



**Tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave BEEHCRAFT KING AIR E-90
en base a la aplicación prácticas estandarizadas según el ac 43.13-1b**

Erazo Guerra, Juan Carlos

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica – Mención

Aviones

Ing. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

29 de febrero del 2024

Latacunga



Plagiarism report

Capítulo I.docx

Scan details

Scan time:
March 1th, 2024 at 20:52 UTC

Total Pages:
60

Total Words:
14920

Plagiarism Detection

	Types of plagiarism	Words
1.2%	Identical	1.2% 186
	Minor Changes	0% 0
	Paraphrased	0% 0
	Omitted Words	0% 0

AI Content Detection

	Text coverage
N/A	AI text Human text

Plagiarism Results: (9)

M-ESPEL-CMA-0478.pdf 0.3%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27745/1/m-espel-cma-0478.pdf>

Luffi

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO E...

DGAC-DGAC-2023-0087-R-1.pdf 0.3%

<https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/08/dgac-dgac-2023-0087-r-1.pdf>

Resolución Nro. DGAC-DGAC-2023-0087-R Quito, D.M., 18 de agosto de 2023 DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL EL DIRECTOR GENERAL DE AVIA...

Descarga tu reporte de control de calidad ahora mismo - 0.1%

<https://reporte-de.com.mx/reporte-de-control-de-calidad/>

admin

Tipos de reportes Reporte...

Ataque Electroquímico - Corrosión - Aviación 0.1%

<https://pa-2.aprendamos-aviacion.com/2022/06/ataque-electroquimico-corrosion-aviacion.html>

Aprendamos Aviacion Aprendamos Aviacion A2 ...

Ing. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

C.C. 0934248054



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Certificación

Certifico que la monografía: **"Tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air e-90 en base a la aplicación prácticas estandarizadas según el AC 43.13-1B"**. Fue realizada por el señor **Erazo Guerra, Juan Carlos**, la misma que cumple los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos de establecidos por la Universidad las Fuerzas Armadas ESPE. Además, fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que la sustente públicamente.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Ing. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

C.C.: 0604248062



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Responsabilidad de autoría

Yo, **Erazo Guerra, Juan Carlos**, con cédula de ciudadanía N° 1711199867, Declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"Tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air e-90 en base a la aplicación prácticas estandarizadas según el AC 43.13-1B"**. Es de mi autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos de establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando a las citas bibliográficas.

Erazo Guerra, Juan Carlos

C.C.: 1711199867



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica – Mención Aviones

Autorización de publicación

Yo, **Erazo Guerra, Juan Carlos**, con cédula de ciudadanía N° 1711199867, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air e-90 en base a la aplicación prácticas estandarizadas según el AC 43.13-1B”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Erazo Guerra, Juan Carlos

C.C.: 1711199867

Dedicatoria

A mis padres que, a pesar de ya no estar físicamente a mi lado, en vida me brindaron su apoyo incondicional, su amor sin límites, buscando siempre lo mejor para mí, haciendo todo en cuanto estuvo en sus manos, siendo por lo mencionado y mucho más, mi modelo a seguir y mi mayor inspiración para dar lo mejor de mí para crecer un poco cada día.

Erazo Guerra, Juan Carlos

Agradecimiento

Quiero dar gracias:

A Dios, por cada día que despierto, por permitirme vivir nuevas experiencias, por prestarme sus dones para atravesar los obstáculos que han llegado a mi vida; y por, sobre todo, le agradezco al bendecirme con la familia que me concedió.

A mis padres: Carlos y Gladys, por darme todo de ellos, por su apoyo constante, por su gran sacrificio para que nunca la faltara nada, y porque desde el cielo siguen velando por mí, por quienes me atrevo día a día, a completar cada peldaño de mi vida, esperando en llenarlos de orgullo.

A mis hermanos: Carla, Luis y Pablo, por ser un gran ejemplo a seguir para mí, por cuidarme siempre y, sobre todo, por el inmenso amor que nos mantiene unidos por sobre cualquier adversidad.

A mi novia, Alexandra, desde el fondo de mi corazón, por estar en los momentos más difíciles, por darme cada día su amor y apoyo incondicional, convirtiéndose en una razón más para mejorar, para no desistir y para vivir.

A mis docentes, parte de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE, siendo para mí un privilegio que estuviesen a cargo de mi educación superior. Jamás conformaron con impartir teoría y práctica; demostraron ser excelentes seres humanos y profesionales con sus profundos conocimientos, su inagotable de paciencia, perseverancia y responsabilidad.

A mi tutor, el Ing. Andrés Arévalo, quién ha sido guía fundamental en la confección de este proyecto por sus conocimientos y apoyo invaluable.

Erazo Guerra, Juan Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
índice de figuras	14
índice de tablas	17
Resumen	18
Abstract.....	19
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento del problema	21
Justificación e importancia.....	22
Objetivos	23
<i>Objetivo general</i>	23
<i>Objetivos específicos.....</i>	23

Alcance.....	23
Capítulo II: Marco teórico.....	25
Reseña histórica.....	25
Avioneta Beechcraft King Air E-90	28
<i>Introducción</i>	28
Historia	28
<i>Generalidades</i>	30
Capacidad	30
Uso.....	30
Operatividad	30
Inspección No Destructiva (NDI).....	34
<i>Descripción</i>	34
<i>Niveles de NDT</i>	35
Nivel I.....	35
Nivel I/Nivel II.....	35
Nivel III.....	35
<i>Defectos en el material</i>	36
<i>Tipos de Ensayos No Destructivos</i>	36
<i>Inspección Visual</i>	37
Linternas	37

Espejos de Inspección	38
Lupas simples	38
Boroscopios	38
<i>Procedimiento de inspección visual</i>	39
Inspección Preliminar	39
Tratamiento de corrosión.....	39
Iluminación	39
Confort Personal.....	39
Ruido	40
Acceso al Área a Inspeccionar.....	40
Limpieza Preliminar	40
Inspección	40
Registro.....	41
Inspección y Protección de la Corrosión.....	42
<i>Generalidades</i>	42
<i>Factores que Influyen en la Corrosión</i>	44
<i>Agentes Corrosivos Comunes</i>	45
<i>Micro Organismos</i>	45
Bacterias	45
Hongos	46

Microbios	46
<i>Tipos de corrosión</i>	46
Corrosión General de la Superficie	47
Corrosión por Picaduras.....	48
Corrosión por Celdas de Concentración	49
Corrosión por Celdas Activo – Pasivas	50
Corrosión Filiforme.....	51
Corrosión Intergranular	53
Corrosión por Exfoliación.....	54
Corrosión Galvánica.....	55
Agrietamiento por Corrosión por Tensión.....	55
Corrosión por Fatiga	57
Corrosión por Rozamiento	58
Mantenimiento Preventivo de la Corrosión	59
<i>Directrices para todas las aeronaves</i>	59
Guía de Inspección Visual de la Corrosión para Aeronaves	61
<i>Generalidades</i>	61
<i>Inspección del Fuselaje Exterior</i>	61
Procedimientos de Eliminación de la Corrosión	62
<i>Generalidades</i>	62

<i>Precauciones de Seguridad</i>	63
Procedimientos para Trabajos de Control de Corrosión	65
Técnicas Básicas de Remoción de Corrosión	66
<i>Generalidades</i>	66
<i>Preparativos para el Retrabajo</i>	67
<i>Carenado y Combinación de las Zonas Retrabajadas</i>	68
<i>Métodos Estándar</i>	72
Aluminio y Aleaciones de Aluminio	72
<i>Generalidades</i>	72
<i>Tratamiento Especial para Superficies Anodizadas</i>	73
Reparación de Chapa de Aleación de Aluminio	73
Métodos de Eliminación de la Corrosión en Aluminio	74
<i>Eliminación manual de la corrosión ligera</i>	75
<i>Eliminación química de la corrosión ligera</i>	76
<i>Eliminación mecánica de corrosión moderada a grave.</i>	78
<i>Eliminación de corrosión usando chorro a presión de material abrasivo</i>	79
Preparación del Aluminio para ser Imprimado	80
Proceso de Imprimado	82
Factores Humanos	85
<i>Factores Humanos que Influyen en el Desempeño del Mecánico</i>	85

<i>Programa de Seguridad de Aviación de la FAA</i>	85
Capítulo III: Desarrollo del tema	87
Descripción General	87
Inspección Visual del Fuselaje Exterior	88
Reparación de Discontinuidades en el Fuselaje Exterior	96
Recubrimiento Superficial de las Reparaciones	109
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	113
Conclusiones	113
Recomendaciones	114
Bibliografía	115
Anexos	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Aeronave Beechcraft King Air E-90</i>	31
Figura 2 <i>Uso de linterna durante inspección en busca de grietas</i>	41
Figura 3 <i>Condiciones necesarias para Formación de Corrosión Electroquímica.</i>	43
Figura 4 <i>Prevención de la Corrosión mediante aplicación de Película de Pintura</i>	44
Figura 5 <i>Ataque de Corrosión</i>	47
Figura 6 <i>Corrosión General de la Superficie</i>	48
Figura 7 <i>Corrosión por Picaduras (Vista Exterior)</i>	49
Figura 8 <i>Corrosión por Picaduras (Sección Transversal Ampliada)</i>	49
Figura 9 <i>Corrosión por Celda de Concentración</i>	50
Figura 10 <i>Celda Activo - Pasiva</i>	51
Figura 11 <i>Corrosión Filiforme</i>	52
Figura 12 <i>Corrosión Intergranular en piel (aluminio) adyacente al sujetador (acero).</i>	53
Figura 13 <i>Corrosión por Exfoliación</i>	54
Figura 14 <i>Corrosión Galvánica en piel (magnesio) adyacente al sujetador (acero).</i>	55
Figura 15 <i>Agrietamiento por Corrosión por Tensión</i>	57
Figura 16 <i>Corrosión por Rozamiento</i>	59
Figura 17 <i>Limpieza aceptable de agujeros de corrosión</i>	69
Figura 18 <i>Combinación de la corrosión como una sola depresión</i>	71

Figura 19 <i>Combinación de múltiples picaduras en un área corroída</i>	71
Figura 20 <i>Forma incorrecta de sostener la pistola pulverizadora</i>	83
Figura 21 <i>Movimiento recomendado al pulverizar un recubrimiento</i>	84
Figura 22 <i>Lista de Comprobación para Antes y Después de una tarea</i>	86
Figura 23 <i>Beechcraft King Air E-90, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE</i>	88
Figura 24 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Ala</i>	89
Figura 25 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Fuselaje</i>	90
Figura 26 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Cubiertas Motores</i>	90
Figura 27 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Empenaje</i>	91
Figura 28 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Trenes de aterrizaje</i>	91
Figura 29 <i>Inspección Visual Fuselaje Exterior – Nariz</i>	92
Figura 30 <i>Hendidura en Cubierta de Motor</i>	93
Figura 31 <i>Corrosión en rejillas con traslapadas</i>	93
Figura 32 <i>Deformación en la Unión Piel Superior – Inferior del Ala</i>	94
Figura 33 <i>Corrosión en tapa de revisión</i>	94
Figura 34 <i>Hendiduras en fuselaje</i>	95
Figura 35 <i>Rotura en Piel de la Unión Ala – Fuselaje (Corrosión por Tensión)</i>	95
Figura 36 <i>Deformación en Aleta Ventral Trasera</i>	96
Figura 37 <i>Lavado General de la Aeronave Beechcraft King Air E-90</i>	97
Figura 38 <i>Limpieza de traslape ventana – fuselaje</i>	98

Figura 39 <i>Limpieza de rejillas</i>	98
Figura 40 <i>Cubierta de Papel con Cinta Adhesiva</i>	99
Figura 41 <i>Cubierta Plástica con Cinta Adhesiva</i>	99
Figura 42 <i>Colocación de Cubierta de Papel en Ventana</i>	100
Figura 43 <i>Ventanas Protegidas con Cubierta de Papel</i>	100
Figura 44 <i>Hélice Protegida con Cubiertas Plástica y de Papel</i>	101
Figura 45 <i>Protección de Borde de Ataque del Ala con Cubierta de Papel</i>	101
Figura 46 <i>Protección Bordes de Ataque Empenaje con Cubierta de Papel</i>	102
Figura 47 <i>Protección General de la Aeronave con Cubiertas Plástica y de Papel</i>	102
Figura 48 <i>Lijado de discontinuidades del fuselaje exterior de la aeronave.</i>	104
Figura 49 <i>Remoción de corrosión en perforaciones avellanadas</i>	104
Figura 50 <i>Retrabajo en hendiduras que ha sufrido el fuselaje</i>	105
Figura 51 <i>Hendiduras que ha sufrido el fuselaje lijadas</i>	105
Figura 52 <i>Preparación del compuesto de relleno</i>	107
Figura 53 <i>Colocación del compuesto de relleno</i>	107
Figura 54 <i>Curado del compuesto de relleno</i>	108
Figura 58 <i>Aplicación de Imprimado sobre metal</i>	111
Figura 59 <i>Aplicación de Imprimado sobre Compuesto de Relleno</i>	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características Beechcraft King Air E-90 – Exterior</i>	31
Tabla 2 <i>Características Beechcraft King Air E-90 – Cabina</i>	32
Tabla 3 <i>Características Beechcraft King Air E-90 – Vuelo</i>	32
Tabla 4 <i>Características Beechcraft King Air E-90 – Planta Motriz</i>	33
Tabla 5 <i>Características Beechcraft King Air E-90 – Pesos Operativos</i>	33
Tabla 6 <i>Materiales Abrasivos recomendados según Aplicación / Metal</i>	70

Resumen

El recubrimiento orgánico superficial de una aeronave es fundamental en la duración de su vida útil, siendo a su vez una protección contra los elementos ambientales, mitigando el deterioro de componentes del fuselaje. El recubrimiento debe mantenerse mediante un tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave, que se realiza tras inspeccionarla en busca de daños ocasionados durante su operación. Factores involucrados en el despegue, vuelo y aterrizaje, son causantes de: desgaste del recubrimiento, impactos que dañan leve o gravemente las superficies, corrosión de superficies y elementos de sujeción, etc. El tratamiento ha de realizarse bajo lo indicado por el fabricante y documentación emitida por las autoridades aeronáuticas internacionales. Para su correcta ejecución, el personal aeronáutico estará capacitado en: uso de herramientas, cumplimiento de normas de seguridad y seguimiento e interpretación de la legislación aeronáutica e información técnica de la aeronave en la que se realice los trabajos de mantenimiento. En 1976, la Dirección General de Aviación Civil, compró una aeronave al fabricante estadounidense BEECHCRAFT, modelo KING AIR E-90, que permaneció operativa hasta el año 2016. Al salir de servicio, autoridades a cargo de la disposición de bienes transitorios del estado ecuatoriano, optaron por transferir la aeronave en favor de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que se encarga de la formación de personal aeronáutico en el país, bajo la RDAC 147. Así se incorporó a la institución a manera de aeronave escuela, conjuntamente con herramientas y accesorios, con el fin de solidificar la formación impartida. Debido al periodo de inoperancia de la aeronave, se realizó el tratamiento superficial del fuselaje de la aeronave bajo prácticas aceptables, descritas en el AC 43.13-1B.

Palabras clave: Recubrimiento orgánico, Tratamiento superficial del fuselaje exterior, Aeronave Beechcraft King Air E90, AC (Circular de Asesoramiento).

Abstract

The surface organic coating of an aircraft is essential in the duration of its useful life, being at the same time a protection against environmental elements, mitigating the deterioration of fuselage components. The coating must be maintained by surface treatment of the aircraft's outer fuselage, which is carried out after inspecting it for damage caused during its operation. Factors involved in takeoff, flight and landing cause: wear of the coating, impacts that lightly or severely damage surfaces, corrosion of surfaces and fastening elements, etc. The treatment must be carried out under the instructions of the manufacturer and documentation issued by international aeronautical authorities. For its correct execution, aeronautical personnel will be trained in: use of tools, compliance with safety standards and monitoring and interpretation of aeronautical legislation and technical information of the aircraft on which maintenance work is carried out. In 1976, the General Directorate of Civil Aviation purchased an aircraft from the American manufacturer BEEHCRAFT, model KING AIR E-90, which remained operational until 2016. Upon leaving service, authorities in charge of the disposal of transitory goods of the Ecuadorian state, they chose to transfer the aircraft to the ESPE Armed Forces University, which is responsible for the training of aeronautical personnel in the country, under RDAC 147. Thus, it was incorporated into the institution as a training aircraft, along with tools and accessories, in order to solidify the training given. Due to the period of inoperability of the aircraft, the surface treatment of the aircraft fuselage was carried out under acceptable practices, described in AC 43.13-1B.

Keywords: Organic coating, Surface treatment of the outer fuselage, Beechcraft King Air E90 Aircraft, AC (Advisory Circular).

Capítulo I

Planteamiento del problema

Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, es un centro de estudios superiores, con presencia en distintas provincias del Ecuador, se cuenta con la carrera de Mecánica Aeronáutica con mención en Motores y Aviones. Para impartir la formación en el campo aeronáutico, cuenta con un centro instrucción aeronáutica civil, el cual es el único en el país y que opera bajo certificación de la Dirección General de Aviación Civil, quien es la Autoridad Aeronáutica a nivel nacional, basado en la Regulación técnica de Aviación Civil RDAC 147.

La institución brinda facilidades para la instrucción de los futuros mecánicos aeronáuticos como: instalaciones para el aprendizaje teórico, talleres técnicos a los cuales se adjunta un parque aeronáutico equipos de medición y comprobación de sistemas, materiales requeridos, disponibilidad de espacio para pruebas como corrida de motores, entre otros, todo esto con el objetivo de formar profesionales con calidad, capacitados para desempeñarse adecuadamente en las tareas de mantenimiento aeronáutico en las empresas de aviación civil que operan en el país.

