



“Preservación Estructural del Fuselaje mediante tratamiento anticorrosivo, según la Información Técnica del Ac 20-82, para la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE”

Londoño Caicedo, Kelvin Jhoel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

**Monografía: Previo a la obtención del título de tecnólogo en: Mecánica Aeronáutica
Mención Aviones**

Tigo. Arellano Reyes, Milton Andrés.

septiembre 2020



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Preservación Estructural Del Fuselaje Mediante Tratamiento Anticorrosivo, Según La Información Técnica Del Ac 20-82, Para La Carrera De Mecánica Aeronáutica De La Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe”**, fue realizado por el señor LONDOÑO CAICEDO, KELVIN JOEL la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 septiembre de 2020

.....
TLGO. ARELLANO REYES, MILTON ANDRES

CC.: 172306451-3

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Document Information

Analyzed document REVISIÓN URKUND . LONDOÑO.pdf (D81772166)
Submitted 10/15/2020 4:23:00 PM
Submitted by
Submitter email kjlondono@espe.edu.ec
Similarity 5%
Analysis address maarellano3.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS Cristopher Cobos.pdf Document TESIS Cristopher Cobos.pdf (D80455943) Submitted by: clcobos@espe.edu.ec Receiver: maarellano3.espe@analysis.arkund.com	 1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TE001.docx Document TE001.docx (D15125551) Submitted by: daybm1309@gmail.com Receiver: tgasquez.espe@analysis.arkund.com	 2
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7301/1/T-ESPE-ITSA-000012.pdf Fetched: 11/19/2019 10:13:04 PM	 13

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés
DIRECTOR DE PROYECTO



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.**

RESPONSABILIDAD DE AUDITORÍA

Yo, **Londoño Caicedo Kelvin Jhoel**, con cédula de ciudadanía N° **1004234769**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Preservación Estructural Del Fuselaje Mediante Tratamiento Anticorrosivo, Según La Información Técnica Del Ac 20-82, Para La Carrera De Mecánica Aeronáutica De La Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos, establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de septiembre del 2020

.....
LONDOÑO CAICEDO KELVIN JHOEL

C.C: 1004234769



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA.
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Londoño Caicedo Kelvin Jhoel**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de monografía, **“Preservación Estructural Del Fuselaje Mediante Tratamiento Anticorrosivo, Según La Información Técnica Del Ac 20-82, Para La Carrera De Mecánica Aeronáutica De La Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 septiembre del 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, is positioned below the date. The signature is written in a cursive style.

.....
LONDOÑO CAICEDO KELVIN JHOEL

C.C.: 1004234769

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir con una de las metas trazadas en mi vida, por la protección brindada sobre mi familia amigos, agradezco también por guiar cada uno de los mis pasos dándome la oportunidad de conocer personas indicadas.

A mis queridos padres quienes me han dado los mejores ejemplos de mi vida siendo ellos que con humildad y sacrificio me brindaron el apoyo incondicional en todo el trayecto de mi carrera profesional, enseñándome que todo objetivo trazado se gana con esfuerzo, sacrificio, constancia y perseverancia.

A mis hermanos por su sabiduría, paciencia por creer en mí capacidad he logrado concluir con uno de mis anhelos tan esperados a pesar de las circunstancias que se ha presentado en el trayecto de la carrera siempre estuvieron para ayudarme y seguir en adelante.

A todos los que conforman la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE agradecerles por darme la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución.

LONDOÑO CAICEDO KELVIN JHOEL

AGRADECIMIENTO

Al culminar con una etapa de mi vida es grato para mí utilizar este espacio para agradecer a todas las personas que me han apoyado en el trayecto de mi preparación académica.

Agradecer a los seres más importantes de mi vida que son mis padres que me brindaron amor y cariño, siendo ellos quienes me impulsan mis sueños enseñando el valor de las cosas para alcanzar los propósitos trazados en mi vida.

También agradecer a mi director de tesis al Tlgo Esteban Pantoja por su paciencia, conocimiento impartido en todo el trayecto del proyecto de titulación culminando con éxito. Quiero también hacer un extenso agradecimiento a la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE por la confianza y todo el apoyo brindado en el transcurso de proyecto de tesis.

LONDOÑO CAICEDO KELVIN JHOEL

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
REPORTE DE VERIFICACIÓN.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUDITORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1) PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 Antecedentes	18
1.2 Planteamiento del problema.....	19
1.3 Justificación	20
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos Específicos.....	21
1.5 Alcance	22
2) MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Historia de la aeronave Fairchild f-227	23
2.2 Características Generales	24
2.3 Estructura de Aviación	24
2.4 Tipos de estructuras.....	25
2.5 Corrosión	26
2.6 Tipos de Corrosión.....	27
2.7 Mecanismos de la Corrosión	38
2.8 Indicaciones y Nivel de Corrosión	41
2.9 Detección de la corrosión.....	43

2.10	Factores de la corrosión	46
2.11	Localización de la corrosión	46
2.12	Áreas de escape del motor.....	47
2.13	Compartimento de Baterías y Orificios de Ventilación	48
2.14	Áreas de baños y cocinas	49
2.15	Superficie del Avión.....	50
2.16	Tanques de combustible	51
2.17	Pozos del tren de aterrizaje.....	52
2.18	Sistema de protección contra la corrosión.....	53
2.18.1	Protección Catódica.....	53
2.18.2	Modificaciones del Medio	53
2.18.3	Inhibidores	54
2.18.4	Deshumidificación del Aire	54
2.18.5	Desaireación del agua	54
2.19	Técnicas Anticorrosivas	54
2.20	Medidas de protección para materiales básicos	55
2.21	Materiales y herramientas para la remoción de la corrosión.....	56
2.22	Materiales y Herramientas Manuales	56
2.22.1	2.10.2 <i>Materiales y herramientas mecánicas</i>	62
2.23	Remoción y tratamiento anticorrosivo	65
2.23.1	Limpieza	65
2.23.2	Remoción de la pintura.....	65
2.23.3	Tratamiento de aleaciones de aluminio	66
2.23.4	Neutralización Química.....	66
2.23.5	Capa protectora.....	67
2.23.6	Tratamiento de metales ferrosos	67
2.24	Tratamiento de la superficie	68
2.24.1	Plaqueado de níquel o cromo.....	68
2.24.2	Plaqueado de cadmio	69
2.24.3	Rocío metálico.....	69
2.24.4	Tratamiento de aleaciones de magnesio	69
2.25	Control de la corrosión	70
2.26	Eliminación de la corrosión.....	71

	10
2.27 Limpiadores, Pulimentos, Avivadores.....	72
2.28 Equipos de protección personal	73
3) DESARROLLO DEL TEMA	75
3.1 Preliminares	75
3.2 Medidas de seguridad para trabajos en la aeronave	75
3.3 Estudio del estado actual de la aeronave	76
3.4 Inspección visual general del fuselaje	77
3.5 Procedimientos generales de trabajo para el control de la corrosión.....	78
3.6 Pruebas no destructivas por líquidos no penetrantes	78
3.6.1 Preparación y limpieza inicial.....	78
3.6.2 Aplicación Del Líquido Penetrante.....	80
3.6.3 Tiempo de penetración	80
3.6.4 Aplicación el revelador.....	81
3.6.5 Interpretación y evaluación	82
3.6.6 Limpieza final de acabado de la inspección por corrosión	82
3.7 Preparación de las áreas del fuselaje a tratar.....	82
3.8 Eliminación de pintura	83
3.9 Pruebas de material	84
3.10 Determinación del grado de daño por corrosión	85
3.11 Tratamiento anticorrosivo	85
3.12 Determinación de límites de rehabilitación	87
3.13 Tratamiento de superficies de aleaciones de aluminio	88
3.14 Preservación	89
3.15 Análisis Económico de la tesis	90
3.16 Gastos.....	90
3.16.1 Costos primarios.....	91
3.16.2 Costos secundarios	93
3.16.3 Costo total del proyecto de titulación.....	93
4) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
4.1 Conclusiones.....	94
4.2 Recomendaciones	95
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96
ABREVIATURAS.....	98

GLOSARIO	99
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Avión fairchild f-227</i>	23
Figura 2. <i>Fuselaje monocasco</i>	25
Figura 3. <i>Fuselaje semimonocasco</i>	26
Figura 4. <i>Corrosión superficial general</i>	28
Figura 5. <i>Corrosión galvánica</i>	29
Figura 6. <i>Corrosión de sacrificio</i>	31
Figura 7. <i>Corrosión por picadura</i>	32
Figura 8. <i>Corrosión filiforme</i>	33
Figura 9. <i>Corrosión por exfoliación</i>	34
Figura 10. <i>Corrosión por esfuerzo</i>	35
Figura 11. <i>Corrosión microbial</i>	36
Figura 12. <i>Corrosión por fricción</i>	37
Figura 13. <i>Corrosión por erosión</i>	37
Figura 14. <i>Corrosión por ataque químico</i>	38
Figura 15. <i>Mecanismos de corrosión</i>	40
Figura 16. <i>Localización de la corrosión</i>	47
Figura 17. <i>Compartimiento de baterías</i>	49
Figura 18. <i>Áreas de cocina y baño</i>	50
Figura 19. <i>Superficie aeronave</i>	51
Figura 20. <i>Superficie tanques de combustible</i>	52
Figura 21. <i>Pozos del tren</i>	53
Figura 22. <i>Papel abrasivo</i>	57
Figura 23. <i>Esteras abrasivas</i>	58
Figura 24. <i>Pasta de piedra pómez</i>	59
Figura 25. <i>Lana abrasiva metálica</i>	60
Figura 26. <i>Raspador no metálico</i>	60
Figura 27. <i>Cepillos De Alambre</i>	61
Figura 28. <i>Lijadoras orbitales</i>	62
Figura 29. <i>Lijadoras vibradoras</i>	63
Figura 30. <i>Pulidoras</i>	64
Figura 31. <i>Taladro neumático</i>	64
Figura 32. <i>Estudio del estado de la aeronave</i>	76
Figura 33. <i>Inspección visual de fuselaje</i>	77
Figura 34. <i>Procedimientos generales</i>	78
Figura 35. <i>Preparación y limpieza inicial</i>	79
Figura 36. <i>Líquido penetrante</i>	80
Figura 37. <i>Aplicación del revelador</i>	81
Figura 38. <i>Preparación del área del fuselaje</i>	83
Figura 39. <i>Eliminación de pintura</i>	84
Figura 40. <i>Pruebas de material</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características generales</i>	24
Tabla 2. <i>Serie galvánica potencial del material</i>	30
Tabla 3. <i>Tabla de costos de materiales</i>	91
Tabla 4. <i>Tabla de costos de herramientas</i>	92
Tabla 5. <i>Total de costos primarios</i>	92
Tabla 6. <i>Costos secundarios</i>	93
Tabla 7. <i>Costo total del proyecto</i>	93

RESUMEN

En la presente monografía se detalla los procedimientos generales del trabajo realizado para el control de la corrosión siendo la corrosión un fenómeno natural, el cual afecta a cualquier tipo de metal ya sean físicas, químicas o mecánicas, existen diferentes tipos de corrosión y con la ayuda de los métodos anticorrosivos se puede prevenir que este acabe o deteriore el material. También podemos encontrar de forma detallada toda la documentación técnica utilizada para ejecutar una inspección visual de toda la parte externa de la aeronave. Para el desarrollo del trabajo de titulación se utilizó inhibidores que sirve para cubrir la superficie externa metálica formando una capa protectora muy fina que ayuda a la reacción corrosiva. Se detalla el procedimiento de la aplicación de tintes penetrantes siendo este proceso el menos costoso que requiere un tiempo mínimo de operación, con este método podemos verificar e identificar pequeñas roturas, cavidades o discontinuidades todo este procedimiento se lo ejecuta en un cuarto oscuro. La finalidad de realizar este proyecto es para preservar la vida útil de la aeronave utilizando recubrimientos protectores por medio de inhibidores y esta se encuentre aeronavegable y en óptimas condiciones para que estudiantes de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, puedan realizar diversas prácticas.

