos elementos (pernos, tuercas, arandelas, tornillos, etc) como se detalla en la figura 26, que se utilizan en la unión de partes estructurales principales de una aeronave.

- Los pernos son elementos metálicos, normalmente de acero o hierro, largo, cilíndrico, semejante a un tornillo pero de mayores dimensiones y ayuda a sujetar uno o más componentes de una estructura con una tuerca y arandela si es necesario del mismo tipo para aplicar una fuerza de torsión adecuada.
- Los tornillos son elementos cilíndricos utilizados para la fijación de estructuras menores, consta de una cabeza que se puede usar un destornillador ya sea plano o estrella.



**Figura 26** Ferretería Aeronáutica Clase 3  
Fuente: (KUZU S.L., 2014)

## 2.6 Equipos de Protección Personal (EPP)

Los equipos de protección personal (EPP) son aplicaciones de medidas técnicas que están destinadas a reducir los riesgos y guardar la integridad de las personas en el ámbito laboral.

Para llevar a cabo una actividad donde implique algún factor de riesgo, es importante que se utilice la ropa y accesorios adecuados para evitar el contacto de algún agente de riesgo con las partes del cuerpo.

El sector constructivo es uno de los que más riesgos pueden estar en materia de seguridad laboral, por esa razón debe cumplirse cabalmente las normas vigentes al respecto. Cada empresa o cada sector productivo tienen sus reglamentos internos para el uso de los equipos de protección personal (EPP).

### 2.6.1 Overol

El overol es un tipo de protección que protege todo el cuerpo de la persona como se detalla en la figura 27. Puede ser fabricado de diferentes tipos de materiales de elaboración y son utilizados desde los trabajos más pesados (maquinaria pesada) hasta los trabajos comúnmente de fabricación de objetos y en fábricas de elaboración de materia prima.



**Figura 27** Overol (EPP)  
Fuente: (Alaren Textil, 2017)

### 2.6.2 Guantes

Los guantes es un tipo de protección que protege las manos de la persona como se detalla en la figura 28. Los guantes son clasificados por niveles, desde el nivel 1

que se requiere una fuerza mínima de 200 gramos-fuerza y son utilizados para trabajos con líquidos inflamables hasta un nivel 9 que se requiere una fuerza de 6000 gramos-fuerza que son utilizados para soldas y manejo de maquinaria pesada (amoladoras, soldadoras).



**Figura 28** Guantes de acuerdo a los niveles de uso (EPP)

Fuente: (DOT Industriales, 2018)

### 2.6.3 Protección para los ojos

Las gafas es un tipo de protección importante para realizar trabajos que pueden provocar objetos voladores como se detalla en la figura 29. Tiene 6 clasificaciones y son ateojos, gafas, cascos para soldadura, escudos para soldar, capuchas no rígidas y escudos faciales. Tanto como los escudos y cascos son para protección de radiación óptica debido al uso de cortes y soldadura. Las gafas protegen de objetos voladores (chispas) debido al uso de máquinas que lo producen.



**Figura 29** Protección de ojos de acuerdo a los tipos de uso (EPP)

Fuente: (S.I. Seguridad Industrial, 2006)



### 2.6.4 Calzado

El calzado protege los pies de la persona y se lo categoriza como en base a los peligros que se pueda exponer. Cada categoría protege contra diferentes riesgos como se detalla en la figura 30. Los peligros son: sierras de cadena, descarga eléctrica, conductividad eléctrica, impacto al metatarso, perforación de la suela, descarga estática e impacto a los dedos del pie.



**Figura 30** Calzado de acuerdo a los niveles de riesgo (EPP)  
Fuente: (GEIMSA, 2017)

### 2.6.5 Protección para la cabeza

Es un tipo de protección que se utiliza de acuerdo a su uso y desempeño con el fin de proteger la cabeza, dividiendo los equipos en dos tipos y tres clases. El primer tipo de protección protege contra impacto y penetración en lo alto de la cabeza. El segundo tipo de protección ofrece la misma protección, solo que esta protege la parte posterior y los lados de la cabeza. Cada tipo viene en Clase E (clasificación eléctrica de 20,000 voltios), G (clasificación eléctrica de 2,200 voltios) o C (sin clasificación eléctrica) como se muestra en la figura 31.



**Figura 31** Protección para cabeza de acuerdo al uso y desempeño (EPP)  
Fuente: (Costa Oeste Industrial, s.f.)

### 2.6.6 Mascarillas

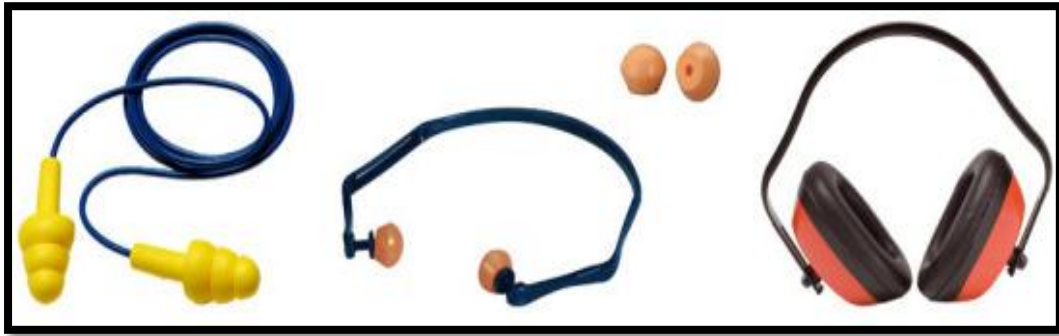
Las mascarillas son necesarias cuando se debe trabajar en lugares de polvo, gases tóxicos o líquidos inflamables. En particular, los trabajadores deben usar mascarillas al momento de hacer las labores de limpieza de algún objeto que lo requiera como se ilustra en la figura 31.



**Figura 32** Mascarilla de acuerdo al uso y desempeño (EPP)  
Fuente: (VICSA Safety, 2017)

### 2.6.7 Protección Auditiva

Los tapones auditivos u orejeras como se detalla en la figura 32 sirven para para trabajar en condiciones de ruido.



**Figura 33** Protección auditiva (EPP)  
Fuente: (ECOSEG S.A., 2016)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

En este capítulo se detalla los trabajos y actividades que se realizaron para la reparación del carenado central del tren de aterrizaje principal, tomando en cuenta en que los procedimientos fueron basados en el SRM (Structural Repair Manual) como se detalla en el anexo 1, el AMM (Aircraft Maintenance Manual) como se detalla en el anexo 2.

#### 3.1 Carenado del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400

El carenado del tren de aterrizaje principal de la Aeronave Hawker HS-125-400 está diseñado y fabricado de aleación de aluminio, y sólo permite reparaciones tipo rasante (flush repairs type) aplicable a áreas de carenados oscuros o sombreados de acuerdo al SRM 51-00.

El carenado del tren de aterrizaje principal está localizado entre las alas en la parte inferior del fuselaje, el cual, constituye de 38 nomenclaturas detallado en el SRM 53-50-21, págs. 23-24 como detalla la tabla 1.