Siendo prioritario para la institución el desarrollo de habilidades de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica, se cuenta con varias aeronaves denominadas aeronaves escuela para que los estudiantes se familiaricen con los distintos sistemas y su funcionamiento. Recientemente la institución recibió como donación la aeronave *Beechcraft King Air E-90*, para convertirse en aeronave escuela, con motorización del tipo *turbo propeller*.

Al incorporarse esta aeronave al parque aeronáutico de la institución, es primordial sustentar la funcionalidad de la misma bajo la incorporación de los distintos procedimientos de mantenimiento tanto correctivos como preventivos.

Es importante recalcar que el parque aeronáutico está dispuesto al aire libre y las aeronaves no se encuentran bajo ningún tipo de cubierta o hangar, provocando una exposición directa a los agentes climáticos que pueden deteriorar especialmente el recubrimiento de la estructura exterior de la aeronave y los diferentes sistemas expuestos de la misma, como pueden ser los controles de vuelo o el tren de aterrizaje.

Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga, cuenta en sus instalaciones, con laboratorios como con aeronaves escuela para facilitar la instrucción práctica a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica en sus distintas menciones: Aviones y Motores; priorizando la ubicación y funcionamiento de los distintos sistemas de las mismas.

El objetivo de las aeronaves escuela es su uso en la parte práctica, donde los estudiantes puedan desarrollar sus destrezas, sin comprometer una aeronave con certificado de aeronavegabilidad y sus posibles ocupantes.

Actualmente la aeronave Beechcraft King Air E-90, que por su ubicación y por no contar con una instalación que proteja su estructura superficial de factores ambientales, se encuentra expuesta a un posible daño prematuro. La aeronave se encontraba operativa hasta hace relativamente poco tiempo y por ende se ha observado en la estructura de la aeronave el deterioro de su recubrimiento orgánico superficial (Pintura), lo cual puede ocasionar daños

mayores en la parte estructural de dicha aeronave, principalmente daños por corrosión e incluso la delaminación de distintas cubiertas.

En vista de los deterioros presentes en la superficie de la aeronave Beechcraft King Air E-90, además de contar aún con la señalética perteneciente a la Dirección General de Aviación Civil, se ha tomado la iniciativa de realizar un proceso de tratamiento superficial del fuselaje de la misma, modificando además la señalética para concordar con las demás aeronaves escuela del parque aeronáutico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga.

Justificación e importancia

El presente trabajo de titulación, contribuirá tanto a docentes como a estudiantes de la carrera de tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica facilitando la comprensión del proceso que conlleva el tratamiento superficial del fuselaje exterior de una aeronave. Proceso que consta posee varios pasos a seguir, bajo el respaldo de prácticas estandarizadas bajo el AC 43.13-1B.

Para el desarrollo de este proyecto se empleará pintura epoxi poliuretano; misma que posee una resistencia adecuada a las inclemencias del ambiente; durante este procedimiento preventivo se implementará la utilización de equipos de protección personal para garantizar que los trabajos realizados se cumplan además bajo las normas de seguridad operacional.

De esta manera se protegerá superficialmente la estructura exterior de la aeronave escuela, extendiendo su vida útil, manteniendo así su fuselaje en estado funcional para el desarrollo de habilidades prácticas de los futuros técnicos. De esta manera se garantiza que los conocimientos adquiridos por el futuro técnico, le permitan desempeñar tareas de

mantenimiento en el campo laboral; capacitados para dar solución a los diferentes problemas tanto en lo referente al área de motores como al de la aeronave en general.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el tratamiento superficial del fuselaje exterior a la aeronave Beechcraft King Air E-90, mediante prácticas estandarizadas según AC 43.13-1B para mantener en condiciones óptimas la aeronave.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica de las prácticas estándar a emplearse bajo la AC 43.13-1B, para el correcto cumplimiento del tratamiento superficial del fuselaje exterior del avión Beechcraft King Air E-90 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga.
- Obtener los materiales adecuados para ejecutar el tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air E90.
- Desarrollar los procedimientos técnicos del Tratamiento superficial del fuselaje exterior del Beechcraft King Air E-90, dando seguimiento a lo descrito en las prácticas estándar bajo el AC 43.13-1B.

Alcance

El presente proyecto se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga, en la búsqueda de otorgar protección al fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air E90, con la finalidad de corregir posibles

daños causados al encontrarse a la intemperie; el recubrimiento orgánico de la aeronave permitirá conservar al avión escuela en condiciones de funcionalidad, de tal manera que los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica puedan recibir instrucción práctica de manera adecuada.

Capítulo II

Marco teórico

Reseña histórica

La autoridad aeronáutica del Ecuador es denominada como la **Dirección General de Aviación Civil de Ecuador (DGAC)**, cuya sede se ubica en la capital, Quito. Se encarga de la publicación Reglaciones Técnicas Aeronáuticas (RDAC); y, de gestionar el cumplimiento de la Ley de Aviación Civil, además de la seguridad, la prevención e investigación de accidentes e incidentes de aviación (WIKIPEDIA, 2023).

Para ejecutar lo mencionado, actualmente es una Institución técnica cuyo funcionamiento comprende en administrar, regular, vigilar y controlar toda la actividad aeronáutica y aeroportuaria a nivel nacional para brindar seguridad operacional en el territorio nacional.

Su inicio se da en la historia de aviación civil mundial, teniendo su origen tras finalizar la Primera Guerra Mundial, en la segunda década del siglo pasado, en ese punto en los aviadores militares se hallaron sin trabajo, pero contaban con una amplia experiencia de vuelo. Para dar el salto de transportar a personas civiles, el problema más grande fueron las aeronaves que se hallaban adaptadas para el combate y no el transporte de pasajeros, por esto, su precio cayó significativamente, permitiendo en muchos casos que sean adquiridos por sus antiguos pilotos, quienes inconscientemente los popularizaron al presentarse en ferias y espectáculos aéreos.

En la segunda mitad del año 1920, la empresa “El Telégrafo”, adquirió la primera aeronave del Ecuador de manos de un aviador italiano de nombre Elia Liut, quien había adquirido un antiguo avión de combate, empleando sus ahorros para este fin. La aeronave en

cuestión era una avioneta **Macchi Henriot**, de motor **Gnome Rhome**, de 120HP. Sus dimensiones eran: ancho de alas de 8.52 metros, 5.84 metros de largo, 600 kilos de peso total. Alcanzaba una velocidad máxima de 185 kilómetros por hora y tenía un techo máximo de vuelo de 4000 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Tras su compra, la aeronave fue bautizada como "Telégrafo I", y su vuelo inaugural se dio el 8 de agosto de 1920 en la ciudad de Guayaquil, al cual asistió el presidente de ese entonces, el Dr. José Luis Tamayo acompañado de otros funcionarios del gobierno central y autoridades de la ciudad.

A partir de ese hito, nace la importancia de la aviación como nuevo medio de transporte en el país. Tras varios años, donde incluso el mundo se vio envuelto en otra guerra mundial y otras crisis, en agosto de 1946 se creó la Dirección de Aviación Civil con el objetivo de alcanzar el progreso y velar por la seguridad de las operaciones, adicional a esto se encargaría de la resolución de problemas específicos de la aviación civil; y en su momento estaba bajo la conducción de la Comandancia General de la Aeronáutica. Años después, en 1951 se crea la Junta de Aviación Civil Ecuatoriana, bajo la tutela del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, conjuntamente con la Dirección General de Aviación Civil.

Al ser una actividad nueva, no solo en el país, la DAC no contaba con infraestructura aeronáutica adecuada, ni del personal técnico debidamente capacitado, por cual inicialmente, el desarrollo de la aeronáutica se realizaba con gestión privada. El gobierno consideró imperativo el organizar de forma planificada la implementación de infraestructura, el mantenimiento y control de las instalaciones, construcción de torres de control, aumento de la red de aeropuertos, registrar aeródromos, colocar radiofaros y ayudas de navegación; así como la administración de la legislación y operación aeronáutica civil en el país.

A día de hoy, y bajo cumplimiento de la Ley de Aviación Civil, es el Estado el que regula y controla la actividad aeronáutica en el territorio nacional, mediante dos organismos que ya existían, el Consejo Nacional de Aviación Civil y la Dirección General de Aviación Civil, para los cual se actualizaron sus deberes y se volvieron autónomos (WIKIPEDIA, 2023).

En mayo de 1976, siendo ya una entidad autónoma, la Dirección General de Aviación Civil compró la Aeronave BEECHCRAFT E90 King Air, serie Nro. LW-178, documentos que se encuentran debidamente certificados como: la Aircraft Bill Of Sale (Factura de venta), Export Certificate of Airworthiness (Certificado de aeronavegabilidad de exportación) N.E149175 y OMB (Boletín Manual de Operaciones) N. 04. R0076, registrados en el Departamento de Transportación de Estados Unidos de América, comprobando su origen. Para su operación se le otorgó originalmente la matrícula HC – DAC, misma que le perteneció hasta finales del 2014, donde la DGAC, tras un proceso de renovación de aeronaves decidió modificarla por HC – DAG; a razón de que, bajo las disposiciones internacionales, no pueden operar dos aeronaves bajo una misma matrícula. La aeronave estuvo en operación hasta el 18 de marzo del 2016, día en que realizó su último vuelo.

A mediados los años 90 del siglo pasado, el gobierno nacional del Ecuador, instauró en el Registro Oficial, la Ley en Beneficio de las Instituciones Educativas Fiscales, que menciona que, si es posible que un bien transitorio del estado, favorezca a la formación educativa de los estudiantes, existe un proceso en el cual se puede transferir de manera gratuita el mismo, a favor de la institución que lo requiera. Valiéndose de esta oportunidad, en octubre de 2019, a través de su Rector, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, inició comunicación con la DGAC para gestionar la posibilidad de transferir a favor de la institución de la aeronave mencionada. Tras un periodo de casi 4 años, y de cumplir con todos los trámites y acciones pertinentes, la Secretaría Técnica de Gestión Inmobiliaria del Sector Público (SETEGISP),

encargada de la disposición de los bienes transitorios del estado ecuatoriano, dio luz verde y recomendó a la DGAC, entidad predispuesta a colaborar con la formación de personal aeronáutico se procedió a la transferencia gratuita de la aeronave BEECHKRAFT King Air E-90, elevadores, repuestos, instrumentos y accesorios, a favor de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en calidad de aeronave laboratorio.

Esta decisión, asegura el buen uso de los bienes del estado al complementar la formación de Tecnólogos en Mantenimiento Aeronáutico, práctica que la institución realiza en el Campus General Guillermo Rodríguez Lara, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo de la ciudad de Latacunga.

Pasado el mes de agosto del 2023, la aeronave laboratorio, arribó a las instalaciones del campus mencionado. La aeronave, si bien si bien se encontraba funcional, presentaba detalles a ser corregidos, como ligeros daños en el fuselaje y componentes de su aviónica (Gobierno Del Ecuador, 2023).

Avioneta Beechcraft King Air E-90

Introducción

Historia. - La historia de la marca Beech inicia en 1924, donde las empresas aeronáuticas: Lloyd Stearman, Beech y Cessna conformaron la Travel Air Manufacturing Company, misma que 6 años después fue comprada por Curtiss-Wright Corporation. Tras dos años, debido a diversas dificultades, Walter Beech optó por crear junto con su esposa otra compañía a la que bautizaron como Beech Aircraft Corporation. En el mismo año de su creación, lanzaron su primera aeronave, el Beech Modelo 17 Staggerwing, que llegó a

participar con éxito en la Segunda Guerra Mundial como parte del Ejército de los Estados Unidos.

A partir de su segundo modelo, el Beechcraft A-36 Bonanza, se empezó a denominar a sus creaciones como "Beechcraft's". En 1980 la Raytheon Company compró la Beech Aircraft Corporation. Gracias a los excelentes productos que ofrecía, en 1993 también compró Hawker a la British Aerospace, llegando así a conformar la Raytheon Aircraft Company como se la conoce hasta el día de hoy.

Desde sus inicios, Beechcraft ha tenido sede en Wichita, Kansas, ciudad donde también se encuentra su competidor directo, Cessna Aircraft Company.

King Air es la denominación que la empresa utiliza en parte de una línea de aviones bimotor turbohélice y se compone de varios modelos de las series 90, 100, 200 y 300, aunque los dos últimos se comercializaron originalmente bajo la denominación Super King Air. Su producción en 1964 y hasta la fecha se han construido más de 3000 unidades. A día de hoy, su producción sigue activa, lo que le da al Beechcraft King Air la producción continua más larga de cualquier avión civil de su clase. Inicialmente la serie 90 portaba la letra "A" en su denominación, misma que ha ido cambiando a lo largo del tiempo por variantes y actualizaciones, por citar un ejemplo: el Modelo E90 es una actualización del Modelo C90, hecha en 1972.

El King Air E90 es el resultado de combinar: el fuselaje del modelo C90, el sistema de combustible y el panel de instrumentos del A100, y los motores Pratt & Whitney PT6A-28 más potentes utilizados por la empresa hasta ese entonces. La cabina de pasajeros del Modelo E90 es casi idéntica a la del Modelo C90, contando con cuatro asientos reclinables en configuración tipo club, es decir enfrentados; un compartimento para refrigerios frente a la puerta, un lavabo

con asiento plegable en la parte posterior y un compartimento para equipaje con una capacidad de 350 libras. Las ventanas circulares para los pasajes eran polarizadas en el modelo E.

La instrumentación aviónica estándar del modelo E90 estaba conformado por: navegación y comunicación RCA, ADF King, transpondedor y DME, radar meteorológico RCA, sistema de brújula Sperry, inversores de CA duales y sistema de audio Beech.

El peso vacío que declara la empresa con este paquete en específico era de 5800 libras. La producción del King Air E-90, se mantuvo hasta 1981, año en el cual terminó a la par la producción del Modelo C-90, dando paso a la producción del Modelo C90-1. Según registros, se produjeron una totalidad de 347 unidades del Modelo E-90 (WIKIPEDIA, 2023).

Generalidades

Capacidad. - La aeronave Beechcraft King Air E-90 es una avioneta bimotor turbo hélice, para el transporte de pasajeros que puede transportar 7 pasajeros y 1 miembro de tripulación: Piloto. Cuenta con una carga útil máxima de 3100 libras.

Uso. - El Beechcraft King Air E-90 fue diseñado con el fin de transportar pasajeros, pero al tener usos tanto civiles como militares, su configuración podía variar notablemente según las distintas necesidades. Pudiendo llevar equipos para distintas tareas como la monitorización de telecomunicaciones.

Operatividad. - el Modelo E-90, cuenta con dos motores turbo hélice del fabricante Pratt & Whitney de origen canadiense, capaces de generar 680 hp cada uno, que le permiten alcanzar una velocidad máxima de 244 nudos (452 km/h), una autonomía de 1468 millas náuticas (aproximadamente 2719 km) y un techo máximo de 30000 pies de altura sobre el nivel del mar (9.1 km).

Figura 1

Aeronave Beechcraft King Air E-90



Nota. Tomado de (JETPHOTOS, 2024)

En la Figura 1, se muestra a la aeronave Beechcraft King Air E-90, en la etapa en que se hallaba operando para la DGAC.

Tabla 1

Características Beechcraft King Air E-90 – Exterior

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90	
Exterior	
Envergadura	50 ft 3 in / 15.32 m
Longitud	35 ft 5 in / 10.8 m
Altura	14 ft 3 in / 4.34 m

Nota. Tomado de (GLOBALAIR, 2024)

Tabla 2*Características Beechcraft King Air E-90 – Cabina*

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90	
Cabina	
Volumen	227 ft ³ / 6428 l
Altura	4 ft 10 in / 1.47 m
Ancho	4 ft 6 in / 1.37 m
Longitud	12 ft 5 in / 3.79 m
Altura de puerta	4 ft 3 in / 1.3 m
Ancho de puerta	2 ft 3 in / 0.69 m
Equipaje	54 ft ³ / 1530 l

Nota. Tomado de (GLOBALAIR, 2024)**Tabla 3***Características Beechcraft King Air E-90 – Vuelo*

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90	
Vuelo	
Alcance máximo	1468 MN / 2719 km
Techo máximo	30000 ft / 9.14 km
Distancia de despegue	2024 ft / 0.617 km
Distancia de aterrizaje	3584 pies / 1.09 km
Velocidad de ascenso	1870 ft/min / 0,57 km/min
Velocidad máxima	244 kn / 451.9 km/h
Velocidad Crucero (Normal)	244 kn / 451.9 km/h

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Velocidad Crucero (Modo Económico)	198 kn / 366.7 km/h
Velocidad mínima de despegue	76 kn / 140.8 km/h

Nota. Tomado de (GLOBALAIR, 2024)

Tabla 4

Características Beechcraft King Air E-90 – Planta Motriz

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Planta Motriz	
Disposición	Bi Motor
Fabricante	Pratt & Whitney
Tipo	Turbo Hélice
Modelo	PT6A-28
Potencia	680 hp

Nota. Tomado de (GLOBALAIR, 2024)

Tabla 5

Características Beechcraft King Air E-90 – Pesos Operativos

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Pesos Operativos	
Peso vacío	5800 lb / 2631 kg
Peso máximo de despegue	10100 lb / 4581.3 kg
Peso máximo de aterrizaje	9700 lb / 4399.8 kg
Peso operativo	7000 lb / 3175.1 kg

Características principales de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Carga Útil	4284 lb / 1943.2 kg
Carga Útil lleno de combustible	1108 lb / 502.6 kg
Carga Útil Máxima	3100 lb / 1406.1 kg

Nota. Tomado de (GLOBALAIR, 2024)

Inspección No Destructiva (NDI)

Descripción

De acuerdo con La Inspección No Destructiva (NDI) es un campo extremadamente amplio, que busca encontrar daños en las aeronaves, tal y como su nombre lo indica, sin comprometer los elementos analizados (fuselaje, motores, etc.). Esta rama técnica perteneciente al campo del mantenimiento, se compone de diversos métodos denominadas “Ensayos”. Estos Ensayos No Destructivos (NDT) dependen para su eficacia de la capacitación, experiencia y habilidad del personal (denominados inspectores), que desarrollan los desarrollen. Los distintos ensayos a ser aplicados se determinan en base a la naturaleza del elemento a ser inspeccionado. Cabe recalcar que los “manuales del fabricante” de cada aeronave o producto, contienen de forma descriptiva e instructiva los detalles sobre NDI a ser aplicados. Existen documentos adicionales emitidos por el fabricante o la Administración Federal de Aviación (FAA) que tienen el fin de complementar los métodos NDI a ser aplicados según los manuales, como pueden ser: Directivas de Aeronavegabilidad (AD), Documentos Suplementarios de inspección Estructural (SSID), Boletines de Servicio (SB), etc. La experiencia del inspector es fundamental, ya que le permitirá decidir sobre el procedimiento o método de NDI, que podría ser incluso un procedimiento alternativo (DOT/FAA, 1998).