PALABRAS CLAVES

- **CONTROL DE LA CORROSIÓN**
- **MÉTODOS ANTICORROSIVOS**
- **INSPECCIÓN VISUAL**
- **TINTES PENETRANTES**
- **RECUBRIMIENTOS PROTECTORES**

ABSTRACT

In this monograph the general procedures of the work carried out to control corrosion are detailed, corrosion being a natural phenomenon, which affects any type of metal, whether physical, chemical or mechanical, there are different types of corrosion and with the help Anticorrosive methods can prevent it from finishing or deteriorating the material. We can also find in detail all the technical documentation used to carry out a visual inspection of the entire external part of the aircraft. For the development of the titration work, inhibitors were used to cover the external metallic surface forming a very thin protective layer that helps corrosive reaction. The procedure for the application of penetrating dyes is detailed, this process being the least expensive one that requires a minimum operating time, with this method we can verify and identify small breaks, cavities or discontinuities. All this procedure is carried out in a dark room. The purpose of carrying out this project is to preserve the useful life of the aircraft using protective coatings by means of inhibitors and it is airworthy and in optimal conditions so that students from the ESPE Armed Forces University can carry out various practices.

KEYWORDS

- **CORROSION CONTROL**
- **ANTI-CORROSIVE METHODS**
- **VISUAL INSPECTION**
- **PENETRATING DYES**
- **PROTECTIVE COATINGS**

1) PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

En la industria aeronáutica el principal componente a usar en las superficies de las aeronaves es el aluminio, el cual de forma natural como cualquier metal va a sufrir del problema de corrosión, por lo que a lo largo de los años para evitar este proceso y retrasarlo este tipo de superficies tales como el revestimiento de una aeronave deben ser tratados de forma adecuada con un tratamiento anticorrosivo para evitar el deterioro de la estructura y mantener la aeronavegabilidad de la aeronave.

Por lo tanto, trabajos como el de Paucar Wilmer (2012) "Elaboración de un CD interactivo de enseñanza del tratamiento anticorrosivo que se encuentra en las aeronaves", se determinó que para mantener la estructura de una aeronave se debe realizar un tratamiento anticorrosivo adecuado, el cual fue impartido de forma adecuada a lo largo de la formación del estudiante en la Unidad de Gestión de Tecnologías, el cual culmina con la capa de pintura.

De igual manera trabajos como el de Santamaría Martínez (2013) "Montaje del Ala parte Superior del Fuselaje del AVIÓN FAIRCHILD FH-227 con Matrícula HC-BHD, en el Campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ", concluyó que el tratamiento anticorrosivo es de suma importancia después de haber realizado trabajos en la estructura de la aeronave protegiéndola contra un ambiente corrosivo que comprometa la integridad física de la aeronave.

Por tan motivo se ha planteado realizar como proyecto final de titulación, la aplicación del tratamiento anticorrosivo al fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227 para preservar su estructura de una manera adecuada y mantener la aeronave en óptimas condiciones para que las futuras generaciones de estudiantes puedan hacer uso de la aeronave y adquirir conocimiento de una manera práctica.

1.2 Planteamiento del problema

En el campo de la industria aeronáutica, las estructuras externas de una aeronave están formadas por aleaciones de aluminio, las cuales al ser metales, por acción de la naturaleza tienden a corroerse de manera natural por un proceso químico cuando estas entran en contacto con el ambiente, de manera básica podemos decir que se origina por un ataque electroquímico denominado oxidación, lo cual lleva al deterioro del material metálico.

Actualmente la Unidad de Gestión de Tecnologías no cuenta con una infraestructura adecuada para el almacenamiento óptimo de la aeronave Fairchild FH-227, por lo que esta se encuentra a la intemperie en un ambiente abierto, exponiendo a la estructura externa del fuselaje de la aeronave directamente a una variedad de factores ambientales tales como los rayos UV, lluvia y rocío ambiental, causando el deterioro de las superficies externas de la aeronave.

Un deterioro en la estructura externa de la aeronave comprometería por completo la integridad de la estructura general de la aeronave, por lo que esta se debilitaría provocando que ya no sea adecuada para la realización de las prácticas de los estudiantes, lo que empobrecería el conocimiento y habilidades de los alumnos quienes son los principales representantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías en la carrera de mecánica Aeronáutica, la cual es la única institución en el país encargada de formar excelentes mecánicos y profesionales en el campo de la aviación

1.3 Justificación

Al preservar la integridad estructural de la aeronave Fairchild FH-227 los profesores podrán impartir sus conocimientos a las futuras generaciones de mecánicos aeronáuticos, beneficiándose ambas partes, además de lo lograr un mayor renombre para la Unidad de Gestión de Tecnologías –ESPE, demostrando el compromiso que esta institución tiene con la industria de la aviación preparando a los estudiantes tanto teórica como prácticamente para ser buenos profesionales.

El desarrollo de este proyecto ayudara a mantener la fuerza estructural de la aeronave Fairchild FH-227, resguardando de esta manera la estructura interna y los diferentes sistemas que podemos encontrar en esta esta aeronave lugar donde los estudiantes podrán complementar sus conocimientos en aeronáutica y brindando a los docentes una manera más práctica y didáctica de impartir sus clases, desencadenando todo en la formación de mecánicos aeronáuticos hábiles y capaces.

En nuestro país hay una variedad de talleres mecánicos en cuales se realiza de manera constante y eficiente tareas de remoción de pintura y tratamiento anticorrosivo a las aeronave, por lo que existe una facilidad al momento de adquirir los diferentes inhibidores de corrosión, equipos de protección y equipos para una aplicación adecuada del tratamiento anticorrosivo de la superficie externa de la aeronave Fairchild FH-227.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar la preservación estructural del fuselaje mediante tratamiento anticorrosivo, según la información técnica del AC 20-82, en la aeronave Fairchild FH-227, para la carrera de mecánica aeronáutica de la universidad de las fuerzas armadas-ESPE.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Obtener la información y documentación técnica correspondiente para efectuar de manera correspondiente el tratamiento anticorrosivo sobre la estructura exterior del fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227.
- Adquirir los diferentes inhibidores de corrosión y equipo de seguridad que servirán para una posterior aplicación del tratamiento anticorrosivo en la superficie externa del fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227.
- Realizar procedimientos adecuados para la aplicación correcta del tratamiento anticorrosivo sobre la superficie externa del fuselaje, basado en la información técnica recolectada anteriormente sobre la aeronave Fairchild FH-227.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad, el mantener en óptimas condiciones la estructura externa del fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227, para de esta manera preservar el material didáctico de la Unidad de Gestión de Tecnologías, que ayudará al cuerpo de docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica a impartir de mejor manera los conocimientos sobre estructuras de aeronaves y de igual manera a los estudiantes, quienes de una manera práctica podrán mejorar sus habilidades en mecánica.

2) MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la aeronave Fairchild f-227

La compañía Fairchild se relaciona con la compañía Fokker, en 1952, buscaban una aeronave que pueda remplazar al DC-3, logran de esta manera la obtención de la licencia de construcción para lo que se convertiría posteriormente en el Fokker F-27, la sería la base para todos los modelos Fairchild. Posteriormente en el año 1964 la compañía Fairchild se fusionaría con Hiller, una empresa fabricante de aeronaves, dando origen a la corporación Fairchild Hiller, dando cabida para el estudio y desarrollo de lo que en ese tiempo sería una aeronave de capacidad mayor, a la cual se le adecuo una planta motriz Rolls Royce Dart. Creando de esta manera al avión F-227 Fairchild, realizando su primer vuelo de inauguración el 27 de enero del año 1966, recibiendo de esta manera la certificación de aeronavegabilidad por parte de la Federación de Aviación Civil (FAA).

Figura 1.

Avión fairchild f-227



Nota : Esta imagen ilustra la Aeronave FAIRCHILD F-227. (fokkerairliners, 1966)

2.2 Características Generales

Tabla 1.

Características generales

Tripulación	3 (Piloto, copiloto y sobrecargo)
Capacidad	48 a 52 pasajeros
Longitud	25.5m o 83.7ft
Envergadura	29m o 95.1ft
Altura	8.4m o 27.6ft
Planta Motriz	2 Turbo Hélice Rolls-Royce Dart 532-7L
Potencia	1692KW o 2268HP de empuje

Nota : Esta tabla menciona las características generales de la aeronave tomado de (F-227, 2017)

2.3 Estructura de Aviación

La estructura de una aeronave está formada por variedad de partes y componentes, las cuales deben unirse entre sí para construir subconjuntos, que a su vez conforman la aeronave.

Las uniones pueden ser en una primera clasificación; permanentes o desmontables. En la primera la separación entre las estructuras no puede realizarse a menos que se rompa alguna de ellas; en la segunda el desmontaje puede realizarse sin deteriorar ninguna de ellas, por lo tanto, se pueden volver a instalar.