**Tabla 1** Ítem del carenado central del tren aterrizaje principal

Ítem	Nomenclature	Material	
		N° de Sección	N° de s.w.g
1	Attachment Angles	L.72	20
2	Diaphragms	L.72	20
3	Stiffener	DTD. 710	20
4	Frame	L.72	20
5	Dished Pressings	DTD. 710	22
6	Panel	DTD. 710	22
7	Attachment bracket	DTD. 710	20
8	Diaphragm Packing Strip	DTD. 710	20
9	Attachment Angle	DTD. 710	12
10	Stiffener	DTD. 710	12
11	Support Bracket	DTD. 710	12
12	Reinforcing Panel	L.72	20
13	Access Panels	L.72	20
14	Brackets Support Angles	DHA.111	20
15	Struts	S.96	

Continúa

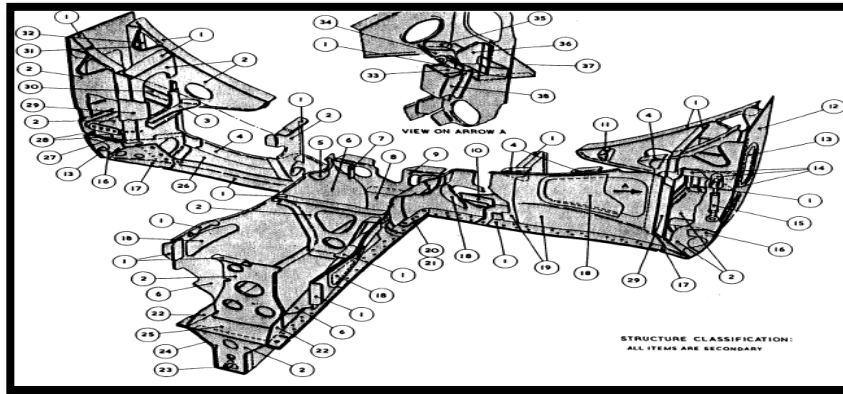


Ítem	Nomenclature	Material	
		N° de Sección	N° de s.w.g
16	Reinforcing Angles	L.72	20
17	Fairing Plate Angle	L.72	20
18	Access Covers	L.72	22
19	Rear Walls	BS.1470 HS30	22
20	Joint Straps (outer)	DTD. 710	14
21	Joint Plate (centre)	DTD. 710	10
22	Angles	DTD. 710	20
23	Spigot	L.64	-
24	Beacon Fairing	BS. 1470 HS30	20
25	Fairing Skin Reinforcing	DTD. 710	20
26	Bottom Skin	L.72	20
27	Diaphragm, bevel box	L.72	16
28	Channel	L.72	18
29	Reinforcing Strap	L.72	20
30	Diaphragm	DTD. 710	20
31	Reinforcing Plate	DTD. 710	20
32	Packing	DTD. 710	20
33	Top hat section	L.72	20
34	Diaphragm	L.72	18
35	Attachment Angle	L.72	18
36	Gusset	L.72	18
37	Gusset	DTD. 710	20
38	Mounting Plate	L.72	20

**Fuente:** (Hawker Siddeley HS125, 1967)

El daño en el carenado central del tren de aterrizaje principal se encuentra el ítem 24 que es un carenado de la beacom y panel de las antenas de comunicación HF y VHF localizado en la sección BS.1470 HS30 como detalla la figura 33.

El manual especifica que los parches o cada placa debe ser hecha por la misma especificación y grosor de la piel que haya sufrido daños usando como mínimo 22 s.w.g (Standard Wire Gauge) o piel de 0.028 in.



**Figura 34** Ilustración del Carenado de la Aeronave Hawker Siddeley

### 3.2 Inspección del carenado central del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400

En el Avión Escuela Hawker Siddeley HS-125-400 (XB-ILD) localizado en el Campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas en Belisario Quevedo se procedió a realizar una inspección visual de todos los ítems del carenado central del tren de aterrizaje principal. Fueron 38 nomenclaturas inspeccionadas, en el cual, se encontró en su mayoría de nomenclaturas polvo y falta de limpieza en las partes que posteriormente se procedió a revisar y limpiar.

Para mayor ilustración referente a la inspección y reparación se agruparon los ítems de inspección conforme establece la figura 34, en vista que el conjunto de componentes conforman un solo elemento.

### 3.3 Attachment Angle

En la nomenclatura #1 que es una costilla o como el SRM lo designa, es un (Rib and Attachment Angle), debido al traslado desde la antigua plataforma donde se localizaba la aeronave al nuevo campus de la ESPE, sufrió un daño en los remaches donde sujetaban esta costilla al fuselaje, como consecuencia se desprende de la base de los remaches y queda colgado sobre unas cañerías de combustible como se detalla en la figura 34.



**Figura 35** Condiciones de la costilla y fuselaje de la aeronave

### 3.3.1 Reparación del Attachment Angle

Se procede a reparar la costilla que se encontraba colgada sobre las cañerías de combustible. Se extrajeron las cañerías para facilitar el acceso para remover los remaches que se encontraban en el fuselaje.

Con una broca #19 (11/64) se perforó y se realizó la extracción de los remaches. Se limpió el área donde se iba a instalar los paneles de las antenas de comunicación en el cual había corrosión e impurezas como se muestra en la figura 35.



**Figura 36** Estado de la costilla y fuselaje de la aeronave

Después de haber realizado la limpieza se aplicó Primer gris en aerosol en la

base del fuselaje y la costilla afectada ya que es una forma fácil de aplicar en lugares con espacio reducido para mantener el área libre de corrosión y alargar la vida útil de la estructura como se muestra en la figura 36.



**Figura 37** Limpieza y aplicación de Primer a la estructura y costilla

Terminado la aplicación de Primer se instalan las cañerías de combustible con la costilla y se remacha con la remachadora manual 8 remaches Pop LP5-6 al fuselaje del avión como se muestra en la figura 37.



**Figura 38** Remachado con remaches Pop LP5-6 a la estructura



### 3.4 Beacon Fairing

Existieron daños considerables en algunos paneles especialmente en el panel donde se encuentra localizada las antenas de comunicación de radio HF (High Frequency) y el panel de la luz beacon. En este panel hubo corrosión en la parte interna (Inboard) por motivo de que se encuentra en un área que ingresa agua y no ha sido tratada adecuadamente como se detalla en la fig 40. Cabe recalcar que este ítem abarca las nomenclaturas 2, 6, 18, 22, 23, 24 y 25 según corresponda a la ilustración de la figura 38.



**Figura 39** Condiciones del panel IN de las antenas HF y VHF fuselaje

Se procedió a extraer otros paneles que sujetan al panel de la antena de comunicación que también se encontraban con corrosión considerable. En total fueron tres paneles con daños, dos de ellos en lado derecho R/H y uno en el lado izquierdo L/H como se muestra en la figura 39.



**Figura 40** Condiciones de los paneles que sujetan al panel de la antena de COM HF y luz beacon

Se extrae el panel de la antena de comunicación HF y se puede apreciar que todo el panel se encuentra con corrosión y en mal estado como se aprecia en la figura 40.