Niveles de NDT

La Asociación de Transporte Aéreo (ATA) contiene de forma organizada distintos tópicos del campo aeronáutico. Su Referencia de la Especificación 105 habla de las “Directrices para la capacitación y calificación del personal en métodos de prueba no destructivos” (DOT/FAA, 1998).

Nivel I. - Las horas de clase iniciales y la capacitación en el trabajo serán suficientes para calificar a un inspector para la certificación para una tarea específica. El personal debe poder aprobar una serie de exámenes: de visión y percepción del color, de estándares y procedimientos de END y un examen práctico realizado por un especialista certificado de Nivel II o Nivel III (DOT/FAA, 1998).

Nivel I/Nivel II. - El inspector deberá tener un Certificado de mecánico de fuselajes y plantas motrices de la FAA, además de completar la cantidad requerida de horas de clase formales y completar un examen (DOT/FAA, 1998).

Nivel III. - Según DOT/FAA (1998) obtiene bajo el cumplimiento de una de estas condiciones:

- El inspector debe estar graduado de una universidad, con un mínimo de 4 años en ingeniería o ciencias, más 1 año de experiencia mínima en END en una tarea comparable a la de un Nivel II en los métodos de END aplicables.
- El inspector debe tener 2 años de estudios de ingeniería o ciencias en una universidad o escuela técnica, más 2 años de experiencia como Nivel II en los métodos de END aplicables.
- El inspector debe tener 4 años de experiencia trabajando como Nivel II en los métodos de END aplicables y completar un examen.

Defectos en el material

Al NDI estar completamente dependiente de la interpretación del inspector, es fundamental que el personal de inspección conozca dónde pueden ocurrir o se puede esperar que existan defectos en el material, además de la forma de reconocerlos durante la aplicación de cada uno de los métodos de prueba del NDI.

Un diagnóstico fallido, mala interpretación y/o evaluación inadecuada de defectos o desempeño inadecuado de NDI pueden decantar en: aprobar piezas defectuosas o descartar piezas reparables.

Los especialistas en NDI deben estar familiarizados con la detección de distintos tipos de defectos en el material, como: corrosión, defectos inherentes, defectos de procesamiento primario, defectos de procesamiento secundario o acabado y defectos en el servicio (DOT/FAA, 1998).

Tipos de Ensayos No Destructivos

Acorde a lo descrito por DOT/FAA (AC 43-13-1B) los métodos de inspección no destructiva (NDI), son esenciales para garantizar la seguridad y fiabilidad de los componentes y estructuras, se han ido desarrollando varios y cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas.

Los métodos más utilizados en el campo aeronáutico son:

- Inspección Visual
- Inspección por Partículas Magnéticas
- Inspección por Líquidos Penetrantes

- Inspección por Corrientes de Foucault (Eddy Current)
- Radiografía
- Ultrasonido
- Emisión Acústica

La elección del método más adecuado depende de varios factores, como la naturaleza crítica de componente, su facilidad de transporte, el material, tamaño, forma y peso de la pieza, el tipo de defecto buscado, los límites máximos aceptables de defectos en tamaño y distribución, y las posibles ubicaciones y orientaciones de los defectos (DOT/FAA, 1998).

Inspección Visual

La Inspección Visual es un método de ensayo no destructivo (NDT) que se utiliza para detectar defectos en materiales y estructuras. Es particularmente importante para detectar defectos superficiales y para verificar defectos encontrados con otros métodos, siendo su base de interpretación.

En ocasiones los defectos son extremadamente pequeños y es por esto que pueden no verse a simple vista, para lo cual se cuenta con ayudas ópticas, cuyo uso es beneficioso y recomendado para magnificarlos, permitiendo una visualización adecuada y detallada.

Entre las ayudas visuales tenemos manuales y electrónicas. Dentro de las primeras, nos encontramos con tres principales:

Linternas. - Son fundamentales al inspeccionar áreas oscuras, o con iluminación deficiente. La correcta iluminación disminuye la posibilidad de pasar por alto algún defecto. Las linternas empleadas en NDI deben ser adecuadas para uso industrial, diseñadas para cumplir

criterios de seguridad que le permitan funcionar en atmósferas peligrosas como los tanques de combustible.

Se las puede clasificar según su nivel brillo, más precisamente de su bombilla:

- Bombilla incandescentes brillo estándar
- Bombilla de kriptón (70% más potente a la incandescente)
- Bombilla Halógena (100% más potente a la incandescente)
- Bombilla de Xenon (sobrepasa el 100% respecto a la incandescente)

Emplear un mayor nivel de brillo, incrementa el consumo de batería (DOT/FAA, 1998).

Espejos de Inspección. - Se emplean para visualizar áreas que no están en el campo de visión normal del inspector. Son diseñados con un tamaño adecuado para una fácil visualización de los componentes, cuentan a su vez con una junta giratoria que el inspector puede ajustar en la posición que requiera. Es importante mantener su superficie reflectante limpia y sin daños (DOT/FAA, 1998).

Lupas simples. - Son microscopios formados por una lente convergente, y su amplificación se calcula mediante la ecuación $M=10/f$, donde M es el aumento, **f** es la distancia focal de la lente en pulgadas y **10** es una constante que representa la distancia mínima promedio a la que los objetos pueden verse claramente a simple vista. La amplificación de una lupa simple está determinada por la distancia focal de su lente, y cuanto menor se la distancia focal, mayor será el aumento (DOT/FAA, 1998).

Boroscopios. - Son ayudas visuales, actualmente electrónicas que brindan precisión de enfoque, cuentan con iluminación propia y su diseño permite la inspección visual remota de superficies internas o áreas inaccesibles. Tienen forma tubular y esta puede ser rígida o

flexible; su longitud puede variar al igual que su diámetro, estos parámetros dependen del requerimiento. Su uso es muy amplio, incluyendo motores, tuberías, conductos y otras áreas de difícil acceso (DOT/FAA, 1998).

Procedimiento de inspección visual

Según DOT/FAA (1998), la corrosión es un defecto crítico, por lo que el personal de NDI de estar familiarizado con los tipos comunes de corrosión y tener formación y experiencia en su detección. Para obtener más información sobre la corrosión, se puede consultar el AC 43-4A, Control de Corrosión para aeronaves.

Inspección Preliminar. - Es necesario realizar una inspección preliminar del área general para verificar la limpieza, presencia de objetos extraños, sujetadores deformados o faltantes, seguridades de piezas, corrosión y daños. Si la forma o ubicación de una pieza oculta el área a inspeccionar se debe usar ayudas visuales como un espejo o un boroscopio.

Tratamiento de corrosión. - El paso anterior determinará las zonas más afectadas por corrosión, y es imperativo darles el tratamiento adecuado antes de continuar con la inspección para mermar futuros daños ocultos que demoren o afecten a la misma.

Iluminación. - Tras haber cumplido el paso anterior, corresponde dotar al área de trabajo con una iluminación adecuada para el correcto desarrollo de la inspección.

Confort Personal. - La fiabilidad de la inspección visual depende también de factores ligados al lugar donde se desarrolle. Contar con una instalación que proteja al inspector puede marcar una diferencia abismal en los resultados obtenidos.

Ruido. - Los altos niveles de ruido durante una inspección visual son cruciales. El ruido excesivo puede: disminuir considerablemente la concentración, generar tensión en el inspector y dificultar la comunicación efectiva, incrementando así las posibilidades de cometer errores.

Acceso al Área a Inspeccionar. - la facilidad de acceso al área es de gran importancia para obtener resultados confiables en la inspección visual. El acceso al área a ser inspeccionada, puede clasificarse en principal y secundario. El acceso principal le permite al inspector entrar en una posición adecuada para la inspección; el acceso secundario le permite al inspector el posicionar las ayudas visuales que requiera al realizar la inspección visual. El contar con un acceso deficiente, afectará a la interpretación de los defectos detectados, la toma de decisiones, la motivación y actitud, por parte del inspector.

Limpieza Preliminar. - Es un paso fundamental para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados de la inspección visual. Consiste en la limpieza de las áreas o superficies que se van a inspeccionar para eliminar cualquier contaminante que pueda dificultar la detección. Se recomienda no retirar el acabado protector superficial a menos que sea necesario como al haber detectado corrosión.

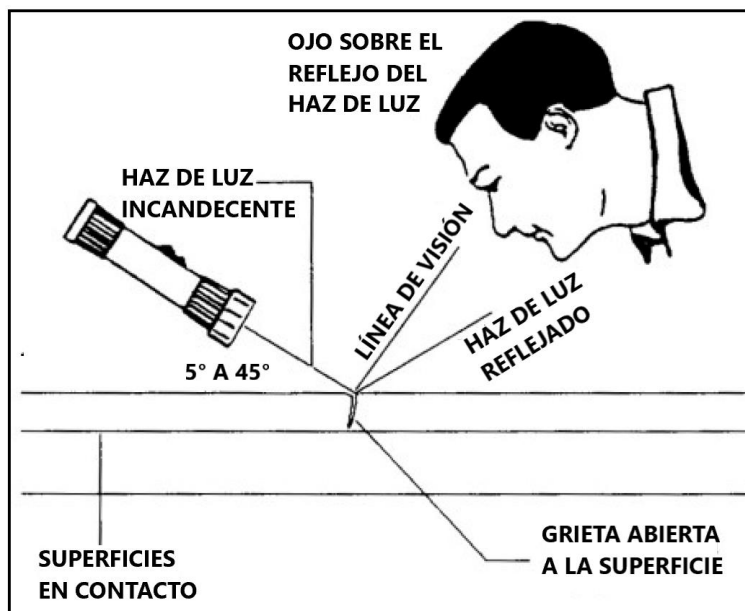
Inspección. - Consiste en visualmente, inspeccionar el área en busca de discontinuidades, empleando ayudas ópticas, dispositivos de medición, linterna y espejo, según se requiera.

Al buscar grietas superficiales, el haz de luz debe dirigirse en un ángulo comprendido entre 5 y 45 grados respecto a la superficie, evitando así el brillo directo a los ojos del inspector. Para determinar la longitud de la grieta detectada se debe dirigir el haz en ángulo recto hacia la misma y trazar de manera paralela una recta, se debe emplear un instrumento de trazado que no dañe la superficie.

La inspección visual puede complementarse con otros métodos de NDI como Líquidos penetrantes, Partículas magnéticas o Eddy Current para detallar las características de la grieta o discontinuidad detectada. Aparte de grietas superficiales, se debe inspeccionar en busca de otras discontinuidades como: decoloración por sobrecalentamiento; atrapamiento, bultos o abolladuras en las pieles del fuselaje o tuberías; el ruteado del cableado eléctrico, delaminaciones de materiales compuestos y recubrimientos de acabado protectores con daños o discontinuidades.

Figura 2

Uso de linterna durante inspección en busca de grietas



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Registro. - Para una evaluación adecuada, es necesario documentar todas las discrepancias encontradas durante la inspección visual mediante un informe escrito, fotografía y/o grabaciones de video.

El registro debe contener datos como el tamaño, la forma y la ubicación de la discontinuidad en el área inspeccionada. Las reelaboraciones realizadas previamente sobre la discontinuidad, también deben registrarse. Con la información recolectada puede valorarse y cumplirse correctamente la inspección visual (DOT/FAA, 1998).

Inspección y Protección de la Corrosión

Generalidades

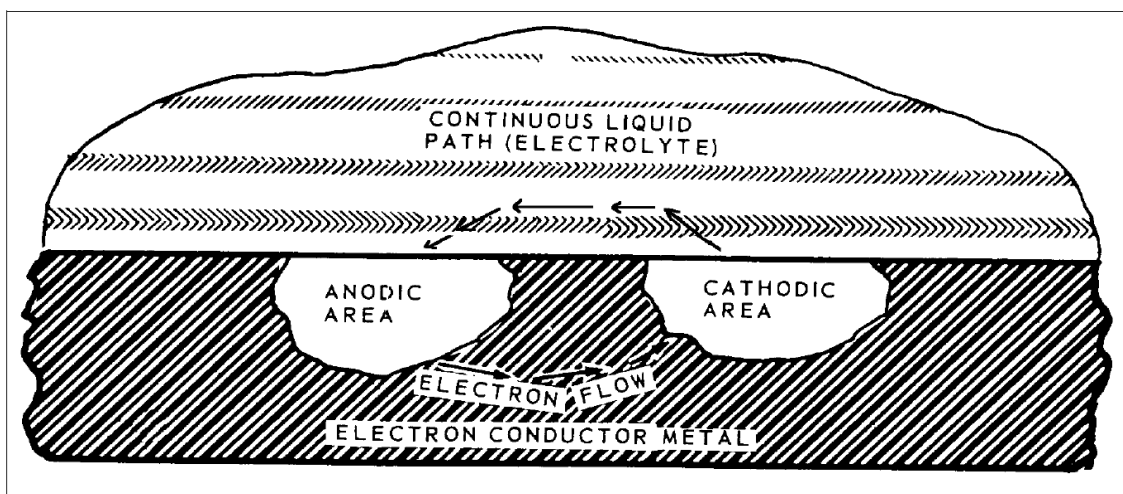
Acorde a DOT/FAA (1998); es vital que el personal de mantenimiento posea información que le ayude a prevenir, controlar, identificar y tratar los distintos tipos de corrosión que puedan presentarse en los metales de los que están hechos: pieles, componentes estructurales y de sujeción, partes y productos.

La corrosión es un fenómeno natural que ataca a los metales, se produce por acción química o electroquímica. Debe existir cuatro factores para que se presente la corrosión:

1. Un metal que sufra la corrosión (denominado Ánodo)
2. Un material conductor disímil, que tiene una menor tendencia a corroerse (denominado Cátodo)
3. Presencia de un medio líquido conductivo (denominado electrolito)
4. Contacto eléctrico entre el ánodo y el cátodo (superficies en contacto directo metal / metal).

Figura 3

Condiciones necesarias para Formación de Corrosión Electroquímica.



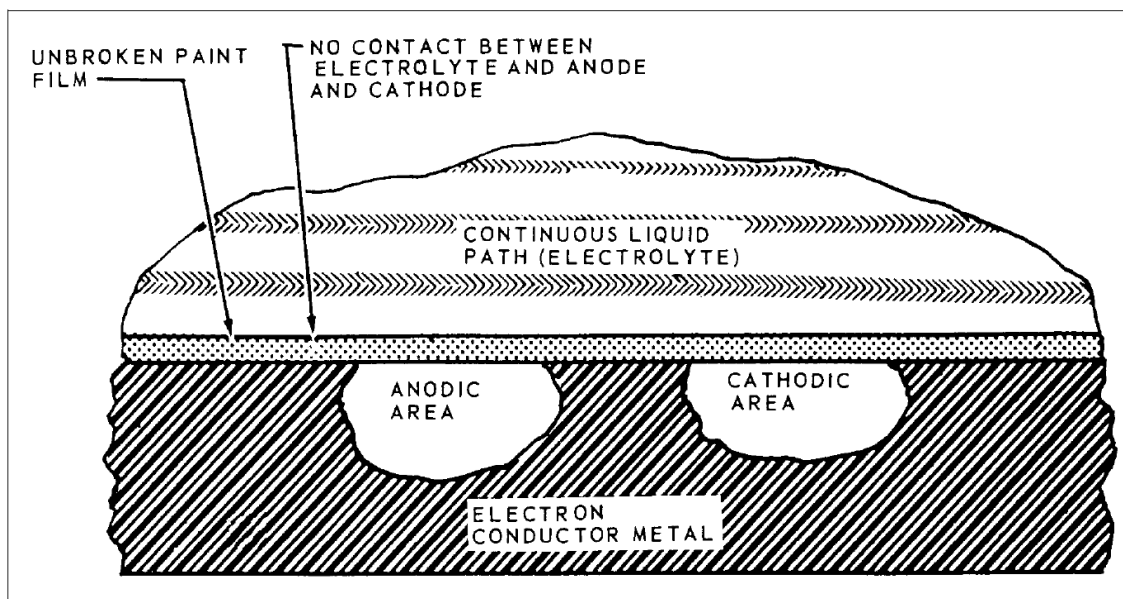
Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

La corrosión electroquímica ocurre cuando existe una diferencia de potencial entre dos metales en contacto y hay presencia de un electrolito. Este proceso puede detenerse al mitigar cualquiera de los factores mencionados.