En una segunda clasificación se consideran rígidas o elásticas, en las primeras el conjunto resultante se comporta como un sólido rígido es decir no existe la posibilidad de un desplazamiento relativo y en las segundas existe la posibilidad de un desplazamiento relativo entre algunas de las partes estructurales bajo la acción de una fuerza, recuperándose la posición inicial al desaparecer esta. Los métodos para realizar las uniones pueden ser de forma directa o mediante elementos de unión como remaches, soldadas, pernos entre otras.

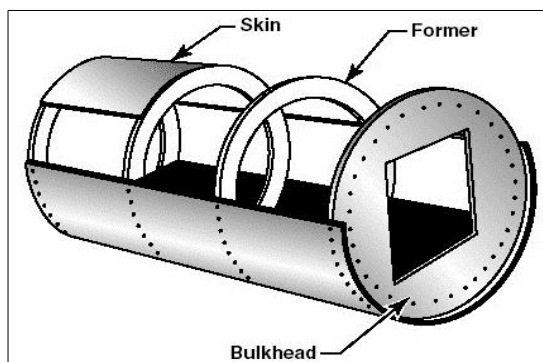
2.4 Tipos de estructuras

a. Monocasco

Se trata de un tubo en cuyo interior se sitúan en intervalos una serie de armaduras verticales (cuadernas) que tienen la función de dar fuerza y rigidez al tubo. El revestimiento exterior suele estar compuesto de placas metálicas.

Figura 2.

Fuselaje monocasco



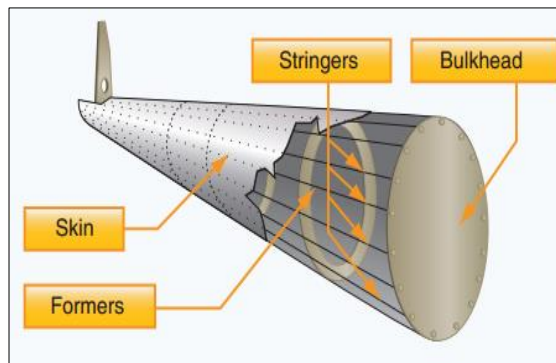
Nota : La imagen representa la parte interna del Fuselaje Monocasco. (uniaeronautico, 2018)

b. Semimonocasco

Estructuras formadas por un revestimiento y refuerzos transversales longitudinales (largueros, larguerillos y cuadernas) que hacen posible soportar los esfuerzos de flexión, compresión y torsión sin fallos del revestimiento.

Figura 3.

Fuselaje semimonocasco



Nota : Esta imagen representa la parte interna del Fuselaje Semimonocasco. (estructuras10, 2018)

2.5 Corrosión

La corrosión puede definirse como un proceso espontáneo de oxidación, donde ocurren reacciones químicas o electroquímicas en el metal o aleación de acuerdo al medio en el que se encuentre inmerso.

La definición más apropiada depende del alcance que se le quiera dar. Puede definirse como:

- Destrucción de un material a causa de su reacción con el medio ambiente;

- Destrucción de los materiales por medios cualesquiera, excepto mecánicos;
- Proceso inverso de la metalurgia extractiva, en virtud del cual los materiales metálicos tienden a volver a su estado combinado, en el cual se encuentran en la naturaleza.

También es posible definir la corrosión desde un punto de vista químico refiriéndose al tránsito de un metal de su forma elemental a su forma iónica o combinada con donación de electrones a un no metal como el oxígeno o el azufre. Es decir, el metal, a través de la corrosión, retorna a la forma combinada formando óxidos, sulfuros, hidróxidos, entre otros. (TRONCO, 2017).

2.6 Tipos de Corrosión

Corrosión, es un fenómeno que afecta las propiedades físicas de un material metálico, el cual se refleja en la superficie del componente. Sus efectos son difíciles de reconocer a simple vista.

A continuación se ejemplifican los tipos de corrosión que sufre un elemento.

a. Corrosión Superficial General

Está caracterizado por la agresión directa de químicos de manera uniforme en el metal. Cuando una superficie pulida se expone a corrosión de este tipo, se identifica por presentar un área de color opaco en caso de gravedad, es decir, cuando no se apacigua el daño la superficie tiende a volverse áspera.

Los factores que colaboran con la formación de este acto pueden ser:

- Desintegración de pintura
- Sujetadores de acero con poca protección de anticorrosión
- Contaminación atmosférica: ligada íntimamente con depósitos de materiales infecciosos, como por ejemplo, químicos industriales y cenizas volcánicas
- Fuertes lluvias que provocan erosión: capaces de remover protectores metálicos, la coloración se vuelve gris determinando un efecto antiestético.

Figura 4.

Corrosión superficial general



Nota : La imagen representa una corrosión superficial general. (R, 2014)

b. Corrosión Galvánica

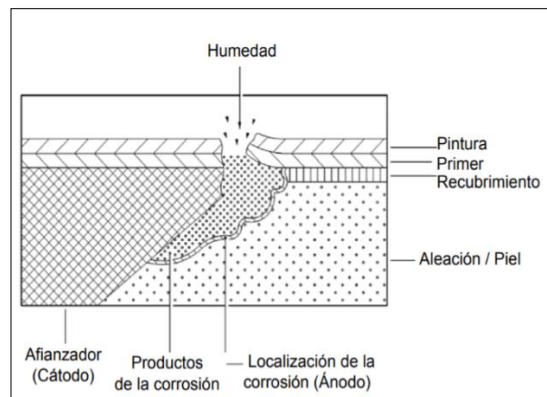
La corrosión galvánica se produce cuando dos metales son de distintos elementos de fabricación y están expuestos a electricidad con la presencia de electrolitos. Este tipo de corrosión puede ser:

- Uniforme.
- Localizada

Esta forma de corrosión se produce en celdas galvánicas, es decir, en presencia de una reacción de oxidación de determinado ánodo el cual provoca el desprendimiento de electrones de la superficie del metal, éste actúa como polo negativo de una pila (ánodo).

Figura 5.

Corrosión galvánica



Nota : La imagen representa un ejemplo de corrosión galvánica. (Erazo, 2011)

Para propósitos de diseño los materiales usados en la construcción de aeronaves caen dentro de cuatro grupos de acuerdo con la tabla de corrosión galvánica una de las más comunes presentadas en diferentes partes de una aeronave, cuando están sometidas a diferentes materiales.

Tabla 2.*Serie galvánica potencial del material*

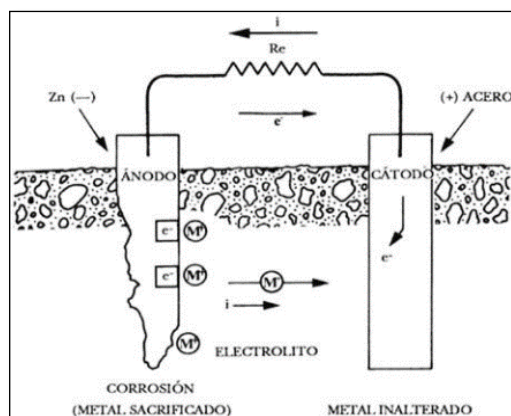
	Magnesio
Activos	Cadmio, Titanio, zinc, aluminio
Anodos	Hierro, aleaciones bajas en Acero y Plomo.
Pasivos	
Cátodos	Cobre, Bronce, Aluminio-Bronce, Aluminio-
	Níquel, Molibdeno, Cromo, Tungsteno, Carbón y Grafito (No metales).

Nota : Esta tabla muestra la serie galvánica potencial del material.

c. Corrosión de sacrificio

La protección catódica está dada por un proceso electroquímico que consiste en aplicar capas con materiales que se promueve su corrosión, a través de un ánodo de sacrificio para una aleación de aluminio que tiende a funcionar como cátodo (Zambrano, 2017)

Cuando se seca la capa protectora la base metálica queda expuesta a corrosión presentando rayones. No obstante las cubiertas empleadas inducen en mínimo la presencia de corrosión con el objetivo de lograr una compatibilidad entre materiales diferentes, tales como: tuercas ancladas de acero, sujetadores, etc., que son cubiertas por cadmio al momento de entrar en contacto con aluminio (Zambrano, 2017)

Figura 6.*Corrosión de sacrificio*

Nota : La imagen representa ejemplo de corrosión de sacrificio. (Erazo, 2011)

d. Corrosión por picadura

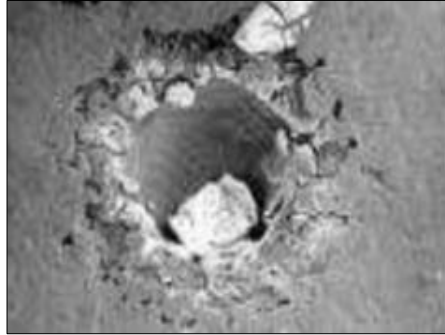
Este tipo de corrosión se ve inmerso en la formación de puntos penetrados en materiales hechos con aleaciones de aluminio o magnesio, su detección superficial se establece como un depósito de polvo blanco o gris, es así que cuando se retira esta sustancia quedan impregnados puntos en la superficie de los materiales los cuales deben ser eliminados.

Esta corrosión sucede cuando existe una inadecuada protección anticorrosiva, las picaduras o puntos aumentan su formación debido a la presencia de ranuras, humedad, roturas por fatiga o depósitos de contaminantes.

Es importante recalcar que un cierto número de agujeros por picado afectan directamente a la pérdida de las propiedades físicas de un material y el resto se mantiene sin afectaciones pero con el pasar del tiempo estos puntos aislados provocan una penetración total del material.

Figura 7.

Corrosión por picadura

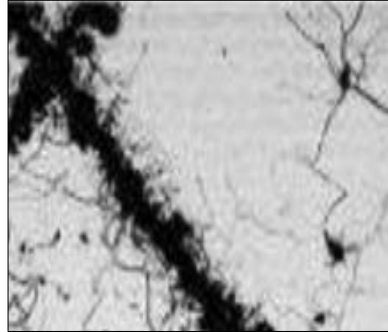


Nota : La imagen representa la Corrosión por Picadura. (R, 2014)

e. Corrosión filiforme

Se localiza sobre la superficie de un metal cubierto de pintura, cabeza de sujetadores, formando red de filamentos.

Su propagación es exitosa en un ambiente húmedo, bajo la pintura, concentrada en un tipo de celda durante el crecimiento de una ranura entre la pintura y la superficie metálica. Su presencia inicial es superficial, en caso omiso puede provocar corrosión intergranular.

Figura 8.*Corrosión filiforme*

Nota : La imagen representa Corrosión Filiforme. (R, 2014)

f. Corrosión por exfoliación

La corrosión por exfoliación hace referencia a los límites del grano (grumos o formas que sobresalen de la superficie de un material), el cual produce la separación del material.