**Figura 41** Condiciones del panel IN de las antenas de comunicación HF y VHF

También se apreció rajaduras y dobladuras en las pieles en los puntos de sujeción debido al sobre-torque que se aplica en los pernos al instalar nuevamente el panel como se detalla en la figura 41.



**Figura 42** Condiciones de las pieles del panel en los puntos de sujeción

Se realizó una inspección visual en la parte externa (OUTBOARD) del panel de las antenas de comunicación HF y VHF y se pudo observar que la antena de

comunicación VHF no se encontraba, los puntos de anclaje se encontraban con corrosión y la pintura estaba en malas condiciones.

### 3.4.1 Reparación del panel de las antenas de comunicación.

#### a. Equipos y Materiales

- Equipos de Protección Personal (EPP)
- Taladro y brocas #19 (11/64), #30 (1/8), #40 (3/32)
- Tijera de tool
- Remachadora Neumática y buterolas
- Squeezer Neumático
- Bucking Bars (aguantadores)
- Remaches AN 426 3-6, 4-6, 5-4, 5-6
- Remaches AN 470 5-4
- Tornillos AN507C-832R8
- Nutplates K1000-3
- Deburring Tool y Deburring Bit
- Unibit

Con un puntero guía se marcó las cabezas de los remaches AN 426 5-4 del panel de las antenas de comunicación para posteriormente ser extraídos de la estructura como se muestra en la figura 42. Estos remaches se encontraban en los ángulos los cuales presentaban corrosión en los mismos.



**Figura 43** Marcación con el puntero guía en remaches AN 426

Con una broca #19 (11/64) se perfora cuidadosamente en las cabezas de los remaches AN 426 5-4, 5-6 y se extraen como se muestra en la figura 43. Adicionalmente se extrajeron hasta un punto en el que la piel del panel se pudiera apreciar y verificar por medio de una inspección visual que se encuentre en buen estado.



**Figura 44** Extracción de remaches AN 426 5-4, 5-6 del panel VHF

Se procedió a extraer los tornillos AN507C-832R8 que sujetan la antena HF y se pudo apreciar que estaban en mal estado y con corrosión severa. La parte interna de la antena HF y la base a la que estaba sujeta también se encontraba con corrosión como ese aprecia en la figura 44.



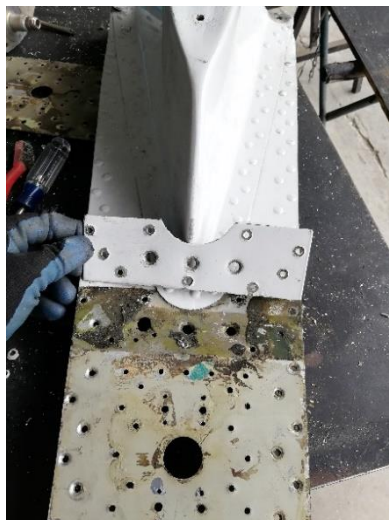
**Figura 45** Extracción de tornillos de la antena HF

Se procedió a retirar la piel de refuerzo en donde se encontraba la antena de comunicación HF. Esta piel tenía un grosor de 0.063 in y era unida con la piel general de la estructura por medio de remaches AN 426 4-6 y Nut Plates (anclas de sujeción) K1000-3 en donde se atornillaba la antena como se muestra en la figura 45.



**Figura 46** Piel de refuerzo de la antena HF

Se retira una lámina que une con la piel general de la estructura que se encuentra remachada con remaches AN 470 5-4 para poder extraer la piel que se encuentra con corrosión y daños como se detalla en la figura 46. La unión presentaba desgaste alrededor de los orificios, por medio de la inspección visual se comprobó el desgaste de la pintura.



**Figura 47** Lámina de unión de las dos pieles de la estructura

Se descubrió por medio de una inspección visual que tiene rajaduras en los puntos de sujeción como se muestra en la figura 47 y también se observó que tiene otros orificios alrededor de los puntos de sujeción.



**Figura 48** Rajaduras en los puntos de sujeción de la estructura

Después de haber sacado todos los remaches se extrajo la piel y como se muestra en la figura 48 se pudo apreciar que la lámina en su totalidad se encontraba con corrosión. Asimismo, se examinó nuevamente toda la estructura para verificar su estado y el resultado fue satisfactorio ya que la demás estructura no presentaba daños.

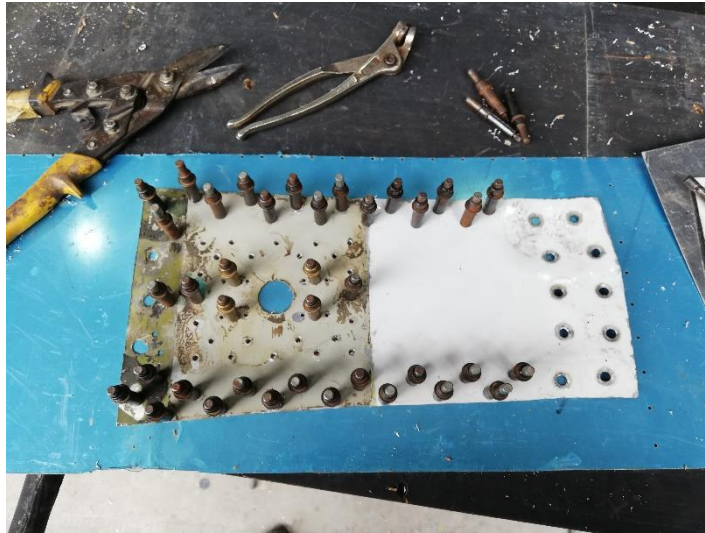


**Figura 49** Piel con corrosión y daño estructural

Para realizar la reparación de las pieles se mide el espesor de cada piel y se copia el molde anterior sobre la nueva piel, en este caso, se utilizó una lámina de aluminio Alclad de espesor 0.032 in para la estructura como se muestra en la figura 49.

Después de haber copiado el molde anterior sobre la nueva lámina, se perfora los orificios uno por uno y se colocan clecos para asegurar la piel y para que los huecos sean exactos al momento de perforar.

Se utilizó una broca #19 (11/64) para los huecos laterales, broca #30 (1/8) para los huecos que se encuentran en el refuerzo y broca #40 (3/32) para los huecos donde van a ir los nut plates (anclas de sujeción) de la antena de comunicación HF.



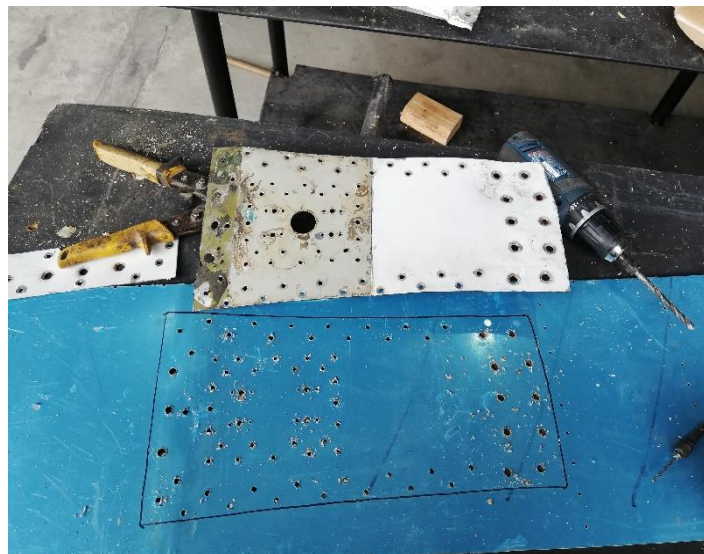
**Figura 50** Molde sobre la lámina de espesor 0.032 in de la estructura

Para copiar el molde del refuerzo, se utilizó alclad de espesor 0.063 in ya que en este refuerzo se encuentra localizada y apoyada la antena HF como se muestra en la figura 50.