La pintura puede enmascarar las etapas iniciales de la corrosión, haciendo mandatorio el inspeccionar las superficies pintadas en busca de discontinuidades como: ampollas, escamas, virutas y grumos, debido a que los productos de la corrosión ocupan un espacio adicional que modifica al acabado sobre el metal original.

Figura 4

Prevención de la Corrosión mediante aplicación de Película de Pintura



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Factores que Influyen en la Corrosión

Los factores que inicialmente influyen en la tasa de corrosión son: el tipo de metal, el tratamiento térmico y la dirección del granulado, la presencia de un metal disímil menos corrosible, áreas superficiales anódicas y catódicas, la temperatura ambiental, la presencia de electrolitos (agua, sal, etc.), la presencia de oxígeno y la presencia de microorganismos.

La mayoría de los metales puros no son adecuados para la construcción de aeronaves; el empleo de aleaciones es lo recomendado para este fin. Combinar metales permite aprovechar las distintas cualidades de los mismos en busca principalmente de mejorar sus propiedades mecánicas y su resistencia a la corrosión.

La corrosión se acelera en ambientes con alta temperatura y humedad; la formación de electrolitos sobre las superficies se produce por condensación y acumulación de suciedad o sal, afecta el grado de repercusión. Existe posibilidad de que el electrolito se aloje entre superficies o incluso grietas contaminando el área alrededor de don este confinado, convirtiéndola en una zona más sensible a ser afectada.

La presencia de hongos, moho y otros microorganismos vivos, que proliferan en superficies húmedas, una vez establecidos, provocan que el área en que se hallan permanezca húmeda. Los procesos de fabricación y tratamientos térmicos deben ser realizados de forma adecuada para minimizar el estrés en los metales, es así que se reduce la posibilidad de que aparezcan grietas en los mismos (DOT/FAA, 1998).

Agentes Corrosivos Comunes

Tras una larga trayectoria que ha permitido la recolección de datos, según DOT/FAA (1998); los agentes corrosivos más comunes son los ácidos, los alcalinos y las sales; los cuales pueden hallarse en la atmósfera y el agua, que son loa medios más comunes en el ambiente. La exposición a los agentes mencionados, se traduce en una corrosión más veloz que si se halla protegida la aeronave.

Micro Organismos

Bacterias. - Son de dos tipos: aeróbicas y anaeróbicas. Las bacterias aeróbicas requieren de oxígeno para vivir. Durante sus procesos metabólicos, principalmente reaccionan con el azufre, creando ácido sulfúrico como resultado, el cuál ataca a los metales adyacentes.

Las bacterias anaeróbicas por otra parte, usan en sus procesos metabólicos hidrógeno y monóxido de carbono, cuyos resultados corroen los metales.

Hongos. - Son crecimientos de microorganismos que se alimentan de materiales orgánicos y sus residuos pueden causar corrosión. La baja humedad puede ralentizar su crecimiento y prevenir los daños que puedan causar.

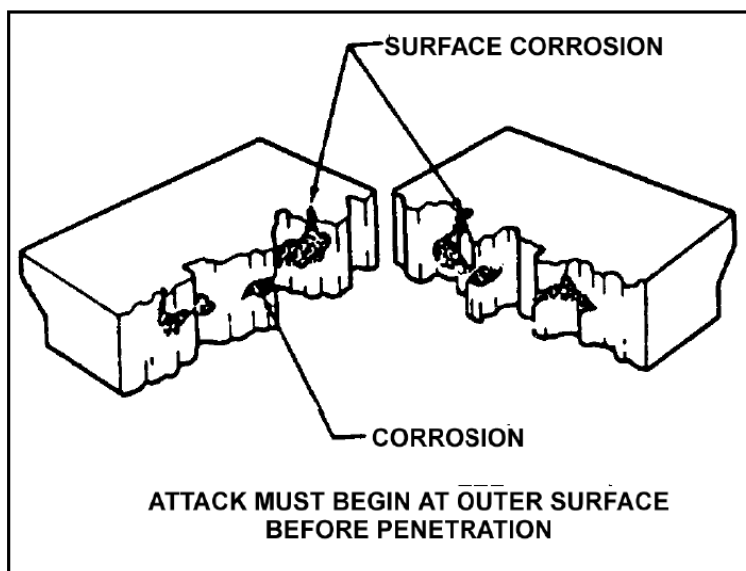
Microbios. - Aparecen en los fluidos que secretan los hongos, y su metabolismo ataca los distintos metales.

Las condiciones ideales para el crecimiento de la mayoría de microorganismos, son temperaturas entre los 20 y 40 grados centígrados aunados a una humedad media relativa del ambiente de entre 85 y 100 por ciento.

Los microorganismos deben ser completamente removidos de las superficies para evitar la corrosión. Para esto se emplea agua y un cepillo de cerdas no metálicas. En la mayoría de los casos también pueden removerse con una hidro lavadora con al menos 120 psi de presión de salida. El uso de ropa adecuada brinda protección contra daños a salud causados por los macroorganismos que salgan despedidos durante su remoción (DOT/FAA, 1998).

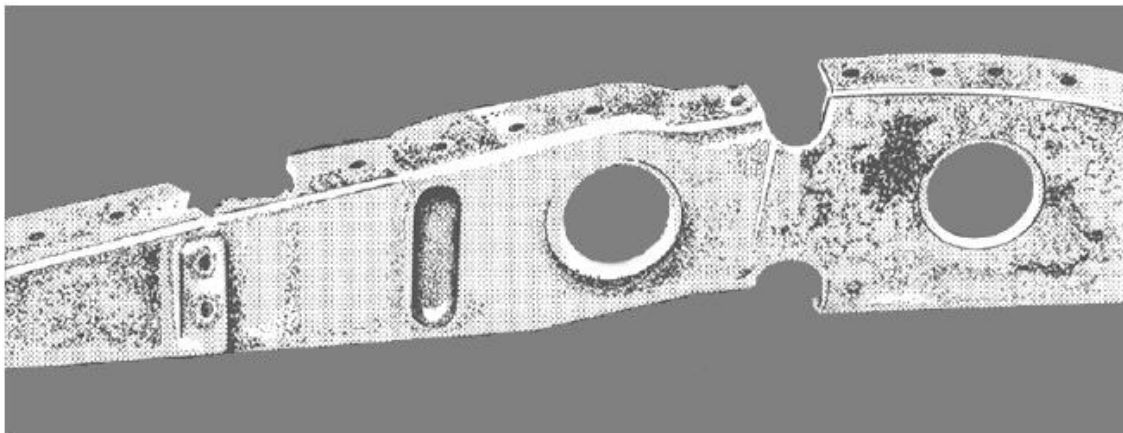
Tipos de corrosión

“Todos los ataques corrosivos inician en la superficie del metal siendo esta la razón por la cual se la clasifica según su apariencia” (DOT/FAA, 1998).

Figura 5*Ataque de Corrosión*

Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión General de la Superficie. - Es la forma más común y como su nombre indica, aparece de forma superficial, ocurre en un área amplia y es prácticamente uniforme en su dispersión. En superficies pulidas, inicia como un empañamiento que, si se deja continuar, hace que esta se vuelva rugosa y de apariencia posiblemente escarchada. La decoloración o empañamiento superficial, cuyo origen se debe a la exposición del metal a altas temperaturas, no debe considerarse corrosión general de la superficie (DOT/FAA, 1998).

Figura 6*Corrosión General de la Superficie*

Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

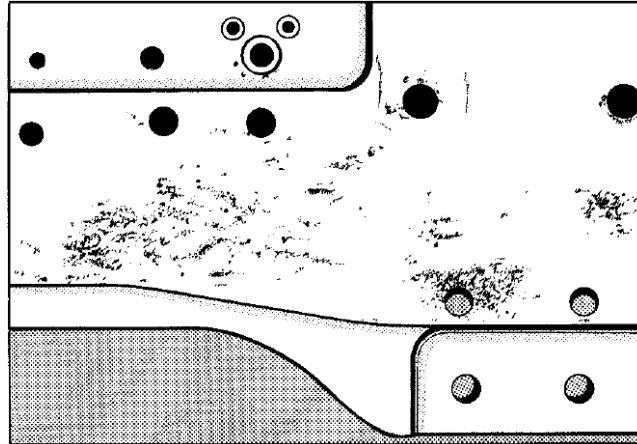
Corrosión por Picaduras. - Es una forma de corrosión más avanzada, muy destructiva e intensa que puede ocurrir en cualquier metal, pero es más común en metales que forman películas protectoras de óxido como pueden ser aleaciones que contengan aluminio o magnesio.

La película protectora de óxido en su etapa avanzada provoca la aparición de polvo. En este punto, por lo general, al retirar el polvo se puede apreciar pequeños hoyos o depresiones en la superficie. Una vez que la corrosión ha penetrado la superficie, puede descender y causar daños desproporcionados a su aspecto exterior.

La corrosión por picaduras puede aparecer por factores como: el descuido, la exposición a ambientes corrosivos, defectos en el metal y la aplicación de tensiones mecánicas (DOT/FAA, 1998).

Figura 7

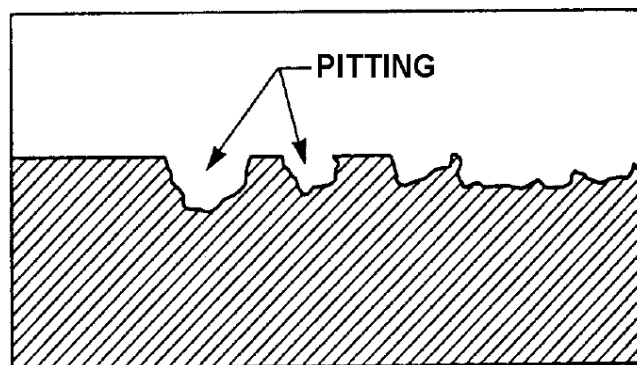
Corrosión por Picaduras (Vista Exterior)



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Figura 8

Corrosión por Picaduras (Sección Transversal Ampliada)



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión por Celdas de Concentración. - Denominada a su vez como corrosión de grieta según, DOT/FAA (1998), es un tipo de corrosión que afecta a los metales unidos en contacto directo entre sí o mediante una junta. Se produce debido a la formación de celdas de

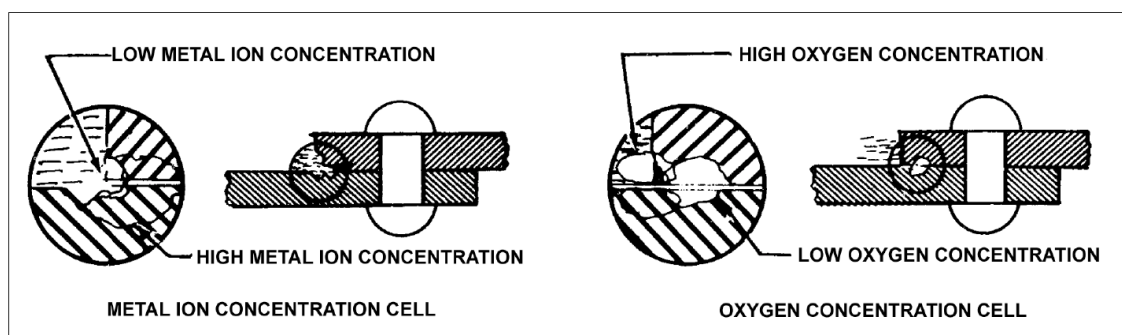
concentración de iones o celdas de concentración de oxígeno, en las uniones de los metales. Estas celdas crean una diferencia de potencial eléctrico, incluso entre metales de una misma aleación, provocando la corrosión de los mismos.

Las celdas de concentración de iones se forman cuando hay diferencias en la concentración de los iones presentes en los gránulos que conforman la aleación, aparecen en distintas zonas de forma aleatoria.

Las celdas de concentración de oxígeno pueden aparecer en burbujas que quedaron en el metal durante su fabricación; o imperfecciones en las superficies que conforman la unión que atrapan aire.

Figura 9

Corrosión por Celda de Concentración



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

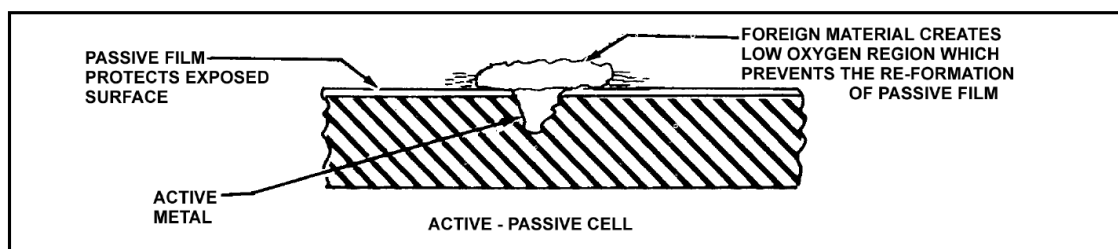
Corrosión por Celdas Activo – Pasivas. - En DOT/FAA (1998) se describe que, este tipo de corrosión se presenta en metales que dependen de una película pasiva firmemente adherida a su superficie, generalmente un óxido que funge como protección contra la corrosión;

se requiere la película debido a que son propensos a un rápido ataque en presencia de celdas activas (Celdas de oxígeno).

La corrosión de celdas activo-pasivas, es en realidad dos formas de corrosión que trabajan en conjunto. Al romperse la película de protección en algún punto se produce una reacción concentrada en un punto focal, lo cual desemboca en hoyos profundos creados en muy poco tiempo.

Figura 10

Celda Activo - Pasiva



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión Filiforme. - Según explica DOT/FAA (1998); es resultado de una celda de concentración de oxígeno que se presenta entre una superficie metálica y un recubrimiento orgánico. Se la reconoce con facilidad porque forma un abultamiento debido a los residuos de la corrosión, similar a como si un gusano se moviera debajo de la pintura.

Los recubrimientos de poliuretano son especialmente susceptibles a este tipo de corrosión que principalmente ataca aleaciones ferrosas o de aluminio. La corrosión filiforme se presenta cuando la humedad relativa del aire está en un porcentaje entre 78 y 90 por ciento, y la superficie es ligeramente ácida.

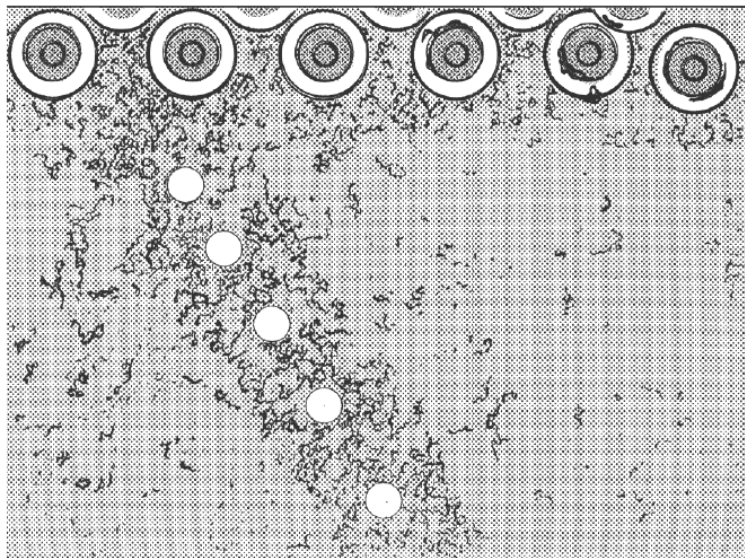
En aleaciones ferrosas las huellas nunca se cruzan entre sí, pero en las aleaciones de aluminio sí, agravando su impacto en el metal. Si se deja continuar el proceso corrosivo, este puede derivar en corrosión intergranular, especialmente en las zonas de los elementos de sujeción.

La forma más efectiva de eliminarla es mediante lijado del área afectada.

Para su prevención se recomienda almacenar la aeronave en un entorno con una humedad relativa con un porcentaje inferior al 70 por ciento y lavar la aeronave con frecuencia para eliminar posibles contaminantes ácidos depositados en la superficie del recubrimiento. Existen recubrimientos que poseen una tasa baja de difusión de vapores agua que también mitigan este problema

Figura 11

Corrosión Filiforme



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

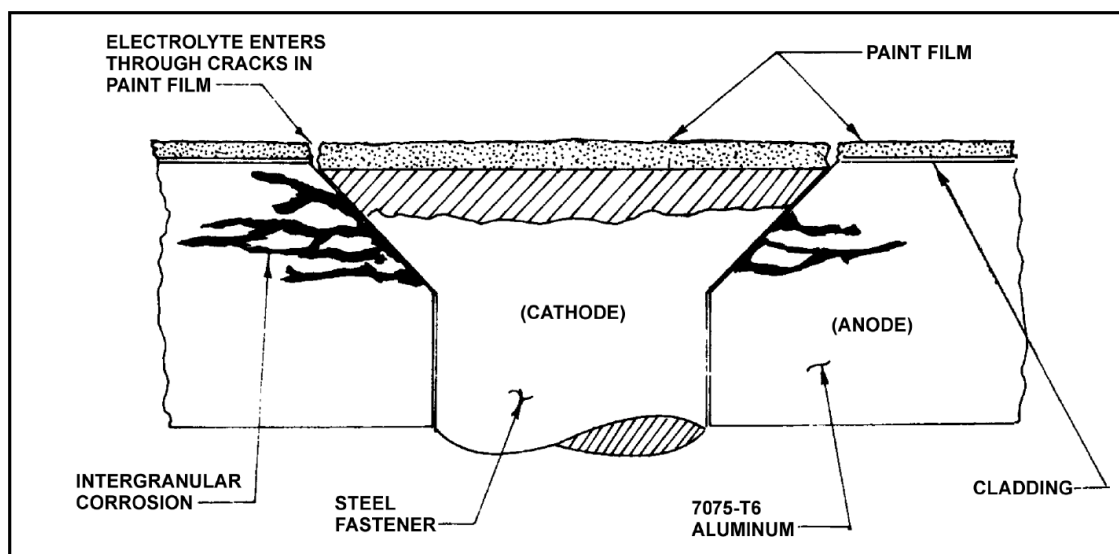
Corrosión Intergranular. - Es un proceso electroquímico que ataca los límites de grano de un metal, provocando una rápida corrosión de los mismos. Se produce cuando el límite del grano y el centro del grano reaccionan entre sí, como ánodo y cátodo en presencia de un electrolito.