El origen de este tipo de corrosión se da en el proceso de manufactura de componentes tales como: rolado, forjado o estiramiento.

La de laminación de determinado material ocasiona resistencia y la destrucción del material este efecto se ve reflejado gracias a la corrosión por exfoliación que normalmente se encuentra en los empalmes de las superficies de piel, que causan abombamientos y deformación en la cabeza de los sujetadores (elementos de ferretería).

Figura 9.

Corrosión por exfoliación



Nota : La imagen representa Corrosión por Exfoliación. (R, 2014)

g. Corrosión por esfuerzo

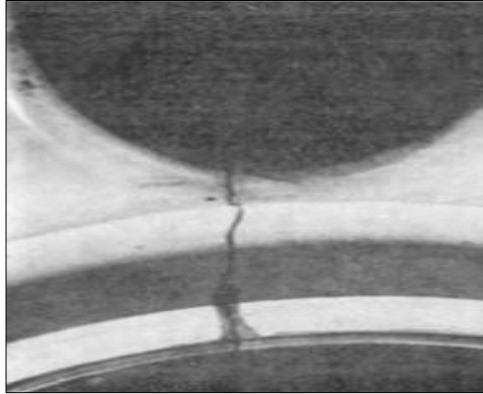
Ocurre en materiales compuestos por aleaciones susceptibles a roturas cuando existe en la aeronave esfuerzos de tensión y medio corrosivo, es evidente encontrar este tipo de corrosión en una o más picaduras, evidenciadas como un efecto típico de corrosiones producidas por protección inadecuada o faltante por un maquinado mecánico o químico.

Cuando se produce una rotura, esta se propaga y puede causar destrucción en partes estructurales de la aeronave.

Es por eso que comúnmente se refiere como rotura de corrosión por esfuerzo (Stress Cracking Corrosión o SCC).

Figura 10.

Corrosión por esfuerzo



Nota : La imagen representa Corrosión por Esfuerzo. (R, 2014)

h. Corrosión microbial

Una corrosión microbial, es un tipo de corrosión que emplea el estudio de microorganismos como hongos, que suelen derivarse en los tanques de combustible de la aeronave, a causa del combustible contaminado o de hecho en el transcurso de espera antes de efectuar vuelo. Estos microbios se forman de manera acelerada cuando existe alta temperatura de lo contrario estos se encuentran adormecidos, pero en cuanto se efectuó el cambio de temperatura su crecimiento será incontrolable.

Un color café o negro se concentra en el fondo de los tanques de combustible lo cual hace énfasis en este tipo de corrosión que de no ser inspeccionada de forma adecuada las picaduras por corrosión, pueden penetrar la piel de las alas de la aeronave donde se encuentran los tanques de combustible, generarían fugas.

Figura 11.*Corrosión microbial*

Nota : La imagen representa Corrosión Microbial. (R, 2014)

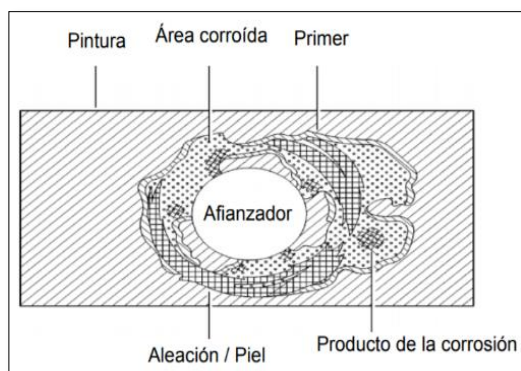
i. Corrosión por fricción

La fricción es causada por movimientos en diferentes uniones donde dos metales están en contacto entre sí.

El metal nuevo siempre está expuesto a gastarse y a corroerse, es por ello que los productos y residuos corrosivos aceleran el desgaste y producen el desajuste de los componentes.

Las principales áreas expuestas a la fricción son:

- Fuselados removibles.
- Puertas y paneles de acero.
- Uniones donde hay movimiento, los cuales no han sido contemplados.

Figura 12.*Corrosión por fricción*

Nota : La imagen representa Corrosión por Fricción, (Erazo, 2011)

j. Corrosión por erosión

Es el desgaste de las capas protectoras, por factores climatológicos (lluvia) o partículas como polvo, arena, cenizas volcánicas exponiendo la base metálica al ataque de la corrosión (bordes de ataque, parte baja del fuselaje)

Figura 13.*Corrosión por erosión*

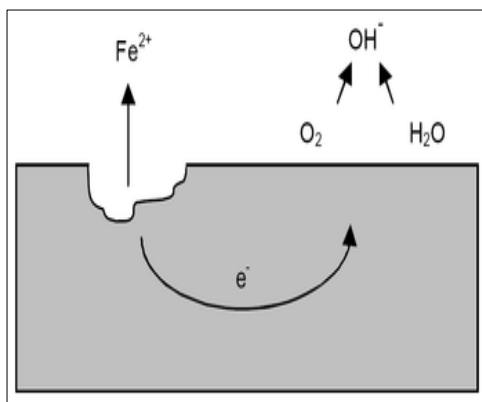
Nota : La imagen representa Corrosión por Erosión. (R, 2014)

k. Corrosión por ataque químico

Este tipo de daño superficial que sufren los componentes de una aeronave, suceden cuando existe una exposición directa con líquidos, vapores agresivos o el derrame materiales de mantenimiento (Desinfectantes, desodorantes, líquidos, limpiadores, etc.), La aplicación de químicos o sales en pistas para remover hielo o nieve, puede ser altamente perjudicial, especialmente en los trenes de aterrizaje, en bordes de ataque y cavidades del ala.

Figura 14.

Corrosión por ataque químico



Nota : La imagen representa Corrosión por Ataque Químico. (Erazo, 2011)

2.7 Mecanismos de la Corrosión

En la actualidad las aeronaves son fabricadas con varios materiales, que ayudan a consolidar su forma estructural, es por ello que la mayoría de fabricantes de aeronaves, realizan un sinnúmero de pruebas con los mismos, debido a que están expuestos a fuertes cambios

climáticos referentemente a su cambio de temperatura. La corrosión de los metales es un fenómeno natural que ocurre debido a la inestabilidad termodinámica de la mayoría de los metales siendo un problema universal. Salvo raras excepciones (el oro, el hierro de origen meteórico) los metales están presentes en la Tierra en forma de óxido.

La corrosión es una reacción química ocurrida por diversos factores, principalmente:

- Aviones de alto rendimiento.
- Destinos con climas severos.
- Características de la pieza manufacturada.
- Variedad de carga (zona para animales vivos, productos marítimos, etcétera).

Cuando hablamos de corrosión estructural de la aeronave, sabemos que la mayor parte de los materiales estructurales están sujetos al deterioro debido a una forma de corrosión ya que principalmente hablamos de materiales como son; aluminio, magnesio y acero.

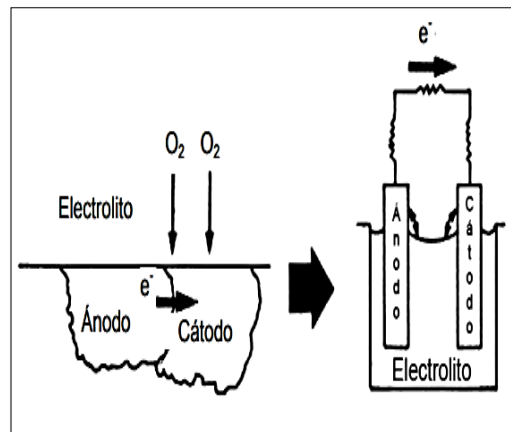
El producto de la corrosión del aluminio y el magnesio aparece en forma de polvo blanco, mientras para el acero se presenta como óxido rojizo.

Diversos mecanismos están implicados en la corrosión, requiriendo de una diferencia de potencia eléctrica entre un ánodo y un cátodo, tres condiciones son necesarias para que la corrosión pueda ocurrir.

1. Diferencias en el potencial eléctrico entre ánodo y cátodo.
2. Presencia de un electrolito.
3. Una conexión metálica entre ánodo y cátodo (para proporcionar un camino para flujo de electrones) (S. Gómez-Biedma, 2002)

Figura 15.

Mecanismos de corrosión



Nota : La imagen representa el Mecanismo de la Corrosión. (Erazo, 2011)

El fenómeno de la corrosión, ocurre en presencia de un electrolito ocasionando regiones llamadas anódicas y catódicas. Una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá disolución del metal (corrosión) y consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los principales agentes de corrosión:

- Ácidos: La mayor parte de ácidos causarán la corrosión sobre las aleaciones que son usadas en la construcción de la aeronave. Los principales tipos de ácidos que

rápidamente pueden causar la corrosión; ácido sulfúrico (ácido de batería), ácidos orgánicos como basura humana y de animal.

- **Alcalinos:** Por lo general no causan la corrosión tanto como los ácidos. Pero el aluminio es muy sensible a las soluciones alcalinas que no contienen un inhibidor de corrosión. Algunas soluciones alcalinas con las cuales aleaciones de aluminio son sobre todo sensibles; carbonato de potasio y cal.
- **Sales:** La mayor parte de soluciones de sal son electrolitos que pueden causar corrosión. Las aleaciones de aluminio y aceros son muy sensibles a algunas soluciones que contienen sal.
- **La atmósfera:** Contiene la humedad y el oxígeno, siendo las causas principales de corrosión. Hay otros gases y contaminantes en la atmósfera que también causan la corrosión, por ejemplo, la atmósfera en áreas industriales y marítimas puede darle problemas especiales.
- **Agua:** Contiene impurezas minerales y orgánicas. Estas impurezas cambiará la capacidad del agua de causar la corrosión. El agua de mar contiene muchas sales por lo que rápidamente causará la corrosión sobre la estructura de la aeronave. El agua dura por lo general contiene muchos alcalinos y así fácilmente causa la corrosión sobre la mayor parte de metales. (S. Gómez-Biedma, 2002)

2.8 Indicaciones y Nivel de Corrosión

Los típicos signos de alerta frente a un tipo de corrosión se establecen por:

- Acumulación de suciedad o contaminantes.
- Pintura descarapelada, levantada o abombada.
- Rompimiento de las superficies lisas.

- Deformación o pérdida de cabezas de sujetadores. Distorsión, deformación, roturas o picaduras.
- El producto de la corrosión; polvo blanco (en magnesio o aluminio), óxido rojo y café (en acero) y picaduras negras o rojizas (en acero).
- Un caso especial es la corrosión del aluminio por mercurio, esta corrosión por rayos x aparece como puntos blancos.
- Decoloración, escamas.