**Figura 51** Molde sobre la lámina de espesor 0.063 in de la estructura

Una vez realizado los orificios, con un marcador se señala alrededor del molde que se ha copiado y se procede a retirar los clecos como se muestra en la figura 51.



**Figura 52** Molde sobre lámina de espesor 0.032 in marcado

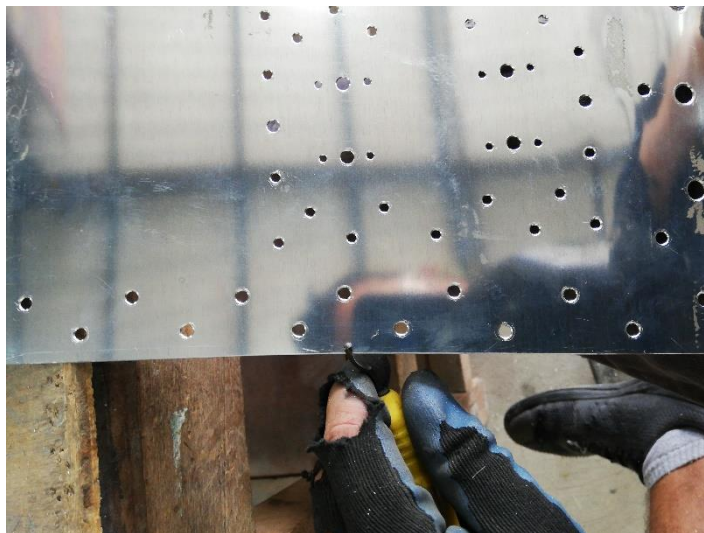
Después de verificar que todos los orificios hayan sido realizados completamente, se procede a cortar con una tijera de tool cuidadosamente, ya que la piel puede presentar dobladuras al momento del corte. El corte efectuado se puede apreciar en la figura 52.





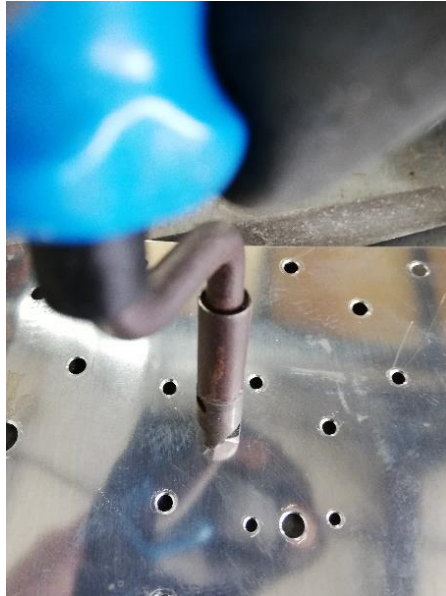
**Figura 53** Lámina de espesor 0.032 in cortado

Después de haber cortado la lámina, se procede a limpiar los filos y los huecos de las láminas. La limpieza en los filos mediante una herramienta denominada “Deburring Tool” consiste en crear una superficie plana y lisa con el fin minimizar probabilidades de rajaduras por motivo de fricción y adicionalmente minimizar el riesgo de cortes debido al manejo de dicha estructura como se muestra en la figura 53.



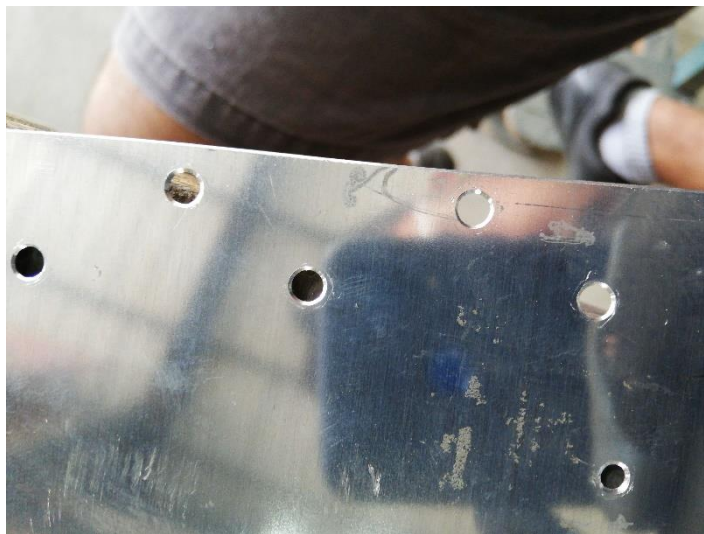
**Figura 54** Limpieza de filos en la lámina de espesor 0.032 in

La limpieza de los orificios mediante una herramienta llamada “Deburring Bit” tiene la misma función con el método de limpieza de filos, pero, también ayuda que el remache ingrese de la forma más eficiente a las estructuras y el remachado sea más limpio como se muestra en la figura 54.



**Figura 55** Limpieza de orificios en la lámina de espesor 0.032 in

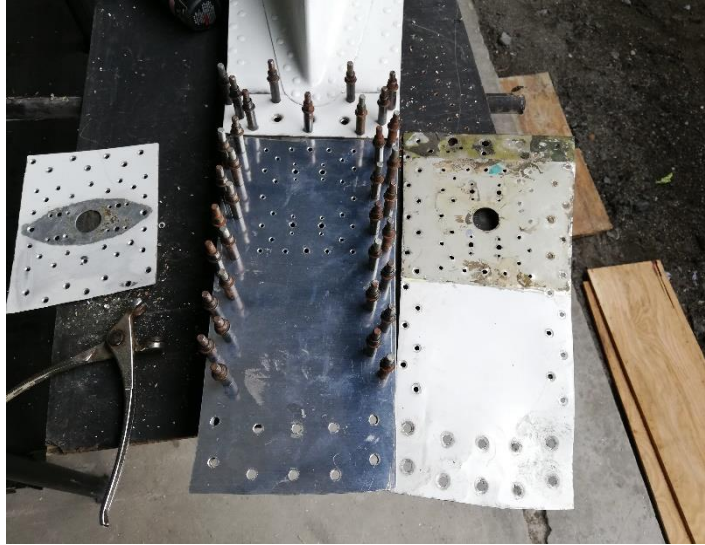
Como se muestra en la figura 55 se observa que los orificios han sido limpios y comprobados que no existen rajaduras o rasguños dentro de cada uno.



**Figura 56** Huecos y filos limpios en la lámina de espesor 0.032 in

Una vez realizado la limpieza de los orificios y filos de cada lámina, se procede a colocar en la estructura con clecos para asegurarse de que los cortes y los moldes entren de la forma correcta sin que existan excesos (medidas) dentro de la estructura.