Las aleaciones de aluminio de alta resistencia, como la 2014 y la 2075, son más susceptibles a este tipo de corrosión si han recibido tratamiento térmico de forma inadecuada y luego expuestas a un ambiente corrosivo.

La corrosión intergranular puede prevenirse mediante un tratamiento térmico adecuado, como el recocido y templado, que modifican la estructura interna del metal, reduciendo la susceptibilidad a la corrosión (DOT/FAA, 1998).

Figura 12

Corrosión Intergranular en piel (aluminio) adyacente al sujetador (acero).



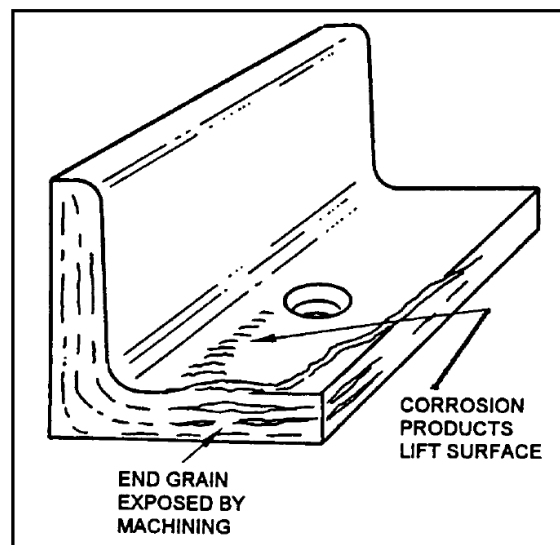
Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión por Exfoliación. - De acuerdo a DOT/FAA (1998), este tipo de corrosión, es una forma avanzada de corrosión intergranular que se caracteriza por el levantamiento de los granos superficiales de un metal debido a la expansión de los residuos de la corrosión que se forma en los límites de los granos justo debajo de la superficie. Se presenta con mayor frecuencia cuando el material ha sido extruido durante su producción; este proceso presenta un espesor de grano menor que el que el material haya sido laminado durante su fabricación.

La corrosión por exfoliación puede causar una pérdida significativa de resistencia y ductilidad en los metales, que tiende a conducir a fallas drásticas. Este tipo de corrosión es un grave problema en muchas industrias, incluyendo la aeroespacial, la automotriz y la de generación de energía.

Figura 13

Corrosión por Exfoliación

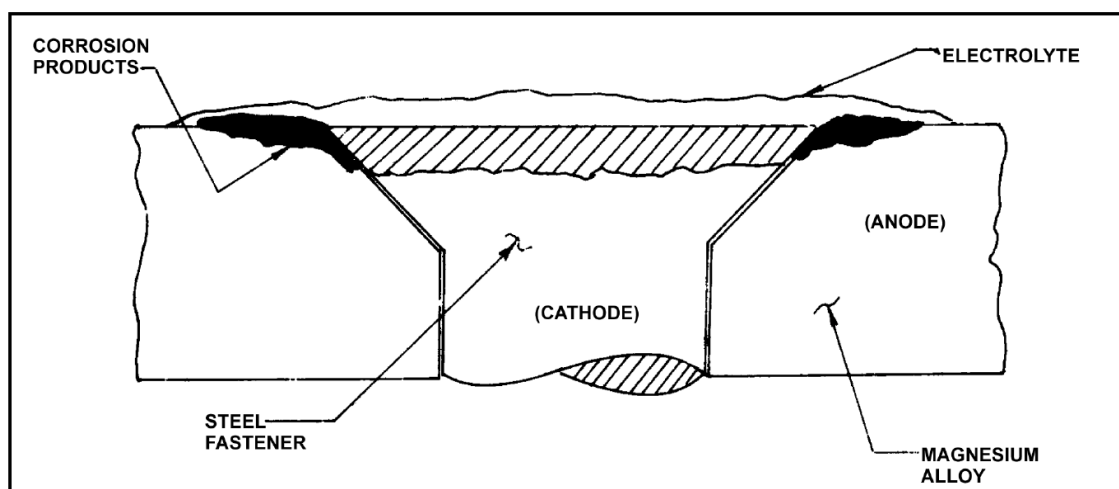


Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión Galvánica. - conforme a DOT/FAA (1998), este tipo de corrosión, se produce cuando dos metales diferentes están en contacto y entran en presencia de un electrolito. Se la reconoce por la aparición de acumulación de corrosión en el punto de contacto de los metales

Figura 14

Corrosión Galvánica en piel (magnesio) adyacente al sujetador (acero).



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Agrietamiento por Corrosión por Tensión. - se presenta cuando el metal está sometido a una tensión constante o cíclica, que actúa en conjunto con un ambiente corrosivo. La tensión puede ser inducida por una carga interna o externa.

Una pieza puede sufrir tensión interna, resultante de los procesos de fabricación, o por un enfriamiento desigual. Esta tensión puede inducirse de forma externa durante procesos como remachado, soldadura, enrollado, sujeción, prensado, etc.

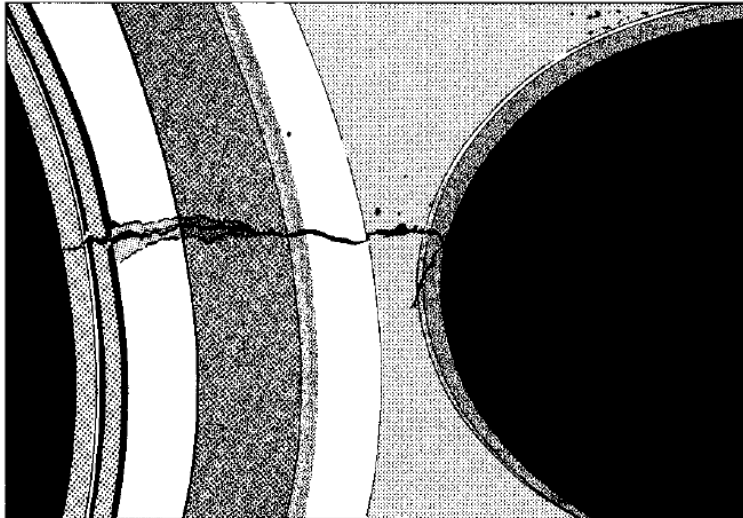
La tensión interna requiere mayor atención que la tensión externa (de diseño) porque la corrosión que ocasiona es difícilmente reconocible antes de que la pieza haya superado el factor de seguridad aplicado durante el diseño de la misma.

El nivel de tensión varía de un punto a otro dentro del metal y, aunque por lo general se requieren tensiones cercanas al límite de la resistencia para provocar el agrietamiento del metal, pueden ocurrir fallas a tensiones menores.

Existen ambientes específicos que causan el agrietamiento por corrosión por tensión de ciertas aleaciones empleadas en aviación.

- a) Soluciones salinas causan el agrietamiento por corrosión por tensión en aleaciones ferrosas tratadas térmicamente; y en aleaciones de aluminio.
- b) Soluciones de alcohol metílico y ácido clorhídrico afectan a las aleaciones de titanio.
- c) Alta humedad en el aire es capaz de aumentar la tensión en las aleaciones de magnesio.

La corrosión por tensión puede mitigarse aplicando a la pieza: recubrimientos protectores, tratamientos térmicos adecuados para así aliviar la tensión, agentes inhibidores de corrosión o el control del ambiente (DOT/FAA, 1998).

Figura 15*Agrietamiento por Corrosión por Tensión*

Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Corrosión por Fatiga. - Acorde a DOT/FAA (1998), la corrosión por fatiga es el resultado de un proceso del deterioro de los materiales que están sometidos a tensión cíclica y un ambiente corrosivo.

Los metales pueden soportar tensiones cíclicas durante un número muy alto de ciclos, siempre que la tensión se encuentre por debajo del límite de resistencia del metal. Si se supera este límite, el metal finalmente se agrieta y falla por fatiga del mismo.

Cuando la parte o estructura sometida a tensión cíclica, simultáneamente está expuesta a un ambiente corrosivo, el límite de resistencia del metal a la tensión puede verse reducido considerablemente. Por lo tanto, pueden ocurrir fallas a niveles de tensión muy inferiores al límite de resistencia, dependiendo del número de ciclos asignados a una pieza de vida limitada.

La falla por corrosión por fatiga, es un proceso de dos etapas que involucra daño por picaduras y formación de grietas debido a la acción combinada de la corrosión y la tensión cíclica; seguido de la propagación de grietas, dirigida por los efectos de concentración de esfuerzos en puntos focalizados y las propiedades físicas del metal. La segunda etapa es esencialmente un proceso de fatiga en el que se produce la falla.

La fractura de una pieza metálica debido a la corrosión por fatiga, generalmente ocurre a un nivel de esfuerzo muy por debajo del límite de fatiga de una pieza no corroída, incluso si la cantidad de corrosión es relativamente pequeña.

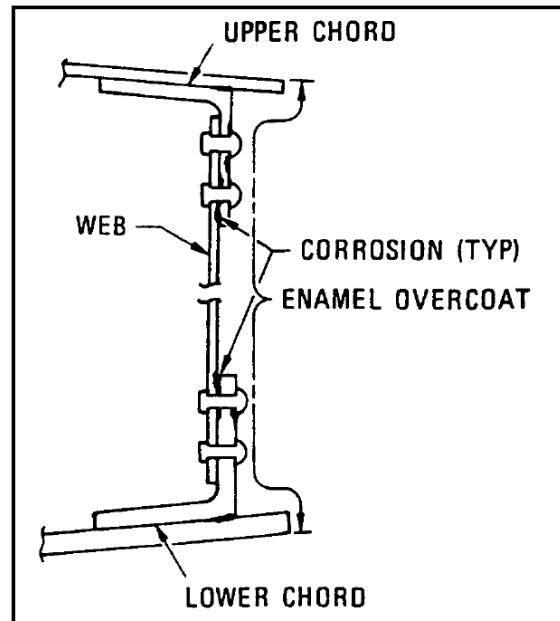
Corrosión por Rozamiento, se presenta cuando dos superficies altamente cargadas, que no deberían moverse entre sí, lo hacen debido generalmente a la vibración, lo que produce un desgaste abrasivo.

Esta acción de frotamiento elimina la película protectora de las superficies metálicas involucradas, mismas que, debido al roce continuo, arrojan pequeñas partículas metálicas de la superficie que reaccionan al oxígeno formando óxido metálico. A medida que las partículas de óxido se acumulan, causan daños por la acción abrasiva y el aumento de la tensión local.

Para reducir la corrosión por rozamiento, se puede aplicar lubricante o colocar un material resistente a la fricción entre las superficies metálicas (DOT/FAA, 1998).

Figura 16

Corrosión por Rozamiento



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Mantenimiento Preventivo de la Corrosión

Directrices para todas las aeronaves

Acorde a DOT/FAA (1998); La prevención y control de la corrosión, depende de un plan integral que, será implementado en el instante mismo del inicio de operación de la aeronave. El plan ha de incluir:

1. Personal capacitado en: el reconocimiento de los factores que favorecen a la corrosión; técnicas de identificación de la corrosión; detección, limpieza y tratamiento de la corrosión; y, lubricación y conservación de la estructura y componentes de las aeronaves.

2. Inspección de la corrosión bajo seguimiento de un programa.
3. Limpieza, inspección, lubricación y conservación de estructura y componentes en intervalos predeterminados.
4. Tratamiento de la corrosión aplicado inmediatamente después de haberlo detectado.
5. Un almacenamiento preciso de registros y, notificar acerca de deficiencias de materiales o diseños al fabricante y la FAA.
6. Empleo de materiales, equipos y publicaciones técnicas apropiadas.
7. Mantenimiento de los sistemas de terminado básicos.
8. Mantenimiento de orificios de drenaje y pasajes, abiertos y funcionales. Los selladores, compuestos de relleno o inhibidores de corrosión, no deben obstaculizar las vías de drenaje.
9. Reemplazo de juntas y selladores que presenten daño o deterioro, con el fin de evitar la intrusión o estancamiento de agua, que conduce a la corrosión.
10. Reducir la exposición de las aeronaves a entornos adversos, bajo la protección que brinda un hangar.
11. Inspección periódica de zonas en las que hay esponjas plásticas, u otro material absorbente.
12. Drenado diario de las cavidades del combustible, con el fin de remover el agua acumulada y otras materias extrañas.
13. Limpieza diaria de las superficies expuestas de los pistones hidráulicos.

Guía de Inspección Visual de la Corrosión para Aeronaves

Generalidades

Esta guía ofrece una lista de verificación de inspección general para aquellas partes o superficies que pueden ser inspeccionadas visualmente sin necesidad de desmontar parte alguna de la aeronave.

El programa de inspección dado por el fabricante, tendrá siempre prioridad sobre esta guía, ya que si finalidades abarcar las áreas de inspección para las cuales no haya determinado un programa de inspección de corrosión.

Las inspecciones descritas deben realizarse a la par de otros mantenimientos preventivos (DOT/FAA, 1998).

Inspección del Fuselaje Exterior

De acuerdo a DOT/FAA (1998) Una correcta inspección visual del fuselaje exterior de una aeronave, debe cumplir una serie de pasos para garantizar que el personal de mantenimiento no pase por alto ninguna área de su extensión. Se sugiere al menos cubrir los siguientes puntos:

1. Inspeccionar las superficies externas de la piel en busca de daños en los acabados protectores y corrosión.
2. Inspeccionar alrededor de los sujetadores en busca de daños a los acabados protectores y corrosión.
3. Inspeccionar las juntas en los traslapes, para detectar abultamientos en la piel, lo que puede indicar presencia de corrosión entre las superficies apiladas. Las grietas en las

pieles y/o cabezas de sujetadores faltantes o carcomidas, son otro indicador de corrosión severa en juntas adheridas.

4. Inspeccionar el área alrededor de las soldaduras de punto, en busca de protuberancias, grietas o corrosión
5. Inspeccionar las bisagras tipo piano en busca de corrosión. Al inspeccionar las bisagras tipo piano, deben lubricarse y accionarse varias veces para garantizar la penetración correcta del lubricante.
6. Inspeccionar las superficies gruesas de la piel de aleación en busca de corrosión por: picaduras, intergranular y exfoliación, del metal. Buscar depósitos blancos o grises alrededor de las cabezas de los sujetadores y áreas elevadas o protuberancias debajo de la capa de pintura.
7. Inspeccionar las pieles de material compuesto en busca de corrosión de los sujetadores de fijación.

Procedimientos de Eliminación de la Corrosión

Generalidades

Las precauciones generales de seguridad para manipular materiales con propiedades físicas peligrosas incluyen: conocer y seguir las instrucciones del fabricante, utilizar el equipo de protección personal adecuado, trabajar en áreas con buena ventilación, evitar el contacto directo con piel y ojos; y almacenar los materiales de forma segura.

En caso de contacto accidental con materiales nocivos, es importante enjuagar inmediatamente la zona afectada con abundante agua y jabón, y acudir al médico si es necesario.

Todo el personal que trabaje con materiales peligrosos debe estar plenamente familiarizado con estas precauciones de seguridad, y seguirlas en todo momento para minimizar el riesgo de accidentes y lesiones (DOT/FAA, 1998).

Precauciones de Seguridad

La seguridad del personal de mantenimiento se ve amenazada por la naturaleza propia de los productos con los que debe desarrollar las distintas tareas, por tan, según DOT/FAA (1998), se requiere adoptar directrices durante el manejo de Químicos.

Cuando exista necesidad de emplear o manipular solventes, limpiadores especiales, removedores de pintura (álcalis y ácidos fuertes), etchants (eliminadores de corrosión con base ácida) o activador de superficie de material (Alodine 1200), tomar en cuenta las siguientes precauciones de seguridad:

1. Evitar respirar por un periodo prolongado los vapores de ácidos o solventes.
2. Nunca añadir agua al ácido, siempre añadir ácido al agua.
3. Seguir las instrucciones del fabricante al mezclar productos químicos.
4. Asegurarse de disponer en el área de trabajo, agua limpia para uso en caso de emergencia, antes de comenzar el trabajo.
5. Evitar el contacto prolongado y repetido con la piel de: solventes, limpiadores grabadores (ácido) o material de recubrimiento de conversión (solución de Alodine).
Usar guantes de goma o de plástico. Las gafas o los escudos faciales de plástico y la ropa de protección adecuada, deben utilizarse al limpiar, remover o aplicar coberturas de conversión en las superficies.
6. Al mezclar álcalis con agua u otra sustancia, usar recipientes capaces de soportar el calor generado por la reacción química.