Corrosión Nivel 1: Consideran un progreso en intervalos de inspección repetitiva, necesariamente deben incluir remoción y tratamiento, según los manuales de reparación estructural del fabricante o instrucciones de aeronavegabilidad.

Corrosión nivel 2: En este nivel los daños son avanzados. Las acciones requeridas por AD, estarán determinadas por los intervalos de inspección repetitiva que lo generaron, llevando a requerir de remoción, retrabajo e inclusión de trabajos especiales.

Corrosión nivel 3: El daño es grave, crítico, de acuerdo a la corrosión encontrada en la primera inspección repetitiva requerida en planes de CPCP.

Compromete la integridad de componentes primarios además de que requiere de acciones correctivas urgentes. Incluye riesgo de su aeronavegabilidad. (Zambrano, 2017)

2.9 Detección de la corrosión

La detección temprana de la corrosión en el material de determinado componente ayuda a la pronta eliminación de este fenómeno que ocurre en la aeronave, para con ello establecer una adecuada aeronavegabilidad y manteniendo la seguridad en la aeronave.

Para lograr un adecuado proceso de detección de la corrosión es necesario establecer inspecciones de forma regular y con acciones precisas para definir o no la presencia de corrosión.

La mayoría de inspecciones a tratar para este tipo de defecto son inspecciones visuales las cuales, se las realiza con una buena visibilidad accesorios adecuados y una excelente iluminación, es por ello que una inspección de corrosión debe formar parte de un programa de mantenimiento aeronáutico.

Su tratamiento consiste en el uso de pruebas no destructivas en áreas donde no existan roturas

a. Inspección Visual

Una inspección visual en aviación es la actividad más económica en donde se utiliza un método visual y el uso del tacto. Esta inspección requiere de un inspector capacitado que sea capaz de reconocer que condiciones provoca la corrosión es por ello que este personaje tenga una excelente agudeza visual para detectar defectos que están presentes en un material.

Accesorios para una inspección visual.

- Lámpara
- Espejo y vidrio de aumento
- Linterna
- Escaleras, plataformas

b. Inspección por Rayos X

Este tipo de inspección es usado para detectar fallas y roturas en la estructura de la aeronave que no son fáciles de acceder, en donde se establecen radiaciones a través del objeto hasta una foto/placa sensitiva.

No se puede emplear esta observación en corrosiones menores o moderadas debido a que no se pueden distinguir de una manera acorde a la imagen.

c. Inspección por Corriente Eddy

Es el método más versátil y seguro aplicado para evaluar daños por corrosión en las pieles del fuselaje en especial para detectar roturas y corrosión sobre metales no magnéticos.

Su proceso está inmerso en la aplicación de una corriente alterna seleccionando por una bobina de frecuencia, la cual ayuda a determinar la cantidad de corrosión sobre la parte de algunos paneles por medio de la lectura comparativa.

d. Inspección por Ultrasonido

Tipo de inspección que utiliza un equipo que transmite ondas de sonido a larga frecuencia estableciendo una forma de vibración en el objeto y recibiendo de esta forma una respuesta.

Este método no es efectivo cuando el material corroído aún está presente. Con esta inspección se logra detectar fallas y encontrar roturas por esfuerzos de corrosión.

e. Inspección Especial

Son necesarias para satisfacer las directivas de aeronavegabilidad para la aplicación de esta inspección se debe consultar en publicaciones de servicio, como boletines de servicio, cartas, manuales de mantenimiento o de ser necesario obteniendo información del manual de prevención de corrosión.

f. Inspección por Líquidos penetrantes

Método menos costoso que requiere un tiempo mínimo de operación, en este caso, se trata de una inspección visual indirecta usada para detectar pequeñas roturas, cavidades y algunas discontinuidades. El proceso de inspección por líquidos penetrantes, se establece aplicando el líquido penetrante, removiendo el exceso y colocar el revelador, todo esto se lo realiza en un cuarto oscuro, donde se visualizan diferentes efectos producidos por la corrosión en el material. (S. Gómez-Biedma, 2002)

2.10 Factores de la corrosión

Los factores que predominan en el desarrollo de la corrosión son:

- Factores ambientales: a. Naturaleza del medio b. Concentración de agentes agresivos en la solución, como cloruros o sulfatos. c. Oxígeno d. pH
- Factores metalúrgicos: a. Composición de las aleaciones, pues algunos elementos permiten mejorar sus propiedades mecánicas pero a costa de empeorar su comportamiento frente a la corrosión, como es el caso de las impurezas. b. Procesos de fabricación. c. Tratamiento térmico, que provoca el cambio en la morfología y estructura de los precipitados.
- Factores ligados a las condiciones de trabajo de la aleación:
 - Temperatura.
 - Tensiones mecánicas que pueden ocasionar corrosión bajo tensión.
 - Estado superficial (por actuar la corrosión primordialmente en zonas defectuosas como fisuras, bandas vacías de elementos de la aleación, rayas o zonas porosas, entre otras.
 - Uniones imperfectas, como juntas o resquicios que constituyen zonas de riesgo de corrosión. e. Contacto con otros metales de distinto potencial electroquímico que originan pares galvánicos. (Millán, 2015)

2.11 Localización de la corrosión

En Aviación o en el mundo aeronáutico los aviones son fabricados con metales que toleren pérdidas muy pequeñas de resistencias, la principal y más evidente es la corrosión debido a que casi todas las estructuras están sujetas a este tipo de daño,

A continuación se detalla las diferentes áreas que son propensas a establecer ese tipo de daño:

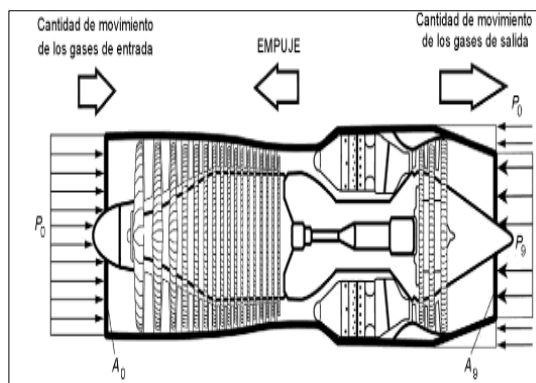
2.12 Áreas de escape del motor

Las áreas de escape deben inspeccionarse rigurosamente antes de que la corrosión tenga la oportunidad de iniciarse, las roturas y las costuras en el escape son las áreas más propensas a corroerse.

En este caso el principal factor de corrosión encontramos en los gases que pasan del motor a través de los escapes, estos gases tienen todos los contribuyentes que colaboran con la formación de electrolitos sumamente fuertes, que debido a la elevada temperatura que existe en esta área se puede formar rápidamente.

Figura 16.

Localización de la corrosión



Nota : La imagen representa la Localización de la Corrosión. (R, 2014)

2.13 Compartimento de Baterías y Orificios de Ventilación

Las Aeronaves tienen una resistencia eléctrica, por lo tanto cuentan con baterías que almacenan energía eléctrica resultado de una energía química.

Es importante que estas áreas se inspeccionen cuidadosamente en especial debajo de las baterías, en este caso, en aviación se cuenta con las baterías:

- Plomo ácido
- Níquel cadmio

Tras la presencia de cualquier corrosión es necesario remover de manera inmediata en ambos tipos de baterías se debe contar con un sistema de ventilación, conteniendo un atrapador de humedad y con ello un agente neutralizador, bicarbonato de sodio (batería plomo – ácido) y ácido bórico (batería níquel – cadmio).

En el caso de que un electrolito se derrame durante el servicio éste debe limpiarse inmediatamente y neutralizar el área, la totalidad de la misma se evidencia con una pieza de papel tornasol.

Figura 17

Compartimiento de baterías.



Nota : La imagen representa el Compartimiento de Baterías. (Guallichico, 2015)

2.14 Áreas de baños y cocinas

Los principales agentes corrosivos en estas áreas son los materiales orgánicos como comidas y desechos, los cuales son altamente corrosivos en superficies de aluminio.

Los desechos humanos son ácidos y promueven la corrosión de forma rápida si se permite que los mismos se encuentren presentes durante un tiempo sobre la piel de una aeronave o por consiguiente estos desechos logren llegar a ranuras, o uniones estructurales.

Figura 18.

Áreas de cocina y baño

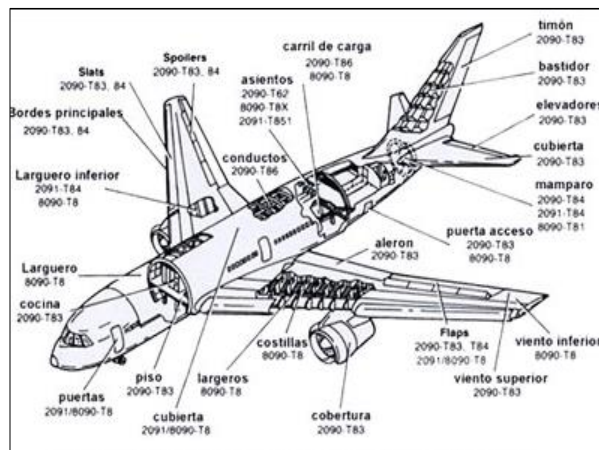


Nota : La imagen representa la parte interna de la aeronave FAIRCHILD F-227. Áreas de cocina y baño. (Guallichico, 2015)

2.15 Superficie del Avión

Se consideran como los primeros lugares donde aparece la corrosión, a lo largo de uniones que permiten la aeronavegabilidad del avión, es en esta sección donde frecuentemente aparece la corrosión por celda de concentración y en pieles con CLAD.

Los puntos de soldaduras pueden ser el inicio de corrosión causado por el proceso de soldadura que deja una estructura con grano agrandando en el metal. Su riesgo está incluido en la presencia de alto grado de humedad, que penetra entre las pieles.

Figura 19.*Superficie aeronave*

Nota : La imagen presenta de la Superficie de una Aeronave. (Hegan, 2012).

2.16 Tanques de combustible

Hay ciertas áreas inaccesibles donde ocurre la corrosión, éstas deberán limpiarse, inspeccionarse y tratarse con mayor frecuencia.

Un ejemplo de áreas inaccesibles de la nave son los tanques de combustible donde surge una corrosión de acuerdo a agentes contaminantes, debido a que en algunos casos el combustible ingresa a los reservorios con agua provocando el deterioro del material interno del tanque de combustible.

Es por ello que este tipo de corrosión se la debe localizar con rayos X o una inspección con Ultra sonido, desde el exterior del ala.