Los clecos aseguran las nuevas láminas temporalmente a la estructura y se observa cada orificio que esté alineado con la otra lámina como se muestra en la figura 56.



**Figura 57** Colocación de las nuevas láminas en la estructura

Después de que las nuevas láminas hayan calzado en la estructura, se marca la posición para identificar qué tipo de remaches se van a utilizar en cada hueco de cada lámina, asimismo, se marca la orientación de la lámina (top o bottom) de la estructura como se muestra en la figura 57.



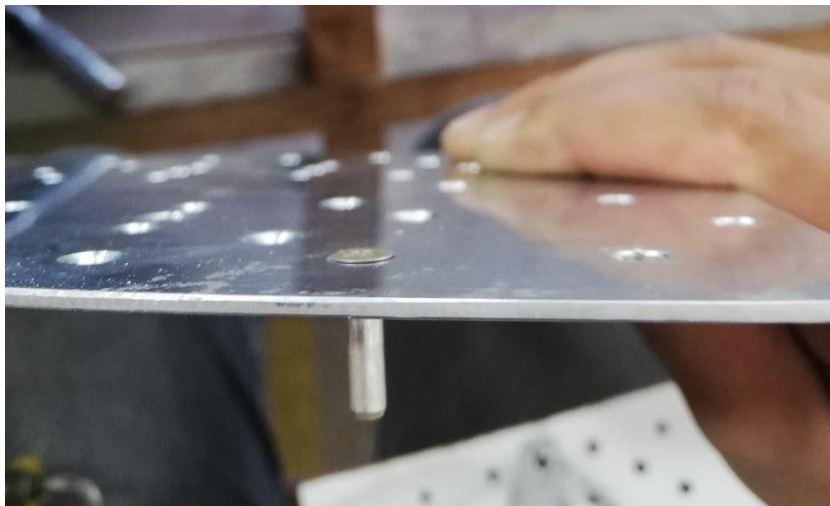
**Figura 58** Marcación orientación de las nuevas pieles

En la lámina de espesor 0.063 in se realiza un método denominado “countersink” que consiste en realizar un avellanado para que las cabezas de los remaches AN 426 (remaches de cabeza plana o perdida) queden de acuerdo a la estructura como se observa en la figura 58. Este método se aplica a todos los huecos a excepción de los 4 huecos que sujetan la antena de comunicación HF ya que estos van sujetos con nut plates K1000-3.



**Figura 59** Huecos avellanados para remaches AN 426

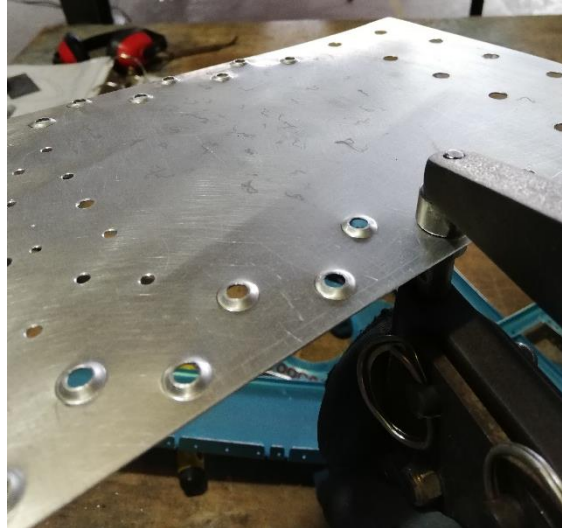
Después de haber realizado el countersink con el deburring bit se procede a comprobar cara orificio con un remache AN 426 4-9 como se muestra en la figura 59.



**Figura 60** Comprobación de orificios avellanados para remaches AN426

En la lámina de espesor 0.032 in se realiza un método denominado “dimpling die” que consiste en avellanar mediante un squeezer que es una herramienta que se utiliza específicamente para huecos situados en los laterales y en ángulos como se observa en la figura 60.

El dimpling se puede realizar a partir de láminas con espesor de 0.025 in a láminas de espesor de 0.032 in, es por ende que se utiliza este método para la estructura. En este caso se ocuparon puntas #19 (11/64) para los huecos laterales que están en los ángulos.



**Figura 61** Dimpling die en huecos #19 (11/64)

Después de haber hecho dimpling die en los laterales de la lámina, se procede a buscar nut plates (anclas de sujeción) para la antena de comunicación HF, siendo reemplazadas a las anteriores que se encontraban con corrosión y daños en los hilos.

Los nut plates que se ocuparon son los K1000-3 para tornillos AN507C-832R8 de cabeza avellanada y rosca fina como se observa en la figura 61.



**Figura 62** Nut Plates K1000-3 y tornillos AN507C-832R8 de rosca fina

Para pasar al proceso de tratamiento con primer, debido al alto contenido de corrosión en la estructura, se procede a colocar removedor de pintura para limpiar y dejar en su estado natural de aluminio.

Primero se inició con la antena de comunicación HF y se inspeccionó que no tenga ninguna rajadura o daño en la superficie y en los hilos, después se aplicó a la

parte posterior y ángulos de la estructura, asimismo se inspeccionó que no tuviera algún otro daño como se aprecia en la figura 62.



**Figura 63** Aplicación de removedor de pintura a la estructura

Después de haber removido toda la pintura en la estructura, se coloca en un sitio libre de polvo y se aplica tinner en todas las láminas y estructura para limpiar de cualquier impureza que se haya adherido a las superficies como se observa en la figura 63.



**Figura 64** Limpieza con tinner a todas las partes

La preparación de primer consta en la relación de 1:1, es decir, 1 de fondo epóxico (primer) y 1 de catalizador para el secado de la solución. La preparación también depende de la temperatura ambiente en la que se encuentre. Se preparó 1 cm<sup>3</sup> de primer debido a que las condiciones temperatura ambiente eran adecuadas

como se muestra en la figura 64.



**Figura 65** Preparación de Primer relación 1:1

Se necesitaba aplicar a todas las partes estructurales involucradas que iban a ser remachadas. Después de la aplicación se dejó secar hasta comprobar su estado de dureza como se observa en la 65.



**Figura 66** Aplicación de Primer a todas las partes

Se dejó secar por tres horas, y posteriormente se procedió a preparar los remaches. En primer lugar, se utilizaron remaches AN 426 5-4 para remachar los ángulos de la estructura y la lámina de espesor 0.032 in. Para esto se utilizó una remachadora neumática (pneumatic squeezer) con puntas planas debido a la cabeza de los remaches son avellanadas.

Se colocaron clecos #19 (1 1/64) a la lámina sobre la estructura para fijar y alinear los huecos. Se remacharon 12 remaches AN 426 5-4 para la piel de espesor 0.032 in como se aprecia en la figura 66.