7. Lavar inmediatamente cualquier salpicadura o mancha de: removedor de pintura, removedor de corrosión o recubrimiento de conversión, del cuerpo, la piel o la ropa.
8. Los materiales que salpican a los ojos, deben ser disueltos completa y rápidamente con agua, y se debe acudir a un médico inmediatamente
9. No comer ni mantener alimentos en zonas donde estos puedan absorber sustancias o vapores nocivos. Lavarse las manos siempre, antes de comer o fumar.
10. Verificar que el área comprendida dentro de 15 metros, destinada a cualquier operación de limpieza o tratamiento, donde se empleen materiales de punto de inflamación bajo (60 °C o menos) esté despejada y libre de potenciales fuentes de ignición.
11. El equipo apropiado para la extinción de incendios, debe estar disponible en el área donde el proceso de limpieza o tratamiento, se va a aplicar.
12. Los equipos a usar, deben estar correctamente aterrizados cuando se utilizan materiales inflamables.
13. En caso de derrame de materiales como: ácidos, álcalis, removedores de corrosión o pintura, o recubrimientos de conversión; sobre herramientas, y/o equipos, se debe procurar enjuagarlos con agua limpia, así como neutralizar los ácidos con bicarbonato de sodio y los álcalis con una solución débil (preparada con un 5%) de ácido acético en agua.
14. No usar en ubicaciones confinadas, solventes con un punto de inflamación bajo (inferior a 38 °C), como el Metil Etil Cetona (MEK) y acetonas.
15. Todo el equipo debe limpiarse al finalizar un trabajo
16. Comprobar y seguir todas las restricciones y requisitos aplicables al uso de solventes, imprimadores y recubrimientos.
17. Comprobar y seguir todas las restricciones aplicables al uso y desecho de sobrante de material.

Procedimientos para Trabajos de Control de Corrosión

Según DOT/FAA (1998), la eficacia en el control de la corrosión depende de forma crucial, de la manera en que se siguen los procedimientos básicos de trabajo.

1. Si se desconoce los procedimientos o materiales a usar en un retrabajo, es necesario comunicarse con el fabricante de la aeronave o con el Representante de Ingeniería Designado (DER) autorizado por la FAA.
2. Las áreas de trabajo, el equipo y los componentes deben estar limpios y libres de virutas, arena, suciedad y materiales extraños.
3. No marcar ninguna superficie metálica con un lápiz de grafito ni ningún tipo de instrumento afilado o puntiagudo. Las marcas temporales (deben ser solubles en agua o cloroformo de metilo) deben emplearse en trabajos de remplazo de pieles o en marcas en la aeronave para indicar las zonas corroídas.
4. El grafito no debe emplearse como lubricante de ningún componente; es catódico a todos los metales estructurales. La diferencia de potencial eléctrico generará corrosión galvánica en presencia de humedad, en especial cuando el grafito se aplica en forma seca.
5. El calzado y la ropa deben ser inspeccionados en busca de virutas de metal, astillas, remaches, suciedad, arena, etc., y cualquier material hallado debe retirarse antes de caminar o trabajar en superficies metálicas como: alas, estabilizadores, tanques de combustible, etc.
6. No abra ni raye ninguna superficie a menos que sea un proceso autorizado. En caso de rayar una superficie accidentalmente, se debe evaluar el daño y tomar medidas para eliminar el rasguño y tratar el área

7. Las superficies metálicas recubiertas no deben ser pulidas con fines estéticos. El pulido elimina el recubrimiento protector y una superficie brillantemente pulida generalmente no es tan resistente a la corrosión como una superficie no pulida, a no ser que se encuentre protegida por cera o pintura.
8. Proteger las áreas circundantes al soldar, lijar o taladrar, para evitar la contaminación con los residuos de estas operaciones. En caso de no poder utilizar una cubierta protectora, se debe limpiar el área de cualquier residuo.
9. Los tornillos, pernos y arandelas, que estén severamente corroídos, deben ser reemplazados. Cuando existen cubiertas protectoras sobre pernos o tornillos, y sufran daños, se debe aplicar un recubrimiento adecuado para evitar daños adicionales por corrosión.

Técnicas Básicas de Remoción de Corrosión

Generalidades

Cuando se detecta corrosión activa en una aeronave o pieza, se debe implementar un programa de inspección y retrabajo apropiado, con el fin de prevenir un deterioro mayor del área afectada.

El programa debe incluir métodos para evaluar el daño ocasionado por la corrosión, así como procedimientos para el retrabajo de las áreas corroídas.

Cualquier reparación de daños por corrosión, por lo general implica la limpieza y eliminación del recubrimiento de la zona corroída, la remoción de la corrosión y sus residuos; y la restauración de la película protectora de la superficie.

Cuando el daño es grave, y excede los límites establecidos por el fabricante, se debe consultar a un DER antes de volver a poner en servicio la aeronave o pieza (DOT/FAA, 1998).

Preparativos para el Retrabajo

Según DOT/FAA (1998), para retrabajar estructuras corroídas, hay que remover por completo cualquier residuo de corrosión; por tanto, es crucial seguir las siguientes directrices antes de iniciar la elaboración de las zonas afectadas:

1. Documentar apropiadamente los daños causados por corrosión.
2. Posicionar la aeronave en la zona de lavado, si se dispone; o disponer de aparatos de lavado que permitan el rápido enjuague de todas las superficies.
3. Conectar apropiadamente a tierra la aeronave, mediante una línea estática de tierra a un punto de puesta a tierra en el suelo.
4. Preparar la aeronave para realizar un mantenimiento seguro en tierra:
 - a) Retirar la (s) batería (s), el contenedor del generador de oxígeno líquido (si está instalado) y la energía hidráulica y eléctrica externa.
 - b) Instalar según sea aplicable: todos los pines de seguridad, banderas y puntales testigo.
 - c) Proteger contra la humedad y los agentes químicos, las zonas sensibles como pueden ser: tubos Pitot estáticos, persianas, tomas de aire, aperturas de motor, ruedas, llantas, paneles de piel de magnesio y el interior de la aeronave.
5. Proteger las zonas alrededor del área bajo retrabajo de los removedores de pintura, agentes de eliminación de corrosión y material de recubrimiento de superficies por conversión.

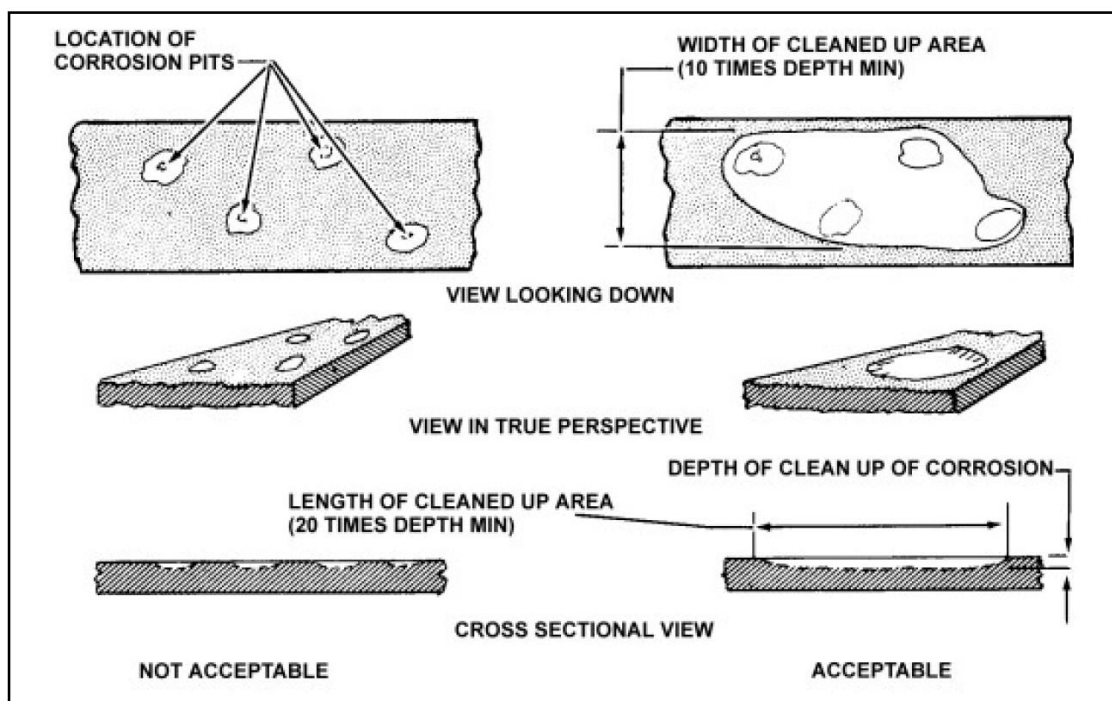
Carenado y Combinación de las Zonas Retrabajadas

Es importante una vez terminada la eliminación de la corrosión, brindar al área tratada un acabado preliminar. Este acabado debe resultar en una extensión del agujero de corrosión, procurando que adopte que una forma cóncava respecto a la superficie de la piel. Deberá ser redondeada tendiendo a la formación de una elipse. De acuerdo a DOT/FAA (1998), las depresiones resultantes del retrabajo a realizarse por corrosión deben ser carenadas y combinadas con la superficie circundante. Para el carenado se puede seguir las siguientes recomendaciones:

1. Remover los bordes rugosos y toda la corrosión del área afectada. Los puntos reelaborados deben tener forma elíptica respecto al eje central que atraviesa las alas y estabilizadores horizontales, longitudinalmente en el fuselaje y verticalmente en los estabilizadores verticales. Se debe seleccionar el abrasivo apropiado para las operaciones de alisado.
2. En las zonas con daños críticos y muy acentuados, todas las hendiduras que queden después de remover la corrosión, deben desvanecerse para prevenir que la tensión se eleve y pueda ocasionar el agrietamiento por corrosión por tensión.

Figura 17

Limpieza aceptable de agujeros de corrosión



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

- a) En una estructura no crítica, no es necesario desvanecer las hendiduras que quedan tras eliminar la corrosión, ya que esto implica retirar metal de forma innecesaria.
- b) Para hacer un punto de retrabajo de forma correcta, se utiliza una relación de 20:1, longitud a profundidad. En las áreas que tienen hendiduras múltiples contiguas, el material de recubrimiento debe ser removido para minimizar la irregularidad o pandeo de la superficie.

Tabla 6

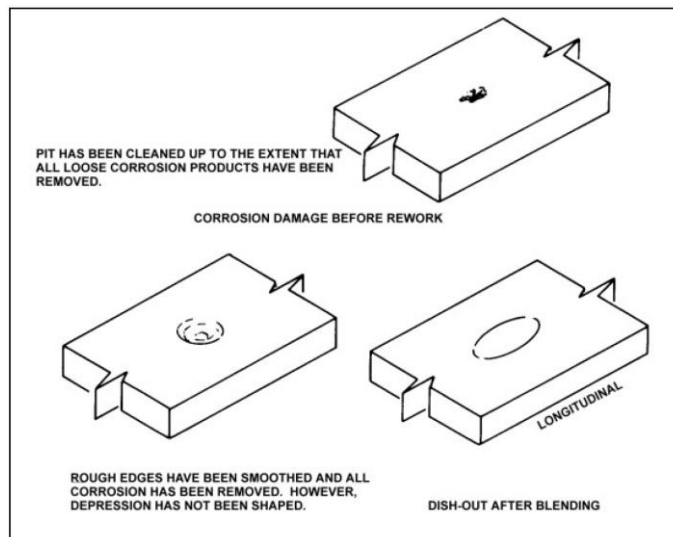
Materiales Abrasivos recomendados según Aplicación / Metal

METALES O MATERIALES A SER PROCESADOS	RESTRICCIONES	OPERACIÓN	PAPEL O PAÑO ABRASIVO			TELA O	ALUMINIO	ACERO	GRANO PÓMEZ	RUEDA
			ÓXIDO DE ALUMINIO	CARBURO DE SILICIO	GRANATE	ALMOHADILLA ABRASIVA		INOXIDABLE	350 O MÁS FINA	ABRASIVA
ALEACIONES FERROSA		ELIMINACIÓN DE	GRANO 150	GRANO 180		FINO A ULTRA	X	X	X	X
		CORROSIÓN O CARENADO	O MÁS FINO	O MÁS FINO		FINO				
		ACABADO	400				X	X	X	
ALEACIONES DE ALUMINIO EXCEPTO ALCLAD	NO USAR ABRASIVO DE CARBURO DE SILICIO	ELIMINACIÓN DE	GRANO 150		GRANO 7/0	MUY FINO A	X		X	X
		CORROSIÓN O CARENADO	O MÁS FINO		O MÁS FINO	ULTRA FINO				
		ACABADO	400				X		X	X
ALUMINIO RECUBIERTO (ALCLAD)	EL LIJADO SE LIMITA A ELIMINAR RAYONES SUPERFICIALES	ELIMINACIÓN DE	GRANO 240		GRANO 7/0	MUY FINO A			X	X
		CORROSIÓN O CARENADO	O MÁS FINO		O MÁS FINO	ULTRA FINO				
		ACABADO	400							
ALEACIONES DE MAGNESIO		ELIMINACIÓN DE	GRANO 240			MUY FINO A				
		CORROSIÓN O CARENADO	O MÁS FINO			ULTRA FINO				
		ACABADO	400							
TITANIUM		LIMPIEZA Y	GRANO 150	GRANO 180				X	X	X
		ACABADO	O MÁS FINO	O MÁS FINO						

Nota. Adaptado de (DOT/FAA, 1998)

Figura 18

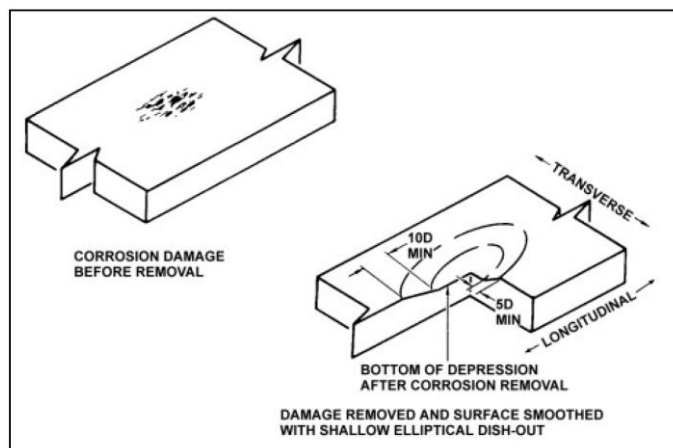
Combinación de la corrosión como una sola depresión



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Figura 19

Combinación de múltiples picaduras en un área corroída



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Métodos Estándar

Existen varios métodos mecánicos y químicos empleados en la remoción de la corrosión.

Los métodos mecánicos incluyen el lijado a mano con esponja abrasiva, lija de papel o lana metálica; el lijado mecánico, rectificado y pulido mecánico emplean discos de lijado, muelas de rectificado y esponjas de caucho abrasivas.

Los métodos químicos se aplican en conjunto con los mecánicos y permiten llegar a lugares de difícil acceso

La selección del método adecuado depende del metal afectado y del grado de afectación por corrosión en la zona a trabajarse (DOT/FAA, 1998).

Aluminio y Aleaciones de Aluminio

Generalidades

De acuerdo a DOT/FAA (1998) Las aleaciones de aluminio son el por lejos, el material más empleado en la construcción de aeronaves, pero se corroen con facilidad debido a sus propiedades electroquímicas.

Para evitar la corrosión se induce la formación de una película de óxido en su superficie que la protege en la mayoría de las condiciones a las que se expone.

La mayoría de los metales en contacto con el aluminio, formas pares susceptibles a sufrir corrosión galvánica; y, las aleaciones de aluminio tienden a sufrir corrosión por picaduras, corrosión intergranular y agrietamiento por corrosión por tensión.

En algunas ocasiones, los residuos de la corrosión en contacto con el aluminio, resultan corrosivos para el aluminio mismo. Por tanto, es primordial limpiar y proteger el aluminio y sus aleaciones para evitar la corrosión.

Tratamiento Especial para Superficies Anodizadas

El anodizado es el tratamiento superficial más común para las superficies de aleación de aluminio, donde la pieza es convertida en un polo positivo al someterse a un baño de electrolitos.

El proceso de anodizado emplea ácido crómico conjuntamente con otros agentes oxidantes; mismos que generan una película protectora de óxido en la superficie del aluminio.

El recubrimiento anodizado le brinda una excelente protección a la aleación siempre que esta permanezca intacta; si sufre algún daño, puede restaurarse aplicando un tratamiento químico en la zona afectada.

Se debe evitar la ruptura de la película protectora, especialmente en los bordes de la hoja, para garantizar la integridad y durabilidad de la superficie anodizada (DOT/FAA, 1998).

Reparación de Chapa de Aleación de Aluminio

Acorde a DOT/FAA (1998) Una vez que se ha conseguido remover la corrosión, hay que realizar los siguientes procedimientos:

1. Si el agua puede quedar estancada en la zona carenada, aplicar una capa de conversión química de acuerdo con MIL-C-81706 y llenar la hendidura con adhesivo estructural o sellador, hasta alcanzar el mismo nivel de la piel original. En el caso de que el área de sea lo suficientemente pequeña como para no mermar significativamente la

resistencia estructural, no se requiere ningún otro trabajo antes de aplicar el acabado de protección.