Figura 20

Superficie tanques de combustible



Nota : La imagen representa la Superficie de Tanques de Combustible. (Guallichico, 2015).

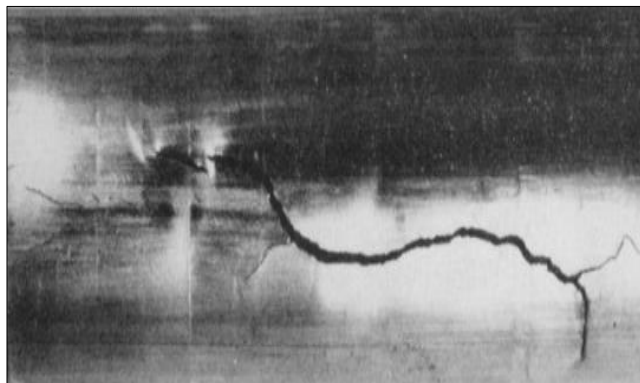
2.17 Pozos del tren de aterrizaje

Esta área es más susceptible en la aeronave, pues tiende a ejercer el fenómeno de la corrosión debido a que tanto en el despegue como en el aterrizaje, la contaminación de la superficie de las pistas pueden introducirse a estas áreas. En este caso el principal factor de contaminación son los químicos que se utilizan durante la época invernal los cuales son muy abrasivos que pueden remover los lubricantes, capas protectoras, el agua y el lodo pueden congelarse y causar un severo daño en la estructura.

Además la corrosión puede estar presente en componentes eléctricos como sensores, e interruptores, de igual forma las cabezas de pernos y tuercas sobre una masa de magnesio son susceptibles a tener un tipo de corrosión, en este caso corrosión galvánica.

Figura 21.

Pozos del tren



Nota : La imagen representa Pozos del tren. (Guallichico, 2015).

2.18 Sistema de protección contra la corrosión**2.18.1 Protección Catódica**

Es un método que reduce la corrosión de un metal haciendo que la superficie de un metal funcione como cátodo cuando este se encuentre sumergido en un electrolito por ejemplo, sumergido en el agua. Este proceso se lo obtiene cuando el metal se vuelve electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa.

2.18.2 Modificaciones del Medio

Es importante pues con este método se trata de reducir la tasa de corrosividad y para ello se emplean los siguientes sistemas de protección:

2.18.3 Inhibidores

Son sustancias las cuales al momento de añadir una cantidad pequeña de la misma al material reducen la velocidad de la corrosión y en algunos casos actúan como molibdatos o fosfatos que son sustancias que forman películas sobre el metal y lo protegen.

2.18.4 Deshumidificación del Aire

Para este método de protección se pueden emplear los siguientes sistemas:

- Condensación de la Humedad sobre el sistema de refrigeración
- Calentamiento del área para reducir la humedad relativa de la atmósfera interior
- Absorción de la humedad por medio de un desecante sólido.

2.18.5 Desaireación del agua

Este tipo de sistema se emplea para reducir la corrosión en tuberías: empleando un desaireador y una adición de sustancias reductoras.

2.19 Técnicas Anticorrosivas

Su principal objetivo, reducir la velocidad de corrosión de los materiales, las principales técnicas son:

- Modificación del medio

- Recubrimientos protectores
- Modificación del diseño del metal
- Protección electroquímica

2.20 Medidas de protección para materiales básicos

a. Elección del material

La principal característica que debe tener un material para evitar la corrosión es ser un acero inoxidable como aluminio, cerámica o un polímero debido a que dichos materiales de construcción de determinado componente son resistentes a contraer corrosión. Se debe tener en cuenta también que cuando surja una corrosión es necesario cambiar el elemento, realizando un mantenimiento preventivo, evitando así la pérdida total del material.

b. Los recubrimientos

Esta medida de protección hace referencia al aislamiento de regiones anódicas y catódicas, el aislamiento de la difusión de oxígeno o el vapor de agua en el material, eludiendo lugares húmedos.

c. Inhibidores de la Corrosión

Son productos químicos con función de evitar propagación descontrolada de la corrosión, aquellos que forman películas en su superficie metálica, tales como: molibdatos, fosfatos o etanolaminas.

d. Dominio del ambiente

Estableciéndose esta medida al lugar donde se encuentran los componentes, especificando su material de construcción.

El dominio del ambiente está relacionado con los inhibidores de la corrosión y sustancias utilizadas para frenar la velocidad de la corrosión dependiendo del metal a proteger.

2.21 Materiales y herramientas para la remoción de la corrosión

Los técnicos de mantenimiento aeronáutico al momento de realizar determinada remoción de la corrosión deben estar familiarizados con equipos y herramientas de trabajo, para con ello evitar un manejo inadecuado de los mismos.

Para la remoción de la corrosión es necesario conocer tipos de herramientas y equipos que se emplean para esta actividad.

2.22 Materiales y Herramientas Manuales

Materiales abrasivos: son materiales donde su principal función es pulir, alisar y abrasión.

a. Papel abrasivo

Son aplicados para remover la corrosión en superficies de metales ferrosos y en algunos casos se utilizan superficies de aluminio y magnesio. Principales márgenes abrasivos granulares:

- Áspero000A180 granos
- Medio180A320 granos
- Fino320A800 granos

Figura 22.

Papel abrasivo



Nota : La imagen representa al utensilio aeronáutico, papel abrasivo. (Guallichico, 2015).

b. Esteras Abrasivas

Son sustancias no metálicas empleadas para la remoción de corrosión en depósitos pequeños.

Los tipos de esteras abrasivas se diferencian en sus propiedades de construcción, en este caso difieren en su impregnación:

- Esteras impregnadas con óxido de aluminio (remueven corrosión de superficies de aluminio y magnesio).
- Esteras impregnadas con sílex (remueven corrosión de superficies de metales ferrosos).

Figura 23.

Esteras abrasivas



Nota :La imagen representa material aeronáutico, Esteras abrasivas. (valsur, 2004)

c. Pasta de piedra pómez

Es un tipo de pasta abrasiva fina y suave utilizada para quitar manchas o corrosión en superficies metálicas.

Procedimiento: esta pasta se mezcla con agua, luego se frota sobre la superficie con la ayuda de un trapo suave, el resultado de la remoción se evidencia en la exfoliación de un polvo el cual es limpiado para finalizar el tipo de corrosión.

Figura 24.

Pasta de piedra pómez



Nota : La imagen representa Pasta de Piedra Pómez. (ihobbies, 2018)

d. Lana Metálica

Material abrasivo utilizado para la remoción de corrosión que se encuentra impregnada en la superficie de un material, es por ello que son construidas de acero inoxidable, aluminio y cobre.

Es importante examinar la composición de la superficie del material en el cual se va a trabajar de modo que al ser muy áspera la lana metálica puede afectar a la integridad superficial del componente, además, recordar que cuando se finalice la actividad de remoción se debe aspirar las partículas de lana metálica de modo que, de no hacerse se puede ocasionar otro tipo de corrosión.

Figura 25.

Lana abrasiva metálica



Nota : La imagen representa la lana abrasiva metálica. (Hegan, 2012)

e. Raspadores no metálicos

Estos materiales son usados en zonas inaccesibles para otros materiales, ya sea en esquinas o en hendiduras. Debido a su estructura tiene una durabilidad óptima para remover la corrosión y mantener su forma.

Figura 26.

Raspador no metálico



Nota : La imagen representa Raspador no Metálico. (ihobbies, 2018)

f. Cepillos de alambre

Usado para remover depósitos gruesos o pintura que no se encuentra adherida completamente a la superficie, en este caso, la remoción de la corrosión implica el conocimiento de las longitudes y calibración de los alambres, dado que si es muy abrasivo puede afectar a la estructura superficial de determinado componente.

Existen cinco tipos de cepillo de alambre.

- Aluminio
- Acero resistente al óxido
- Latón
- Acero
- Cobre

Cabe mencionar que cada cepillo puede usarse en concordancia a los materiales de construcción del componente presto para la remoción de corrosión.

Figura 27.

Cepillos De Alambre



Nota : La imagen representa Cepillos de Alambre. (Hegan, 2012)

2.22.1 2.10.2 *Materiales y herramientas mecánicas*

El principal mecanismo de funcionamiento de estos equipos es el sistema neumático, herramientas que proveen una fácil remoción de la corrosión y ahorro de tiempo.

a. Lijadoras Orbitales

Es necesario encender la lijadora antes de lijar la superficie que se encuentra con corrosión, para de esta forma evitar que el equipo se atasque en la corrosión, obteniendo resultados óptimos al momento de realizar esta tarea de mantenimiento.

Figura 28.

Lijadoras orbitales



Nota : La imagen representa Lijadoras Orbitales. (Hegan, 2012)

b. Lijadoras Vibradoras

Usado en la remoción de las ralladuras de los acabados de la superficie antes de establecer acciones correctivas como protección de los metales a la corrosión y en algunos casos antes de colocar al material capas protectoras.

Figura 29.

Lijadoras vibradoras



Nota : La imagen representa Lijadoras Vibradoras. (abracom, 2019)

c. Pulidoras

Este tipo de herramienta es aplicada para pulir acabados finos y para remover una corrosión ligera.

Figura 30.

Pulidoras



Nota : La imagen representa Pulidoras. (Hegan, 2012)

d. Taladro neumático

Para la actividad de remoción de corrosión este equipo utiliza accesorios para contrarrestar los efectos de la corrosión, en este caso hace uso de limas rotativas, discos de esmerilar y ruedas abrasivas estableciendo un medio eficaz para remover de forma mecánica la corrosión.

Figura 31.

Taladro neumático



Nota : La imagen representa el Taladro Neumático. Tomada de (Hegan, 2012)

2.23 Remoción y tratamiento anticorrosivo

2.23.1 Limpieza

En aviación la limpieza es un factor predominante que se emplea para remover mugre, suciedad, residuos del escape, depósitos de grasa, acciones que están establecidas en la especificación MIL-c-25769.

Para la adecuada limpieza de la aeronave se establece un lavado total de la aeronave en donde se detectan daños que ha sufrido la estructura por esfuerzos mecánicos y diferentes factores que sufre la aeronave durante determinado vuelo.

2.23.2 Remoción de la pintura

Después de efectuar la correcta limpieza de la parte superficial de la estructura de la aeronave y no detectarse el factor de corrosión de forma superficial se procede a la remoción de pintura en base a una ardua evaluación de los componentes que a menudo sufren corrosión en la aeronave y con ello evitar errores en la tarea de mantenimiento.