**Figura 67** Remachado de láminas en la estructura

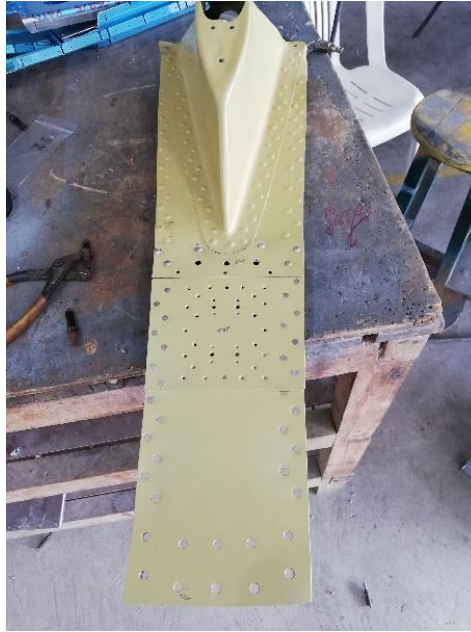
Se remacharon 14 remaches AN 426 5-6 debido a que por la lámina de refuerzo de espesor 0.063 in se utilizaron remaches más largos como se aprecia en la figura 67.



**Figura 68** Remachado de lámina de refuerzo en la estructura

Se remachó la lámina de unión de las dos pieles de la estructura utilizando 9 remaches AN 470 5-4 (cabeza universal) utilizando un aguantador (backing bar) y una pistola neumática con la buterola como se detalla en la figura 68.





**Figura 69** Remachado de la unión de las dos pieles

Se remacharon los nut plates K1000-3 (anclas de sujeción) utilizando 8 remaches AN 426 3-6 debido a que tenía que remacharse las dos láminas de espesor 0.032 in y 0.063 in como se observa en la figura 69.

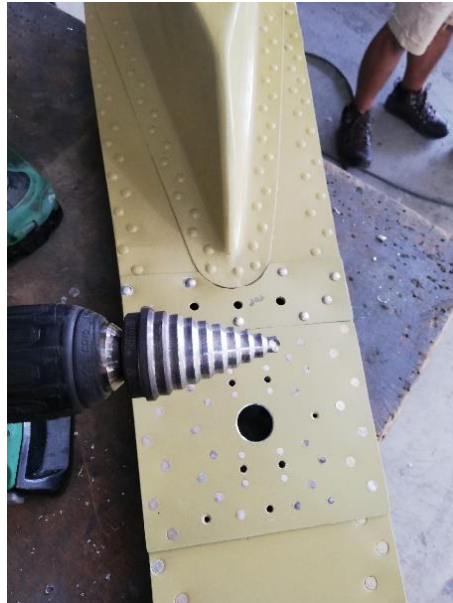


**Figura 70** Remachado de los Nut Plates K1000-3 para la antena de COM HF

Se remachó los huecos restantes en la lámina de espesor 0.063 in en el cual se utilizaron 20 remaches AN 426 4-6 para asegurar la lámina de refuerzo.

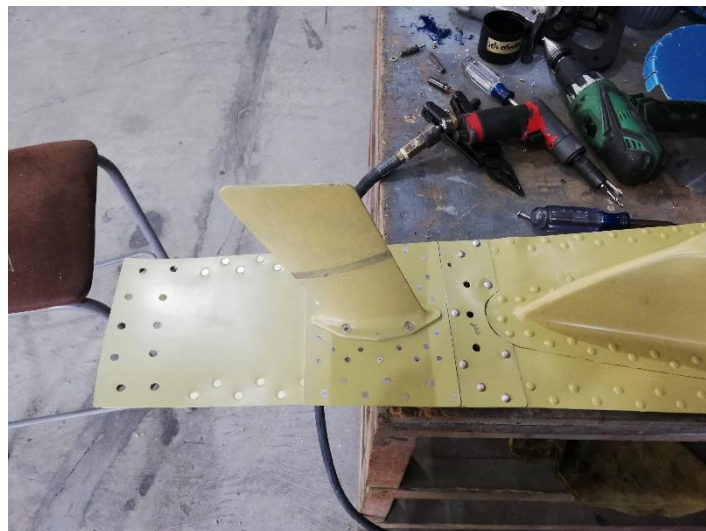
Con la utilización de un unibit se realizó una perforación en el centro del refuerzo de la estructura con el fin de colocar la base del conector de la antena de comunicación

HF como se muestra en la figura 70.



**Figura 71** Perforación con un unibit para la base de la antena HF

Se instala la antena de comunicación HF en el panel y se asegura con 4 tornillos avellanados de rosca fina AN507C-832R8, se instalan los tornillos con un torque de 10 lb/ft como se muestra en la figura 71.



**Figura 72** Colocación de la antena HF con tornillos AN507C-832R8

Después de haber instalado la antena de comunicación HF sobre la estructura, se procede a realizar una inspección visual de todos los remaches para verificar si la deformidad está en el rango de sujeción adecuado. La verificación que se realizó fue satisfactoria ya que los remaches estaban en el rango como se muestra en la figura

72. Adicionalmente, se colocó contact cleaner en el plug de la antena por seguridad y mantenimiento.



**Figura 73** Esquema de remachado y aseguramiento de la antena HF

Terminado de remachar todas las láminas y asegurada la antena de comunicación HF, se procede a ingresar al proceso de pintado de la estructura, se aplica un fondo para que la pintura pueda adherirse a la estructura y después se aplica la pintura color blanco. Finalmente para que obtenga un brillo y secado eficiente se aplica barniz con catalizador y se deja secar por 24 horas a una temperatura ambiente de 27°C como se muestra en la figura 73.



**Figura 74** Proceso de pintado del panel de las antenas de COM

### 3.4.2 Instalación de los paneles de la antena de comunicación y luz beacon a la estructura de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400

Se instaló el panel de la antena de comunicación HF y luz beacon en la estructura de la aeronave, para eso se utilizaron 13 pernos AN4-3A y se aplicó 50 ft/lb de torque a cada perno como se muestra en la figura 74.



**Figura 75** Instalación del panel de la antena de COM HF

Se aplicó contact cleaner al plug de la antena de comunicación HF y se conectó en el panel antes de colocar los 3 paneles laterales de la estructura como se muestra en la figura 75.



**Figura 76** Instalación del plug de la antena de COM HF

Se realizó la prueba de cierre y apertura de las puertas de acceso del tren de

aterrizaje izquierdo y derecho, el cual, funcionó de la manera que como se muestra en la figura 76.

De esa manera se logra apreciar en la aeronave que se ejecutó un buen trabajo ya que no afecta la aerodinámica del avión y es compacto al mismo.



**Figura 77** Vista completa del Panel en el Fuselaje de la Aeronave

### **3.5 Access covers and L/H Main Landing Gear Fairing**

Una vez culminada la reparación e instalación del panel de la antena HF y luz beacon, se procede a realizar la inspección en las compuertas de acceso y carenado del tren principal de aterrizaje izquierdo, en el cual, consisten las nomenclaturas #1, 2, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 según corresponda con la figura 34 que pertenece al Structural Repair Manual (SRM) capítulo 53-50-21, página 22.

Se inspeccionó la compuerta de acceso y se verificó que se encontraba en buen estado estructural pero con impurezas como polvo y residuos de grasa como se detalla en la figura 77.