2. Si al eliminar la corrosión, se excede los límites del manual de reparación estructural, se debe contactar con un DER o con el fabricante para instrucciones de reparación.
3. Cuando se colocan duplicados exteriores, es imperativo sellarlos y aislarlos adecuadamente para evitar un mayor daño por corrosión.
4. Los duplicados deben estar elaborados de alclad, cuando se disponga del material, la lámina debe estar anodizada (de preferencia); después de finalizar todo proceso de corte, perforación y enderezado de hendiduras, colocar una cubierta protectora de conversión química.
5. Todos los orificios para remaches deben ser perforados, enderezados, tratados superficialmente e imprimados antes de la instalación del duplicado.
6. Aplicar un compuesto de sellado adecuado en la zona que va a ser cubierta por el duplicado. La capa de sellador debe tener el grosor suficiente para llenar todas las hendiduras del área que se está reparando.
7. Instalar remaches cubiertos con sellador. Se debe aplicar el sellador suficiente para que todos los sujetadores y bordes de la placa de reparación queden estancos contra la humedad.
8. Retirar el exceso de sellador después de instalar los sujetadores. Aplicar sellador alrededor del borde de la reparación. Una vez curado el sellador, aplicar la pintura protectora de acabado en el área reelaborada.

Métodos de Eliminación de la Corrosión en Aluminio

De acuerdo a DOT/FAA (1998), la corrosión puede ser removida empleando varios métodos decapantes que pueden ser clasificados en dos grupos: químicos o mecánicos.

Remover la corrosión comprende toda una serie de pasos a cumplir y se explican a continuación:

1. Identificar, con toda certeza, cual es el metal del área a trabajar, en este caso particular, aluminio o aleación de aluminio.
2. Limpiar el área a retrabajar. Remover pintura si se requiere.
3. Determinar el grado de afectación que ha causado la corrosión.
4. Eliminar la corrosión ligera a moderada con uno de los siguientes.

Eliminación manual de la corrosión ligera.

Conforme a DOT/FAA (1998), para este proceso el técnico no requiere el empleo de herramientas motorizadas; tan solo el empleo de su fuerza física y algún material a base de un abrasivo compatible con la superficie a trabajar.

1. La eliminación de los productos de una corrosión ligera, puede lograrse a mano con el apoyo de medios (materiales) que tengan grano abrasivo de aluminio y carburo de silicio, como en la estera abrasiva, no metálica ni tejita (Spec. MIL-A-9962); tela abrasiva y lija. La lana de aluminio, los cepillos de cerdas de fibra y el polvo de piedra pómez también son materiales aceptables.
2. Para remover residuos de una corrosión ligera que no se remueva fácilmente, se puede emplear el cepillo de acero inoxidable (Spec. H-B-178, tipo III, clase 2), sólo sí, sus cerdas no superan las 0,010 pulgadas de diámetro.

Tras el uso del cepillo, la superficie debe pulirse en dos fases: iniciar con lija de abrasivo de óxido de aluminio de grano 60 arena, y luego con lija de óxido de aluminio de grano 400. Se debe tener cuidado de no romper la película protectora durante cualquier proceso de limpieza.

3. Al trabajar con una superficie de aluminio, nunca usar materiales como: lana de acero, tela de esmeril, cepillos de alambre de acero, cepillos de aleación de cobre, cepillos de alambre rotatorios o materiales abrasivos severos, dañarán el metal (DOT/FAA, 1998).

Eliminación química de la corrosión ligera.

1. Según DOT/FAA (1998); el compuesto para remover la corrosión en aluminio con pretratado, MIL-C-38334; es un material ácido. Se emplea para eliminar residuos de corrosión en materiales o partes de aleación de aluminio (pieles, largueros, costillas en alas, tubos o conductos). El removedor químico MIL-C-38334, puede tener dos presentaciones:
 - a) Los materiales de concentrado líquido de tipo I, deben diluirse de acuerdo con las instrucciones del fabricante antes de su uso. En esta presentación, el material tiene una vida útil de 1 año; por lo tanto, no se utilizará después de 1 año a partir de la fecha de fabricación.
 - b) Los materiales concentrados en polvo de tipo II deben disolverse en el volumen de agua especificado en el kit. Estos materiales tienen una vida útil indefinida en estado seco. Una vez mezclados, deben utilizarse en un plazo de 90 días.

2. Mezclar MIL-C-38334 únicamente en recipientes de madera, plástico o plástico. Use guantes resistentes a los ácidos, máscara protectora y ropa protectora cuando trabaje con este compuesto ácido. Si el ácido entra en contacto con la piel o los ojos, enjuague inmediatamente con agua.
3. Aplicar la solución MIL-C-38334 fluyendo, trapeando, esponjando, cepillando o limpiando. Al aplicar la solución a grandes áreas, comience la aplicación en la zona más baja y trabaje hacia arriba, aplicando la solución con un movimiento circular para perturbar la película superficial y asegurar una cobertura adecuada. Si se requiere bombeo, las bombas, las válvulas y los accesorios deben fabricarse a partir de acero inoxidable o plástico 18-8. Cuando trabaje con MIL-C-38334, mantenga la solución alejada de las superficies de magnesio. La solución debe limitarse a la zona de aluminio tratada. Todas las piezas y conjuntos, incluidos los artículos y bisagras chapados con cadmio susceptibles a daños por ácido, deben estar enmascarados y/o protegidos. También enmascarar todas las aberturas que conducen a la estructura primaria que podrían atrapar la solución y puertas u otras aberturas que permitirían que la solución (sin control) entrar en el interior de la aeronave o equipo. Es una buena práctica tener un trapo mojado a mano en todo momento, para la eliminación de derrames o salpicaduras.
4. Deje que la solución permanezca en la superficie durante aproximadamente 12 minutos y, a continuación, enjuague con agua del grifo limpia. Para las zonas con picaduras o altamente corroídas, el compuesto será más eficaz si se aplica caliente (60 °C) seguido de repaso vigoroso con un cepillo no metálico resistente al ácido o una estera de nylon abrasiva de óxido de aluminio. Después de cada aplicación, examine los pozos y/o el área corroída para determinar si se requiere otra aplicación con un vidrio de aumento de potencia de 4 a 10. (Seleccione la potencia en función de la distancia disponible para

realizar la inspección.) La corrosión todavía en el área aparecerá como una corteza de polvo ligeramente diferente en color que el metal base no corroída⁷. No se debe considerar el oscurecimiento del área debido a las sombras y la reacción del eliminador de ácido.

5. Una vez removida la corrosión y bien enjuagada la zona con agua limpia, deberá aplicarse inmediatamente después un recubrimiento de conversión de cromato como MIL-C-81706 o MIL-C-5541 Alodine 1200.
6. Cuando se trata de un nivel de corrosión moderada a grave; se puede tratar con uno de los siguientes métodos:

Eliminación mecánica de corrosión moderada a grave.

1. De acuerdo a DOT/FAA (1998); cuando el problema sea lo suficientemente grave como para justificar el uso de herramientas o equipos, se puede usar un taladro de motor neumático que accione una rueda abrasiva de nylon impregnada de óxido de aluminio, un cepillo de solapas o una muela abrasiva de caucho con un valor abrasivo de aproximadamente 120, según se considere necesario. Los accesorios de eliminación de corrosión, como los cepillos de solapas o las limas rotativas, deben utilizarse únicamente en un tipo de metal. Por lo tanto, un cepillo de solapas utilizado para eliminar el aluminio no debe utilizarse para eliminar el magnesio, el acero, etc. Las lijadoras neumáticas pueden utilizarse con disco y lija adecuados para su uso en aluminio o aleaciones de aluminio.
2. Cuando la eliminación mecánica de corrosión en aluminio, especialmente la piel de la aeronave más delgada que 0.0625 pulgadas; se debe tener un cuidado extremo. El lijado continuo, pesado y vigoroso, puede generar suficiente calor para provocar cambios metalúrgicos en la zona. Si se sospecha de daño por calor, se deben realizar

pruebas de dureza o de conductividad para verificar el estado real del metal. El uso de limas rotativas, debe limitarse a la corrosión pesada y no debe utilizarse en una piel más delgada que 0.0625 pulgadas.

Eliminación de corrosión usando chorro a presión de material abrasivo

1. Acorde a DOT/FAA(1998)El chorro abrasivo puede utilizarse en aleaciones de aluminio usando perlas de vidrio (Spec. MIL-G-9954) tamaños 10 a 13, o abrasivo de grano (Spec. MIL-G-5634) tipos I y III; puede emplearse como método alternativo para eliminar la corrosión de las aleaciones de aluminio revestidas y no revestidas. El chorro abrasivo no debe utilizarse para eliminar residuos de corrosión pesada. Las máquinas de presión directa, deben tener la presión de la boquilla a 30 a 40 psi, para las aleaciones de aluminio revestidos y de 40 a 45 psi para las aleaciones de aluminio no revestidos. La aprobación de ingeniería debe obtenerse antes del uso de chorro abrasivo en un metal más delgado que 0,0625 pulgadas.
2. Cuando se use el chorro abrasivo en aleaciones de aluminio, cuide que el flujo del chorro no permanezca en el mismo punto durante más de 15 segundos. Los tiempos de permanencia más largos provocarán una eliminación excesiva del metal. La corrosión por exfoliación intergranular no debe eliminarse mediante el uso del chorro abrasivo; sin embargo, puede utilizarse con la eliminación en conjunto con herramientas motorizadas para comprobar que se ha eliminado toda la corrosión por exfoliación.
5. Inspeccionar el área para la corrosión restante. Repita el procedimiento si la corrosión persiste. Si después del segundo intento la corrosión permanece, se recomienda utilizar un método más fuerte, por ejemplo, de químico a mecánico.

6. Utilizando la relación de 20:1 (largo a profundidad), combinar y pulir el área de retrabajo de corrosión con lija, de forma progresiva, empleando un grano más fino hasta llegar a una lija de grano 400.
7. Limpiar el área reelaborada con disolvente de limpieza en seco. No utilice queroseno ni ningún otro combustible con base de petróleo como disolvente de limpieza.
8. Determinar la profundidad de las depresiones del carenado para garantizar que no se hayan superado los límites del retrabajo.
9. Aplicar el recubrimiento de conversión química, MIL-C-81706, inmediatamente después del retrabajo. Si han transcurrido 48 horas o más desde que se aplicó el primer recubrimiento de conversión y el imprimado o, la pintura de acabado aún no se ha aplicado; vuelva a aplicar el recubrimiento de conversión antes de continuar. El recubrimiento de conversión, no debe entrar en contacto con el magnesio o los aceros de alta resistencia (180.000 psi). No permita que las soluciones o materiales entren en contacto con el diluyente de pintura, la acetona u otro material combustible; la reacción entre estos químicos PUEDE PROVOCAR FUEGO.
10. Aplicar pintura de acabado a la zona.

Preparación del Aluminio para ser Imprimado

De acuerdo a Alexander (1998), las superficies de aluminio deben preparadas de manera distinta dependiendo de si el metal es nuevo o usado. El recubrimiento de acabado debe ser capaz de adherirse a la superficie sobre la que se aplica. La mayoría de las superficies de aluminio tienen una capa de aluminio puro en la superficie llamada alclad que protege de la corrosión; es muy liso y por ende desfavorable para la adhesión de la pintura.

Por lo tanto, la superficie debe prepararse adecuadamente limpiando y rugorizando ligeramente para garantizar la adhesión de la capa de imprimado. Esto se logra mediante el uso de un recubrimiento de conversión como el Alodine que, tras un proceso químico crea una capa de cerámica sobre el aluminio que recubre la superficie y proporciona adhesión. El aluminio usado debe tener cualquier imprimación, pintura o corrosión eliminada. Los decapantes de pintura se utilizan para eliminar la pintura vieja. Después de eliminar la pintura vieja, la corrosión debe eliminarse por completo. Después de eliminar la corrosión, el aluminio viejo debe estar grabado en ácido. Esto es simplemente un proceso de lavado del aluminio con un producto concentrado diluido con agua. Un grabado ácido elimina la corrosión del aceite y proporciona a la superficie para un enlace de imprimación firme. Se debe enjuagar el área a fondo.

A continuación, se debe colocar el recubrimiento de conversión que inhibe la corrosión y mejora aún más la adhesión de la imprimación. Después de este paso, la pieza se enjuaga y se deja secar completamente.

Después de que el aluminio tratado adecuadamente, se imprima. Lo recomendable es usar una imprimación epoxi de dos partes, que asegurará la protección contra la corrosión y también proporcionará una superficie de unión para la mayoría de las pinturas de recubrimiento. Muy a menudo, los recubrimientos de poliuretano levantan o arrugan imprimaciones distintas de otro tipo. Una imprimación es necesaria para proporcionar una unión entre el metal y la pintura final del recubrimiento. La capa de imprimación debe aplicarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Por lo general, se aplica dos capas ligeras. Deben evitarse los recubrimientos pesados.

Proceso de Imprimado

La preparación final de la aeronave implica proteger cada parte que no recibirá pintura. Esto significa que el parabrisas, si está instalado, tubos de Pitot, puertos estáticos, neumáticos, etc. deben estar cubiertos. Asegúrese de utilizar un papel de buena calidad para cubrir estas partes. No utilice periódico, la impresión a menudo se desprenderá sobre la superficie.

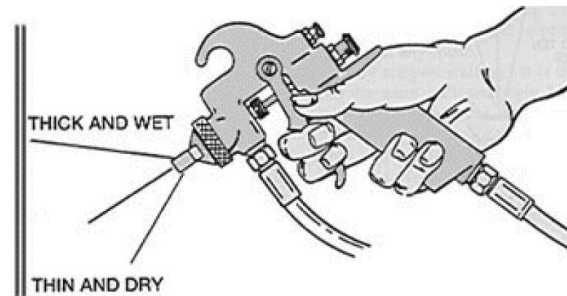
El equipo de pintura y la instalación de pintura se mencionan en la siguiente lista de herramientas y equipos generales es:

El ajuste real de una pistola de pulverización depende del equipo que esté utilizando; por lo general, el fabricante debe proporcionarle un conjunto de instrucciones sobre la instalación adecuada de la pistola.

Un patrón de prueba siempre debe ser rociado en un pedazo de cartón antes de comenzar a pintar. El patrón normal para una pistola de pulverización será en forma de abanico. Para comenzar el procedimiento de aplicación se recomienda sostener la pistola de pulverización aproximadamente a unos 20 cm de la superficie. La pistola de pulverización debe estar lo suficientemente lejos para que la pintura no se corra o se acumule cuando se aplica, y lo suficientemente cerca para quede una capa húmeda. Para evitar que la pintura sea desigual, es imperativo que la pistola se mantenga exactamente perpendicular a la superficie. Si está inclinado la pintura será más pesada por un lado y más ligera por el otro.

Figura 20

Forma incorrecta de sostener la pistola pulverizadora



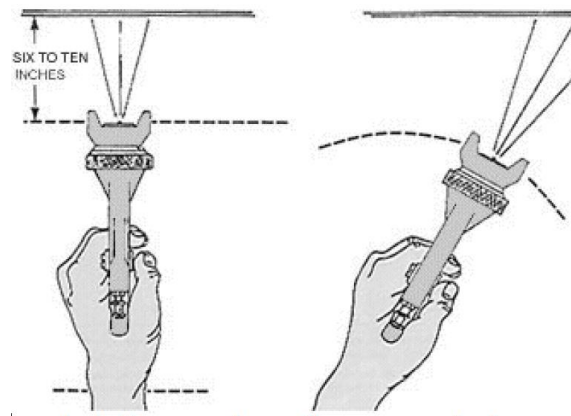
Nota. La pistola se debe sostener perpendicular a la superficie a pintar. Tomado de (Alexandrer, 1998)

La pistola de pulverización debe entonces ser movida paralela a la superficie sólo la distancia que usted puede mover cómodamente todo el brazo manteniendo el movimiento exactamente paralelo. Si se mueve en un arco, el material de imprimación, se aplicará más pesado en algunos lugares y más ligero en otros.

Se debe apretar el gatillo de la pistola justo antes de comenzar el trazo de pintura y liberarlo justo antes de que se complete. Lo ideal es moverse hacia arriba o hacia abajo aproximadamente el ancho del abanico y dar una pasada. Las pasadas deben superponerse para lograr una acumulación uniforme. Cada pasada de la pistola generalmente aplicará la pintura más gruesa en el medio con una reducción en cada extremo del abanico. Para lograr un recubrimiento cruzado, una pasada arriba y abajo, seguida de una pasada a la derecha y a la izquierda.

Figura 21

Movimiento recomendado al pulverizar un recubrimiento



Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Una iluminación adecuada es absolutamente esencial a la hora de pintar. Para obtener los mejores resultados, intente colocar la iluminación a 45 grados respecto a la superficie que se está pintando. Al observar el resplandor de una luz, detectará áreas de material pesadas y ligeras. Se debe pintar los bordes de la estructura primero. Los bordes a menudo no reciben una cantidad adecuada de pintura. Pintarlos primero resolverá este problema. Si es posible, pintar sobre una superficie plana. Por supuesto, eso no siempre es factible. La pintura se hundirá o correrá mucho más fácilmente sobre una superficie vertical. Rociar en las esquinas y alrededor de las esquinas presenta un problema. Como regla general, rociar primero la esquina, ya sea dentro o fuera, luego puede mezclar la pintura con trazos posteriores.

Es mucho más fácil pintar las partes si no están colocadas. El exceso de pulverización es el problema. Debe mantener el exceso de pulverización fuera de las áreas que ha terminado. Cuando se pinta las partes desmontadas, los problemas se minimizan (Alexandrer, 1998).

Factores Humanos

Factores Humanos que Influyen en el Desempeño del Mecánico

Según DOT/FAA (1998), para la realización de cualquier tarea de mantenimiento aeronáutico, el mecánico de contar con las herramientas e información apropiadas, y la capacitación técnica necesaria.

La presión y tensión a las que está sometido el personal de mantenimiento pueden afectar su desempeño; por tanto, la industria aeroespacial decidió considerar los factores humanos para el desempeño correcto del trabajo.

La identificación de estos factores humanos (HF) es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia en el mantenimiento de aeronaves.