Al momento de detectarse un tipo de corrosión en determinada sección de la aeronave se procede a tratar la parte afectada y a proteger las partes donde no ha existido este tipo de corrosión debido a que si no se realiza esta acción preventiva la corrosión podría esparcirse a las demás zonas aeronáuticas, y con ello agrandar la afectación estructural en el componente.

2.23.3 Tratamiento de aleaciones de aluminio

Para la remoción mecánica de la corrosión en los componentes estructurales compuestos por aleaciones de aluminio es indispensable no hacer uso de cepillos de alambres de acero o lana de acero debido a que al momento de emplearse estos materiales en el tratamiento de remoción, éstos pueden dejar partículas metálicas provocando corrosiones severas.

Las aleaciones de aluminio severamente corroídas se les deben dar el tratamiento de remoción de la corrosión más severo. Después examinar con un vidrio de 5X A 10X de aumento y no se aprecie restos de corrosión.

Luego retirar dos milésimas de material para ver que se ha llegado al final de la roturas intergranulares.

Lijar el área con un papel abrasivo de grado 280, posteriormente con grado 400. Limpiar la aérea con disolvente y un limpiador en emulsión y tratar con un inhibidor como el Alodine. (Guallichico, 2015).

2.23.4 Neutralización Química

Tras la remoción de todos los productos posibles empleados para la protección contra la corrosión la superficie del material debe de protegerse con ácido crómico, que permite la

neutralización de la corrosión remanente, además es necesario aplicar un tratamiento de Alodine, mismo que forma película protectora sobre la superficie del material, el cual está especificado en la normativa MIL-C-5541.

2.23.5 Capa protectora

Cuando existe materiales hechos en base a aleaciones se tiene la probabilidad de contraer corrosión por metales disímiles, por ello esta superficie debe protegerse.

En este caso en la aeronave la mayor parte de aleaciones de los metales son le aleaciones de aluminio debido a que son aleaciones ligeros, mismas que son recubiertas por una tapa llamada CLAD. Una capa CLAD es aquella que penetra en la aleación y se vuelve parte de la misma, es decir, en un porcentaje de espesor total de la lámina T1.5 A5%, características que le permiten a esta capa ser pura. La película que se forma en un recubrimiento de CLAD es un óxido que se forma sobre la misma, y es extremadamente delgada, firme y transparente, permitiéndole prevenir la acción de la corrosión.

2.23.6 Tratamiento de metales ferrosos

A diferencia del tratamiento de materiales con aleaciones de aluminio la película que se forma en un tratamiento de materiales ferrosos es porosa, atrae humedad, y continúa convirtiendo el metal en corrosión o herrumbre.

Es por ello que en este tratamiento el método más efectivo para la remoción de la corrosión es por un medio mecánico, es decir, se va a hacer uso de materiales como papeles abrasivos y cepillos de alambres que se pueden accionar manualmente y efectuar de esta forma la remoción de la corrosión. No obstante, hay que tener cuidado de encontrar este tipo de materiales en los trenes de aterrizaje.

Si se logra establecer este tipo de corrosión en el área de trenes se debe remover la corrosión de manera inmediata, evitando usar cepillos de alambre, pues si se aplica en estas partes causa rayones al material, por esto el metal puede perder sus propiedades físicas.

2.24 Tratamiento de la superficie

2.24.1 Plaqueado de níquel o cromo

Se trata de la aplicación de electro-placa, que es utilizada para formar una capa firme sobre el metal.

Existen dos tipos de plaqueado de cromo usados en el mantenimiento aeronáutico:

1. Cromo decorativo: usado principalmente por su apariencia y protección superficial del material.
2. Cromo duro: se utiliza en partes sujetas a la abrasión específicamente en varillas de pistones y paredes de cilindros.

2.24.2 Plaqueado de cadmio

Este tipo de plaqueado protege al material de un tipo de corrosión sacrificial, debido a sus características electroplaqueada proporciona un acabado atractivo en el material y por ende tiene una buena protección contra la corrosión.

2.24.3 Rocío metálico

En el motor de la aeronave se utiliza un roseado de aluminio fundido como parte de la remoción de la corrosión. La protección de la corrosión producida por este tratamiento es por corrosión sacrificial como el de las capas de cadmio y zinc.

2.24.4 Tratamiento de aleaciones de magnesio

Las selecciones de magnesio no forman de manera natural su película protectora como lo harían las diferentes aleaciones existentes para la construcción de aeronaves.

La corrosión en este tipo de aleaciones de magnesio abarca un gran volumen de tal forma que esta corrosión levanta la capa de pintura o si se forma entre las pieles hincha las uniones.

Para la remoción de corrosión en este caso es necesario la utilización de cepillos no metálicos rígidos o lavadores de nylon, en este caso no se recomienda la utilización de papel

abrasivo dado que pueden contaminar la superficie conllevando la formación de una corrosión galvánica.

2.25 Control de la corrosión

Para el adecuado control de la corrosión en un ambiente aeronáutico se debe realizar una revisión periódica y el monitoreo de las tareas realizadas en las diferentes secciones de la estructura de la aeronave efectuando así la regularización de los programas de mantenimiento, con la finalidad de mantener a la corrosión en Nivel 1.

A continuación se presenta los niveles de corrosión existentes, junto con su grado de dificultad.

- Nivel 1: daño de corrosión que no requiere el esfuerzo estructural o el reemplazo prestándose a los siguientes casos: es considerada como corrosión local, puede ser trabajada eliminándola y quedando dentro de los límites permitidos por el fabricante, especificados en el SRM.
- Nivel 2: daño de corrosión que si requiere el esfuerzo estructural o el reemplazo (parcial o total) prestándose a los siguientes casos: corrosión que ocurre entre las inspecciones sucesivas que requieren retrabajo el cual excede los límites establecidos en el SRM, requiriendo una reparación o el reemplazo de la estructura aplicable.
- Nivel 3: la corrosión encontrada durante la primera inspección o subsecuente. Es determinada normalmente por el operador siendo una preocupación de aeronavegabilidad urgente y requiere la acción correctiva. (Guallichico, 2015)

El descubrimiento de la corrosión identificará y dará la pauta para proceder con las acciones necesarias del control de corrosión:

- Grupo 1: si las inspecciones revelan que la corrosión nivel 1 se ha encontrado en un área determinada durante inspecciones repetitivas, entonces la tarea existente es eficaz para el área afectada y ningún cambio al programa es necesario.
- Grupo 2: si las inspecciones revelan que la corrosión nivel 2 para un área dada durante inspecciones repetitivas, entonces la tarea existente no es eficaz para el área afectada, para controlar la corrosión y mantenerle en Nivel 1 se deberá considerar 1 o varias de las acciones correctivas siguientes:
 - a) *Disminución del umbral/intervalo de inspección*
 - b) *Consideración de un nivel más alto de inspección*
 - c) *Uso más frecuente de un sistema de protección a la superficie*
- Grupo 3: si las inspecciones revelan que la corrosión nivel 3 entonces la tarea existente no es eficaz, además las consideraciones dadas para el nivel 2, así como un nuevo plan de acción el cual pida una inspección a la zona dañada, mismo plan que deberá aplicarse sobre las aeronaves correspondientes a la misma flota de edad, similar o mayor.

2.26 Eliminación de la corrosión

Para la eliminación de la corrosión es necesario establecer programas de mantenimiento efectuadas por la aerolínea, misma que es responsable de efectuar determinada modificación en cuanto al control de la corrosión en donde su principal objetivo será monitorear los componentes donde se han realizado tareas de mantenimiento de acuerdo a la protección de

determinado tipo de corrosión y de esta forma efectuar un buen programa de mantenimiento en los componentes de la aeronave afectados por esta índole.

2.27 Limpiadores, Pulimentos, Avivadores.

Son materiales de limpieza que son usado principalmente para eliminar suciedad, mugre, grasas de las superficies de los diferentes componentes que forman parte de la estructura de la aeronave.

En este caso los limpiadores deben ser usados en la limpieza de aeronaves ensambladas, específicamente limpiadores químicos que deben ser neutrales y fáciles de quitar:

- Ácido cítrico-fosfórico: mezcla usada como envejecedor de superficies de aluminio.
- Bicarbonato de sodio: neutraliza depósitos ácidos en baterías, plomo/ácido. Estos limpiadores forman parte de una limpieza de la aeronave para la detección de corrosión en sus componentes estructurales.

Los pulimentos son una pasta pulidora elaborados con materia prima seleccionados para obtener alta calidad y rendimiento, este tipo de productos sirven para pulir superficies recubiertas con lacas o esmaltes acrílicos, elimina la grasa, mugre y todo tipo de impurezas, para la aplicación de los mismos es necesario que las superficies se encuentren completamente limpias de agentes contaminantes como polvo o partículas que puedan rayar la superficie.

Los avivadores son una parte esencial aplicados al final de una remoción de corrosión pues estos se encargan de dar un resalte y un brillo a la estructura de la aeronave en donde se ha realizado la tarea de mantenimiento.

2.28 Equipos de protección personal

Los EPP incluyen todos los dispositivos, accesorios y vestimentas que consideran la seguridad en el lugar de trabajo, y que son necesarios frente a un peligro o riesgo que no han podido eliminarse.

La Ley 16744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, Art. 68, analiza la importancia de proveer equipos de protección a cada uno de sus empleados, insistiendo que en caso máximo los equipos carezcan de valor económico.

Los equipos de protección personal incluyen:

- Casco: brinda protección a la cabeza (cráneo).
- Gafas: protección de ojos y cara.
- Tapones u Orejeras: son usados para la protección a los oídos en caso de que el ruido exceda los 85 decibeles.
- Respiradores: protección de las vías respiratorias.
- Guantes: en uso exclusivo de protección de manos y brazos.
- Calzado adecuado (botas): protección de pies y piernas.
- Cinturones de Seguridad para trabajo en Altura.

- Ropa de Trabajo (overoles)
- Ropa Protectora (opcional) (bcn.cl, 2019)

3) DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

Este capítulo presenta el proceso para la preservación del fuselaje por medio de tratamiento anticorrosivo como mantenimiento de la aeronave mediante el uso adecuado de materiales y procedimientos, manuales e información técnica apto para la aeronave Fairchild Siddeley, Teniendo en cuenta todos los aspectos de seguridad, y las operaciones en un entorno de trabajo. Por tanto, en el mantenimiento y desarrollo se utiliza todo el equipo necesario para realizar correctamente el trabajo a su vez la identificación y el correspondiente tratamiento de la corrosión es responsabilidad del operador, el fabricante, la recomendación o el programa de mantenimiento del propio operador.