**Figura 78** Compuerta de acceso L/H

Se inspeccionó el amortiguador (strut) que acciona la apertura/cierre de la compuerta de acceso del tren de aterrizaje y se verificó que se encuentra con aceite hidráulico como se muestra en la figura 78.



**Figura 79** Amortiguador de la compuerta del tren de aterrizaje

Se retiró una tapa de acceso que con la ayuda de una linterna se pudo apreciar la condición interna de la estructura y de las partes que se encontraban como la cañería de combustible que une al tanque izquierdo (L/H) y cables que conducía a las superficies de control primarias (aleros) y secundarias (aleta compensadora) como se detalla en la figura 79.



**Figura 80** Inspección de cañería y cables

Se retiró la tapa de acceso del siguiente panel y se inspeccionó, asimismo, con la ayuda de una linterna para verificar la condición de la cañería de combustible, poleas, cables y estructura en general como se detalla en la figura 80.



**Figura 81** Inspección de cañería y cables en el panel 2

En la figura 81, se puede apreciar que en los pernos y tuercas que unen el carenado con el perfil alar se encuentra con aceite hidráulico debido a una fuga o derrame ocasionado. También se inspeccionó la condición estructural de la misma para verificar si no existen rajaduras o abolladuras.



**Figura 82** Aceite hidráulico sobre pernos y tuercas

Se inspeccionó toda la estructura en general del carenado izquierdo L/H del tren de aterrizaje como la condición de remaches, pieles, condición estructural en las uniones, si existe presencia de corrosión, y lo que se pudo apreciar fueron impurezas y suciedad en la misma como se detalla en la figura 82.



**Figura 83** Inspección de la condición de la estructura

También se inspeccionó la superficie exterior (outside) del carenado izquierdo comprobando la apertura y cierre de la compuerta del tren de aterrizaje, el cual funcionó correctamente como se detalla en la figura 83.





**Figura 84** Funcionamiento de la compuerta izquierda del tren de aterrizaje

### 3.5.1 Limpieza e inspección de las cubiertas de acceso y carenado del tren de aterrizaje izquierdo L/H

Con la ayuda de un guaipe y un compuesto derivado del petróleo (JP1) se limpió la compuerta de acceso del tren de aterrizaje izquierdo, el cual es inspeccionado después de la limpieza para verificar la condición estructural de las pieles y condición operativa de la misma como se puede apreciar en la figura 84.



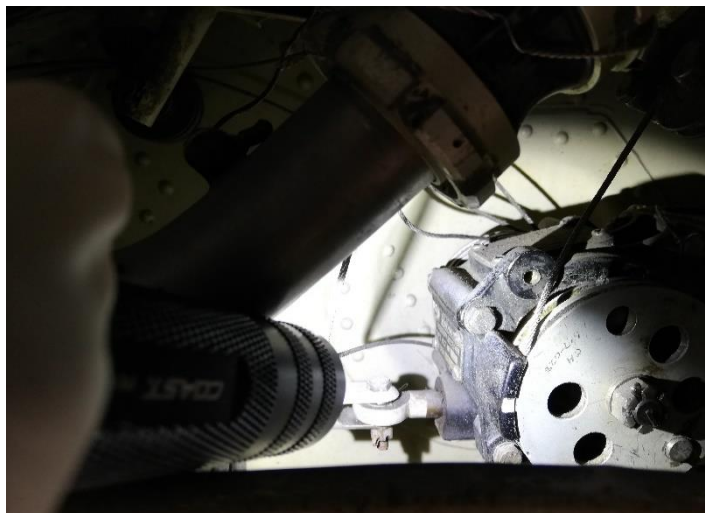
**Figura 85** Limpieza e inspección de la compuerta izquierda del tren de aterrizaje

Se limpió la unión entre el carenado y el perfil alar por residuos de líquido hidráulico y se procedió a inspeccionar la condición de los pernos y tuercas de la estructura como se aprecia en la figura 85. No presentaba daños.



**Figura 86** Limpieza e inspección de la unión del carenado y perfil alar

Se limpió el interior de la estructura por medio del acceso donde se podía apreciar la cañería y poleas de los controles de superficie alar, los cuales presentaban polvo e impurezas en los remaches internamente. Los cables de los controles de compensación se encontraban sueltos debido a que la aeronave ha sido trasladada de un lugar a otro. Se utilizó guaipe y tinner para la limpieza interna como se puede apreciar en la figura 86.



**Figura 87** Limpieza e inspección de estructura interna

Se limpió el carenado izquierdo L/H del tren de aterrizaje principal en general y se inspeccionó su condición aerodinámica y estructural como se detalla en la figura 87.



**Figura 88** Limpieza e inspección de estructura en general del carenado L/H

### 3.6 Access covers and R/H Main Landing Gear Fairing

Una vez terminado el chequeo en el carenado izquierdo del tren de aterrizaje, se procede a realizar la inspección en las compuertas de acceso del carenado derecho, en el cual, consisten las nomenclaturas #1, 2, 3, 4, 13, 16, 17, 27, 28, 29, 30, 31, y 32 según corresponda con la figura 34 que pertenece al Structural Repair Manual (SRM) capítulo 53-50-21, página 22.

Se inspeccionó la compuerta de acceso y se verificó que se encontraba en buen estado estructural pero con polvo y residuos de grasa. Adicionalmente se inspeccionó el strut que acciona la compuerta de acceso para su apertura/cierre de la misma como se detalla en la figura 88.



**Figura 89** Compuerta de acceso y strut del carenado R/H del tren aterrizaje

Se inspeccionó la estructura central donde se encuentran las cañerías de

combustible conectadas a unas check valves, y se pudo apreciar en la figura 89, que está en buen estado ya que fue puesta a un tratamiento anticorrosivo debido a la reparación realizada anteriormente en el ítem 3.2.1.



**Figura 90** Estructura central y cañerías de combustible

Se retiró una tapa de acceso que con la ayuda de una linterna se pudo apreciar la condición interna de la estructura y de las partes que se encontraban como la cañería de combustible que une al tanque derecho (R/H) y cables que conducía a las superficies de control alar como se detalla en la figura 90.



**Figura 91** Inspección interna de cañerías del carenado R/H

### 3.6.1 Limpieza e inspección de las cubiertas de acceso y carenado del tren de aterrizaje izquierdo R/H

Se limpió el strut de la compuerta de acceso del carenado derecho R/H con un guaípe y desengrasante, posteriormente se inspeccionó su condición y se encontraba en buen estado como se detalla en la figura 91.



**Figura 92** Limpieza e inspección del strut del carenado derecho R/H

Se limpiaron las áreas restantes de acuerdo a los ítems que especifica el manual y se inspeccionó su condición estructural. Posteriormente se colocaron las tapas de los paneles que fueron limpiados e inspeccionados. Se pudo apreciar que existen cables como se detalla en la figura 92 por la razón de que la aeronave ha sido trasladada a un nuevo campus.



**Figura 93** Paneles cerrados del carenado R/H del tren de aterrizaje

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones.