Programa de Seguridad de Aviación de la FAA


Es un programa desarrollado para garantizar la seguridad y que se ha condensado una lista mínima de comprobación, que se compone de 20 preguntas formuladas de tal manera que su respuesta sea "Si o No". Su elaboración se basa en informes de factores humanos (HF). La lista está diseñada de tal manera que las primeras 10 preguntas deben ser respondidas antes de iniciar un trabajo de mantenimiento, mientras que las 10 preguntas restantes, serán respondidas al finalizar.

Si el mecánico ha respondido "No" a cualquiera de las preguntas, la aeronave no debe ser restituida al servicio. Se debe tomar las acciones necesarias hasta que el mecánico pueda sustituir su respuesta.

Una copia a color de la lista de comprobación estará siempre disponible en cualquier Oficina Distrital de Estándares de Vuelo y para adquirirla basta por preguntar por el gerente del Programa de Seguridad de la Aeronavegabilidad (DOT/FAA, 1998).

Figura 22

Lista de Comprobación para Antes y Después de una tarea.




**Airworthiness Aviation
Safety Program
Federal Aviation
Administration**

MAINTENANCE

"PERSONAL MINIMUMS" CHECKLIST

✓ Before the task

	DO I HAVE THE KNOWLEDGE TO PERFORM THE TASK?
	DO I HAVE THE TECHNICAL DATA TO PERFORM THE TASK?
	HAVE I PERFORMED THE TASK PREVIOUSLY?
	DO I HAVE THE PROPER TOOLS AND EQUIPMENT TO PERFORM THE TASK?
	HAVE I HAD THE PROPER TRAINING TO SUPPORT THE JOB TASK?
	AM I MENTALLY PREPARED TO PERFORM THE JOB TASK?
	AM I PHYSICALLY PREPARED TO PERFORM THE TASK?
	HAVE I TAKEN THE PROPER SAFETY PRECAUTIONS TO PERFORM THE TASK?
	DO I HAVE THE RESOURCES AVAILABLE TO PERFORM THE TASK?
	HAVE I RESEARCHED THE FAR'S TO ENSURE COMPLIANCE?



**Airworthiness Aviation
Safety Program
Federal Aviation
Administration**

After the task

✓ After the task

	DID I PERFORM THE JOB TASK TO THE BEST OF MY ABILITIES?
	WAS THE JOB TASK PERFORMED TO BE EQUAL TO THE ORIGINAL?
	WAS THE JOB TASK PERFORMED IN ACCORDANCE WITH APPROPRIATE DATA?
	DID I USE ALL THE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES ACCEPTABLE TO INDUSTRY?
	DID I PERFORM THE JOB TASK WITHOUT PRESSURES, STRESS, AND DISTRACTIONS?
	DID I REINSPECT MY WORK OR HAVE SOMEONE INSPECT MY WORK BEFORE RETURNING TO SERVICE?
	DID I MAKE THE PROPER RECORD ENTRIES FOR THE WORK PERFORMED?
	DID I PERFORM THE OPERATIONAL CHECKS AFTER THE WORK WAS COMPLETED?
	AM I WILLING TO SIGN ON THE BOTTOM LINE FOR THE WORK PERFORMED?
	AM I WILLING TO FLY IN THE AIRCRAFT ONCE IT IS APPROVED FOR THE RETURN TO SERVICE?

Nota. Tomado de (DOT/FAA, 1998)

Capítulo III

Desarrollo del tema

Descripción General

Dentro de este capítulo se detalla los procedimientos de tratamiento superficial del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air E-90 en base a la aplicación prácticas estandarizadas según el AC 43.13-1B. la documentación contiene en sus páginas varias directrices para poder cumplir procesos como: la inspección visual, la detección de discontinuidades (hundimientos o deformaciones en las pieles), la detección de corrosión, identificación, eliminación y prevención de los distintos tipos de corrosión; reparación de las discontinuidades y colocación de imprimado para posterior recubrimiento de acabado.

La aeronave Beechcraft King Air E-90, llegó a las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tras finalizar su transferencia desde la DGAC en favor de la institución para convertirse en aeronave escuela. Una vez en el parque aeronáutico de la universidad, era evidente que requería una renovación de su pintura de acabado, no solo por protección, para mantenerla al servicio de los estudiantes. A su vez era necesario por estética, para cambiar los colores y rotulación de la DGAC para que coincidan con los colores y rotulación de la carrera de mecánica aeronáutica.

Figura 23

Beechcraft King Air E-90, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Inspección Visual del Fuselaje Exterior

Para la inspección visual del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air E-90, se consideró lo descrito en el AC 43-13-1B, en su Capítulo 5, donde se detalla las directrices para llevar a cabo este procedimiento de manera eficiente y segura. Se cumplieron los apartados de: Inspección Preliminar, Acceso al Área a Inspeccionar, Limpieza Preliminar, Inspección, Tratamiento de corrosión y Registro.

Durante la etapa de Inspección, se cumplió con los siguientes puntos mencionados en el AC 43-13-1B:

1. Inspeccionar las superficies externas de la piel
2. Inspeccionar alrededor de los sujetadores

3. Inspeccionar las juntas en los traslapes
4. Inspeccionar el área alrededor de las soldaduras de punto
5. Inspeccionar las bisagras tipo piano en busca de corrosión
6. Inspeccionar las superficies gruesas de la piel de aleación

Figura 24

Inspección Visual Fuselaje Exterior – Ala



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 25

Inspección Visual Fuselaje Exterior – Fuselaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 26

Inspección Visual Fuselaje Exterior – Cubiertas Motores



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 27

Inspección Visual Fuselaje Exterior – Empenaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 28

Inspección Visual Fuselaje Exterior – Trenes de aterrizaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 29*Inspección Visual Fuselaje Exterior – Nariz*

Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Tras realizar la inspección se detectaron varias discontinuidades en distintas zonas del fuselaje exterior de la aeronave. Inconformidades como: zonas con hendiduras, zonas deformadas, zonas rotas, zonas corroídas, etc.

Los daños que se muestran a continuación en el correspondiente registro fotográfico, son resultado de la operación normal de la aeronave y su periodo estacionario.

Figura 30

Hendidura en Cubierta de Motor



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 31

Corrosión en rejillas con traslapadas



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 32

Deformación en la Unión Piel Superior – Inferior del Ala



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 33

Corrosión en tapa de revisión



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 34

Hendiduras en fuselaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 35

Rotura en Piel de la Unión Ala – Fuselaje (Corrosión por Tensión)



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 36*Deformación en Aleta Ventral Trasera*

Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Reparación de Discontinuidades en el Fuselaje Exterior

Tras haber detectado, ubicado y registrado las discontinuidades presentes en el fuselaje exterior de la aeronave, se deben preparar las distintas zonas aledañas a las inconformidades a ser reparadas. Durante el tratamiento superficial se utilizan químicos y materiales que no deben entrar en contacto con ciertas zonas como: ventanas, superficies de magnesio, tubos Pitot, etc.

Por lo mencionado, es imperativo el cubrir adecuadamente las zonas mencionadas mediante el uso de plástico o papel de cobertura y cinta Masking. Actualmente los materiales para cobertura tienen ya la cinta adherente para facilitar su colocación, pero ciertas partes requieren una fijación adicional, es decir, cinta adhesiva adicional. Los materiales empleados

en la cobertura deben evitar transferencia o contaminación, además de no dejar residuos tras retirarlos al culminar los trabajos.

Antes de cubrir con plástico o papel las zonas que no deben contaminarse e iniciar las reparaciones, se debe: lavar la aeronave, limpiar puntos donde pueden estancarse cuerpos extraños como rejillas, desconectar fuentes de poder, vaciar tanques de combustible y colocar los medios que impidan que avión se pueda mover de su posición.

Figura 37

Lavado General de la Aeronave Beechcraft King Air E-90



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 38

Limpieza de traslape ventana – fuselaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 39

Limpieza de rejillas



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 40

Cubierta de Papel con Cinta Adhesiva



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 41

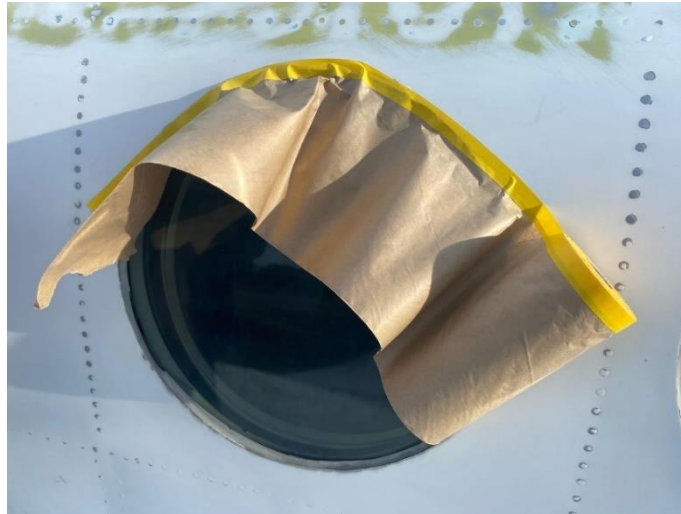
Cubierta Plástica con Cinta Adhesiva



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 42

Colocación de Cubierta de Papel en Ventana



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 43

Ventanas Protegidas con Cubierta de Papel



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 44

Hélice Protegida con Cubiertas Plástica y de Papel



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 45

Protección de Borde de Ataque del Ala con Cubierta de Papel



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 46

Protección Bordes de Ataque Empenaje con Cubierta de Papel



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 47

Protección General de la Aeronave con Cubiertas Plástica y de Papel



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Una vez cubiertas las zonas que estarán libres de contaminación de los residuos de las reparaciones pertinentes, se puede dar inicio a esas tareas.

Primero se debe atacar a la corrosión, para lo cual se utilizaron lijas de grano 150 y grano 220 para la remoción de residuos de corrosión; Mientras que se usó lijas de grano 400 para el acabado.

Los carenados que resultan de remover la corrosión, se suman a las hendiduras causadas por impactos sufridos en las superficies exteriores de la aeronave. Es necesario procurar que las depresiones sean rellenas con un compuesto que al secarse sea liviano, brinde rigidez y sea fácil de trabajar; características que permitirán obtener un desvanecimiento de la discontinuidad respecto al área circundante, para que el acabado sea estética y aerodinámicamente ideal.

El lijado se debe realizar en un movimiento de vaivén, en un solo sentido. Los movimientos circulares no se recomiendan ya que, por fisionomía del ser humano, provoca que se genere mayor presión en ciertas zonas.

Tan solo en caso de corrosión se debe retirar el recubrimiento hasta alcanzar el metal, con el fin de comprobar su eliminación, caso contrario, se debe llegar solo al recubrimiento de imprimado que sirve como adherente para el masillado o el acabado.

Figura 48

Lijado de discontinuidades del fuselaje exterior de la aeronave.



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 49

Remoción de corrosión en perforaciones avellanadas



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 50

Retrabajo en hendiduras que ha sufrido el fuselaje



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 51

Hendiduras que ha sufrido el fuselaje lijadas



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Tras lijar las discontinuidades se procedió a limpiar con alcohol isopropílico y una vez seco, se colocó una capa de imprimado para proteger al metal y asegurar adherencia de las capas van por encima de este. En las hendiduras que no presentaban corrosión, una vez retirado el recubrimiento de acabado, se colocó compuesto de relleno para el posterior desvanecimiento de las discontinuidades. El mismo proceso se realizó a las áreas que presentaban corrosión, una vez que el imprimado estaba curado.

El compuesto de relleno por lo general tiene dos partes, masilla y catalizador; la reacción entre ellas provoca un curado desde su interior. Hay que mezclarlos de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Para que su combinación resulte homogénea y su comportamiento sea el esperado, se recomienda colocar las cantidades a usar, sobre una superficie rígida, como una tabla de madera, y revolver vigorosamente con la ayuda de una rasqueta o espátula, no metálica. Se debe evitar el contacto directo con la piel.

Por lo general, cada componente tiene una coloración distinta; la homogeneidad se puede comprobar al desaparecer las vetas de color y adoptar una sola tonalidad. Al estar combinados los componentes su reacción permite un período de tiempo para trabajar, mismo que está determinado por el fabricante en las instrucciones de uso.

El grosor de la capa de compuesto de relleno, debe sobrepasar ligeramente la superficie alrededor para que, al dar el acabador, este quede completamente alisado y a nivel respecto a la misma. El paso más importante, tras mezclar de forma homogénea, cuidando las proporciones indicadas; es respetar el tiempo de curado recomendado.

Figura 52

Preparación del compuesto de relleno



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 53

Colocación del compuesto de relleno



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 54

Curado del compuesto de relleno



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 54

Acabado del compuesto de relleno



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Recubrimiento Superficial de las Reparaciones

Finalizado el proceso de lijado que ayuda a recuperar la forma original del fuselaje exterior de la aeronave Beechcraft King Air E-90, se procedió a limpiar las zonas con alcohol isopropílico para retirar los residuos restantes.

Limpias las superficies se coloca el recubrimiento de imprimado. La aplicación del recubrimiento se hace con la ayuda de una pistola neumática pulverizadora.

El pintado debe se hizo bajo los criterios de obtener una capa uniforme, para lo cual, se procuró cumplir con las recomendaciones de: mantener una distancia de entre 15 y 20 centímetros, mantener la pistola perpendicular a la superficie a recubrir, abanicar dentro de lo que permite el movimiento natural del brazo. Así como el apretar el gatillo justo antes de empezar la pasada y soltarlo justo antes de terminar.

Hacer el proceso de esa manera, evita que la pintura se corra, o que se acumule en algún punto de la pasada; las recomendaciones sobre aplicación del recubrimiento permiten lograr coberturas de grosor homogéneo y finas. Formar capas gruesas daña estéticamente el acabado del lijado, y el acabado final.

El compuesto de imprimado debe diluirse con solvente, hasta alcanzar un punto de fluidez que permita su pulverización adecuada al momento de colocar el recubrimiento.

Figura 55

Pistola pulverizadora



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 56

Preparación de Componente de Imprimación



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 57

Uso de Equipo de Protección al Aplicar Imprimación



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 58

Aplicación de Imprimado sobre metal



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Figura 59

Aplicación de Imprimado sobre Compuesto de Relleno



Nota. Tomado de la aeronave Beechcraft King Air E-90

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El desarrollo de proyectos prácticos permite enfrentarse en un entorno seguro, a los diferentes obstáculos que debe sortear el profesional de mantenimiento en el campo laboral. La realización del tratamiento superficial del fuselaje exterior del Beechcraft King Air E-90, demandó cumplir etapas de manera correcta; siguiendo directrices, interpretando la información recabada, aplicando los conocimientos aprendidos durante la carrera. Cabe mencionar que, al estar la aeronave a la intemperie, dificulta muchas de las tareas a realizar; no hace falta una lluvia fuerte que obligue a detener las actividades, basta una brisa que levante polvo mientras se pinta.
- Al recopilar la información necesaria para el tratamiento superficial del fuselaje exterior, se desarrollaron y fortalecieron habilidades como: identificar y clasificar la información consultada, seguir instrucciones, sintetizar, retener, organizar e incluso registrar. El plasmar lo aprendido en un documento, permite reforzar y complementar con lo aprendido.
- Los materiales utilizados en la industria aeronáutica recomendados para el tratamiento superficial de fuselaje exterior, proporcionan la protección a los metales contra la corrosión.
- El AC 43-13-1B fue fundamental durante el desarrollo del tratamiento superficial del fuselaje exterior del Beechcraft King Air E-90, ya que proporciona la información necesaria para su culminación, de forma eficaz y segura. Aborda los tópicos a los que se enfrentará un mecánico aeronáutico.

Recomendaciones

- Crear un cronograma para realizar los procedimientos técnicos para preservar el recubrimiento orgánico de la aeronave escuela, para extender su servicio en la formación de futuros técnicos aeronáuticos al servicio del país. Su limpieza y lavado regular, serían puntos necesarios para su preservación.
- En caso de no contar con el manual del fabricante que requiera en una tarea específica, consultar la documentación que entidades como la FAA ponen a disposición de los técnicos para que los trabajos sean realizados de manera eficaz y segura.
- Concientizar a estudiantes de la carrera sobre el cuidado del recubrimiento orgánico. Utilizar el mandil durante las prácticas sin excepción, y no llevar herramientas u objetos metálicos en los bolsillos; son dos simples ejemplos que pueden impactar fuertemente en el mantenimiento de la pintura.

Bibliografía

Alexander. (1998). PAINTING... Solving the Mystery. *EAA Sport Aviation*. Obtenido de

<http://www.zenithair.com/kit-data/ra/paint2.html>

DOT/FAA. (1998). *AC 43-13-1B*. Oklahoma.

GLOBALAIR. (2024). *Especificaciones Beechcraft King Air E90*. Obtenido de globalair.com:

<https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/specifications?specid=73>

Gobierno Del Ecuador. (2023). *Resolución Nro. DGAC-DGAC-2023-0087-R*. Quito.

JETPHOTOS. (2024). *Aeronave Beechcraft King Air E-90 [Fotografía]*. Obtenido de

jetphotos.com: <https://www.jetphotos.com/photo/8063506>

WIKIPEDIA. (1 de Agosto de 2023). *Beechcraft King Air*. Obtenido de es.wikipedia.org:

https://es.wikipedia.org/wiki/Beechcraft_King_Air#Civiles

WIKIPEDIA. (10 de Diciembre de 2023). *DGAC*. Obtenido de es.wikipedia.org:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_General_de_Aviaci%C3%B3n_Civil_\(Ecuador\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_General_de_Aviaci%C3%B3n_Civil_(Ecuador))

Anexos