- Se recopiló la información técnica de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400 de acuerdo al manual de reparación estructural (SRM), ya que se identificó en la sección 53-50-21 y se reparó acorde a la sección 51-50-11, de esta forma permitió obtener los conocimientos teóricos en base a documentos específicos y técnicos de la aeronave.
- Basado en la información técnica, se inspeccionó todos los ítems del carenado central del tren de aterrizaje principal de la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400, en el cual se verificó de acuerdo a la sección 53-50-21 páginas 23-24, un daño en el panel de las antena de comunicación HF y de la luz beacom y, una rotura en el ángulo de una costilla que va sujeta al fuselaje y que sostiene el panel de la antena de comunicación y el panel de la luz beacom; es por ello que se utilizaron materiales de aviación para ejecutar la reparación del carenado.
- Se reparó el panel de la antena de comunicación HF y panel de la luz beacom de la aeronave Hawker Siddeley HS 125-400 mediante una reparación tipo rasante (Flush Type Repairs) y el ángulo de la costilla que sujeta al panel; se instaló en la nuevamente en la aeronave y se dio mantenimiento al carenado central del tren de aterrizaje principal, así dando una mejor imagen y alargando la vida útil de la estructura del carenado.

## 4.2 Recomendaciones

- La utilización de equipos de protección personal (EPP) para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en la aeronave, ya que así se resguarda la integridad del personal y asegura trabajos futuros dentro de las planificaciones de mantenimiento.
- Seguir la documentación técnica estipulada por el fabricante de la aeronave, ya que los manuales especifican la información necesaria y, seguir los procedimientos para emplear cada reparación garantizando el correcto funcionamiento y alargando la vida útil de los aviones escuela de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Los docentes encargados de las distintas materias planifiquen constantes mantenimientos a los aviones escuelas para que sus estructuras no presenten daños que puedan perjudicar el aprendizaje de los futuros aerotécnicos ya que estos no tienen un hangar de protección y se encuentran a intemperie bajo los diferentes cambios climáticos
- Las autoridades y directores de carrera puedan lograr realizar convenios con el Estado para la adquisición de nuevos equipos e incluso nuevas aeronaves que puedan brindar conocimientos a los nuevos estudiantes ya que ellos son los beneficiados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aircraft Spruce & Speciality Co.* (n.d.). Retrieved from <https://www.aircraftspruce.com/catalog/hapages/solidalumrivets2.php>
- Aircraft Spruce & Speciality Co.* (n.d.). Retrieved from <https://www.aircraftspruce.com/catalog/hapages/solidalumrivets.php?clickkey=6472306>
- Aircraft Spruce & Speciality Co.* (n.d.). Retrieved from <https://www.aircraftspruce.com/catalog/hapages/avexblindriv.php>
- Aircraft Spruce & Speciality Co.* (n.d.). Retrieved from <https://www.aircraftspruce.com/catalog/hapages/cherrymax.php?clickkey=6751>
- Alaren Textil.* (2017). Retrieved from [http://www.alarentextil.com/?page\\_id=1263](http://www.alarentextil.com/?page_id=1263)
- Alvarado, E. (2015, Marzo 10). *Slide Share.* Retrieved from <https://es.slideshare.net/Sapotaker/fasteners-o-sujetadores>
- Amazon.* (n.d.). Retrieved from [https://www.amazon.com/Preamer-Industrial-Countersink-Working-Deburring/dp/B014O08HF6?ref\\_=fscpl\\_dp\\_dp\\_6](https://www.amazon.com/Preamer-Industrial-Countersink-Working-Deburring/dp/B014O08HF6?ref_=fscpl_dp_dp_6)
- Arenas, J. M. (n.d.). *Ingeniería y Estructuras Aeronáuticas.* Retrieved from <https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/tips-criterios-de-inspecci%C3%B3n/>
- AvionRevue.* (2018, Diciembre 3). *Avión Revue.* Retrieved from <https://es.avionrevue.com/destacamos/el-fuselaje-del-mc-21-300-se-somete-a-pruebas-de-resistencia/>
- Costa Oeste Industrial.* (n.d.). Retrieved from <https://www.costaoesteindustrial.com/2016/11/11/color-casco-de-seguridad/>
- DHgate.* (n.d.). Retrieved from <https://es.dhgate.com/product/cleco-temporary-fasteners-rivets-pins-40/446913192.html>
- DHgate.* (n.d.). Retrieved from <https://es.dhgate.com/product/air-riveter-high-quality-industrial-pneumatic/387138265.html#seo=WAP>
- DOT Industriales.* (2018, Marzo 26). Retrieved from <http://dotindustriales.com/2018/03/26/proteccion-manual-diferentes-tipos-guantes/>
- Ebay.* (2019). Retrieved from <https://www.ebay.com/p/1024483453?iid=333343790824&rt=nc>
- ECOSEG S.A.* (2016, Junio 24). Retrieved from <https://ecoseg.org/2016/06/24/epp->



proteccion-auditiva/

*FLAPS 5*. (2018, Abril 30). Retrieved from <http://flaps5.blogspot.com/2018/04/que-es-el-belly-fairing.html>

*GEIMSA*. (2017). Retrieved from <http://www.geimsa.com.ar/epp.html>

Hawker Siddeley HS125. (1967). In *Structural Repair Manual* (pp. 23-24).

Hawker Siddeley HS125. (1967). In *Structural Repair Manual* (p. 22).

*IAC*. (2005). Retrieved from <http://www.inspeccionesaeronauticas.com>

*Industrial Tool Company*. (2019). Retrieved from <https://www.ustool.com/riveting-tools/bucking-bars-kits.html>

*Jim & Slim's Tool Supply*. (n.d.). Retrieved from [https://www.jimslimstools.com/Products/Reed-DEB3-Deburring-Tool-for-Copper-Aluminum-and-Steel-Tubing\\_\\_04437.aspx](https://www.jimslimstools.com/Products/Reed-DEB3-Deburring-Tool-for-Copper-Aluminum-and-Steel-Tubing__04437.aspx)

*KUZU S.L.* (2014). Retrieved from <http://kuzudecoletaje.es/sobre-las-tuercas-y-su-fabricacion/>

Morales, E. (2019, Abril 14). *Transponder 1200*. Retrieved from <https://www.transponder1200.com/de-winglets-sharklets-y-dispositivos-de-punta-alar/>

*MRO Tools*. (n.d.). Retrieved from <http://mrotools.com.mx/k200cg-pinzas-cleco.aspx>

*P&M aviation*. (2015). Retrieved from <http://www.pmaviationusa.com/invsale02-quicktr-912s-orange.html>

*S.I. Seguridad Industrial*. (2006). Retrieved from <https://www.siseguridad.com.co/proteccion-para-los-ojos-cual-es-la-indicada/>

*Sur Claro*. (2015, Julio 9). Retrieved from <https://www.surclaro.com/fsdownload-detail-21203.html>

*VICSA Safety*. (2017). Retrieved from <https://www.vicsa.cl/epp/proteccion-respiratoria/mascarillas-descartables/steelpro>

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **Acosta Moreno Andrés Gabriel**.

En la ciudad de la Latacunga, 27 noviembre 2019.

Ing. Rodrigo Bautista Zurita  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Aprobado por:

Ing. Rodrigo Bautista Zurita  
**DIRECTOR DE CARRERA**

Ab. Sarita Plaza Carrillo  
**SECRETARIA ACADÉMICA**