3.2 Medidas de seguridad para trabajos en la aeronave

Para la implementación de estos trabajos se hizo un plan de seguridad, de esta manera mitigamos la ocurrencia de incidentes o accidentes hacia la persona o la aeronave. El lugar de trabajo cuenta con, equipamiento especial, que ayuda a realizar las tareas de inspección y las necesarias para el tratamiento anticorrosivo, por lo que tiene alta seguridad operativa.

El equipo utilizado como medida de seguridad es el siguiente:

- Ropa de trabajo
- Zapatos con punta de acero
- Guantes
- Protector auditivo
- Gafas

- Mascarilla de gases

3.3 Estudio del estado actual de la aeronave

Se realiza la investigación y análisis global de las áreas de la estructura de la aeronave propensas a la corrosión y así determinar la forma de trabajo, los aspectos de cada área de la estructura, el orden de trabajo y las diferentes opciones para resolver posibles conflictos. Por consiguiente se desarrolla diagrama de fases sobre cómo realizar las inspecciones y los diferentes trabajos de preservación. Los trabajos a realizarse están respaldados por la información técnica en los manuales de la aeronave y los componentes; y las especificaciones estándar emitidas por la FAA a través de AC 43.-4.

Figura 32.

Estudio del estado de la aeronave



Nota : Se realizó un análisis del estado de la estructura de la aeronave.

3.4 Inspección visual general del fuselaje

Se realizó una inspección visual de las zonas del fuselaje más proclives a la corrosión en busca de signos de grietas y desgaste general, se puede ver que las aéreas con mayor humedad tienen indicios de corrosión por lo tanto se ha deteriorado en cierta parte, Posteriormente, se mira otras zonas de la aeronave para comprobar que están en buen estado y que no hay signos de corrosión, Finalmente, se verificó el estado de las áreas del fuselaje que soportan mayor carga de esfuerzos. En resumen, el fuselaje está en buenas condiciones visualmente externas. **(Anexo A)**

Figura 33.

Inspección visual de fuselaje



Nota : En esta figura se puede verificar estado de la pintura de la aeronave.

3.5 Procedimientos generales de trabajo para el control de la corrosión

Para un trabajo bien realizado, se efectuó las siguientes prácticas necesarias para el control de la corrosión, se limpió el área de trabajo, el equipo y los componentes a utilizar de suciedades que pueden intervenir en el proceso, tales como: astillas, polvo, materiales extraños. Se hizo la marcación de las zonas que ya presentan corrosión para posteriormente ser tratadas.

Figura 34.

Procedimientos generales



Nota : En esta figura podemos observar el proceso para el control de la corrosión

3.6 Pruebas no destructivas por líquidos no penetrantes

3.6.1 Preparación y limpieza inicial.

Antes de aplicar el permeado, se debe eliminar de la superficie cualquier elemento contaminante que pueda obstaculizar o incluso interferir con la permeación y la indicación del

permeado. Un trozo de agua, aceite, trazas de ácido o álcali, trazas de pintura (como pintura o barniz), óxidos u otra suciedad adherida a la superficie están presentes en la superficie.

Las aberturas de la superficie se pueden cubrir para evitar que se mojen y penetren, la continuidad puede incluso reaccionar químicamente o absorberse con el penetrante, produciendo señales falsas.

Por lo tanto, la elección de la tecnología de limpieza adecuada dependerá del tipo de contaminantes a eliminar.

Figura 35.

Preparación y limpieza inicial



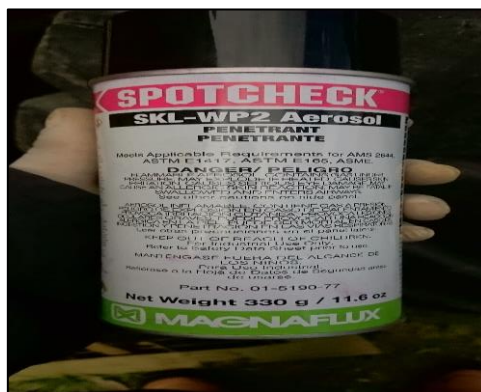
Nota : En esta figura se observa la corrosión que existe en el material.

3.6.2 Aplicación Del Líquido Penetrante.

Después de limpiar y secar, se puede utilizar el penetrante dependiendo del tamaño y cantidad de las piezas a inspeccionar, puede utilizarlo: inmersión para los componentes pequeños o medianos, el spray aerosol se utiliza para un control e inspección de laboratorio, inspección de la unidad para superficies más grandes o piezas más grandes se puede conectar a un compresor con la ayuda de una se procede a rociar.

Figura 36.

Líquido penetrante



Nota : La imagen representa el líquido SKL- WP2 Aerosol que se aplica en el material.

3.6.3 Tiempo de penetración

Se debe determinar el tiempo que debe permanecer el penetrante en la superficie a inspeccionar el tiempo para que el penetrante se filtre a través de la grieta, sin importar cuán pequeña sea la penetración. Este tiempo se llama tiempo de avance y varía de 5 a 60 minutos. El periodo de penetración en cada caso se determinará en función del material a ensayar, el

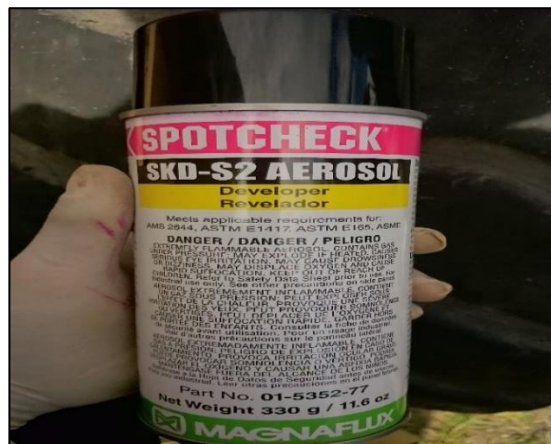
tipo de discontinuidad a detectar (por ejemplo, cuanto más fina sea la fisura, mayor será el tiempo de penetración requerido) y las recomendaciones del fabricante.

3.6.4 Aplicación el revelador

La aplicación del revelador debe realizarse de tal forma que se obtenga una capa muy fina y uniforme sobre la superficie a inspeccionar. Aplíquelo según el tipo espolvoreándolo, mojándolo o rociándolo. El tipo de revelador y el método de aplicación seleccionado dependerán del número y tamaño de la pieza de trabajo a inspeccionar. Si es un proceso manual o automático, el acabado de la superficie de la pieza de trabajo se recomienda usar revelador seco para el tratamiento de superficies rugosas y método húmedo para superficies finas procesamiento etc.

Figura 37.

Aplicación del revelador



Nota : En esta imagen podemos visualizar el revelador que se debe aplicar SKD- S2 Aerosol.

3.6.5 Interpretación y evaluación

Durante la fase de inspección de observar las instrucciones (estas instrucciones son los resultados obtenidos de las pruebas), solo se requiere una buena iluminación cuando se usan penetrantes que son visibles bajo luz natural o blanca y penetrantes fluorescentes que son sensibles a la luz ultravioleta. Se requerirá un kit de iluminación negro y una cámara oscura. También en esta etapa se debe explicar la indicación, es decir, se debe determinar la causa de la indicación (por ejemplo, grietas, agujeros, falta de adherencia, etc.). La observación del formulario de indicación y la experiencia y conocimiento del operador son las razones de esta explicación. Por esta razón, algunas fotos se pueden usar como guía en ASTM E 433 "Fotos de referencia para inspección de líquidos penetrantes". Se deben tener en cuenta las indicaciones falsas (es decir, no causadas por discontinuidades o defectos en el material) que pueden ocurrir debido a un proceso incorrecto para eliminar el exceso de penetrante.

3.6.6 Limpieza final de acabado de la inspección por corrosión

Después de la inspección se realizar una limpieza final para restaurarlo a su estado inicial generalmente, se utilizará el mismo sistema de limpieza en el punto 3.6.1.

3.7 Preparación de las áreas del fuselaje a tratar

Se procedió a eliminar la corrosión de la zona del fuselaje donde se halló presencia de la misma, con la ayuda de brochas y cepillos con cerdas de acero, mediante movimientos suaves que permitan eliminar lo corroído, este procedimiento es sumamente importante, ya que si no se

lo realiza, la corrosión seguirá aunque se aplique el tratamiento y la pintura sobre la área afectada, esto además representaría un peligro ya que solo camufla el problema. Por ello todas las áreas donde se halló presencia de corrosión deben ser limpiadas. Adicional se protegió las zonas del fuselaje y del avión que requieren estar preservadas durante las tareas de preservación. **(Ver anexo B)**

Figura 38.

Preparación del área del fuselaje



Nota : En esta imagen se visualiza la preparación de la aeronave antes de realizar el decapado.

3.8 Eliminación de pintura

Remover la pintura en el área a aplicar tratamiento anticorrosivo, se hace este procedimiento con la ayuda de una lija fina o cepillos en herramientas eléctricas, si se utiliza lo segundo, se debe tener cuidado de eliminar el materia base en casos especiales se puede requerir un método particular o específico, dependiendo de los criterios de trabajo y de mantenimiento.

Figura 39.*Eliminación de pintura*

Nota : Se puede apreciar la remoción de la pintura para realizar el tratamiento anticorrosivo.

3.9 Pruebas de material

Elegir un área donde no haya presencia de corrosión y remover restantes de pintura, con un paño seco, limpiar la superficie a probar

Identificar provisionalmente la superficie del metal expuesta comprándolos visualmente con muestras de materiales previamente identificados si están disponibles.

Como siguiente paso, identificar el metal como ferroso o no ferroso colocando un imán en la superficie expuesta, la atracción magnética clasifica el metal base como un material magnético ferroso hierro o acero. La ausencia de atracción magnética clasifica el metal base como acero inoxidable austenítico o metal no ferroso (aluminio, magnesio, etc.). **(Ver anexo C)**

Figura 40.

Pruebas de material



Nota : Se puede observar en esta figura el tipo de material ferroso o no ferroso.

3.10 Determinación del grado de daño por corrosión

Determine el grado de daño por corrosión (leve, moderado o severo) con un reloj comparador de profundidad, o una regla, la profundidad de la corrosión no se puede medir hasta que se elimine toda la corrosión. Antes de realizar las mediciones determinar visualmente si hay corrosión en un área que ha sido repasada previamente.

3.11 Tratamiento anticorrosivo

Limpie la superficie corroída a mano con herramientas, abrasivos o métodos químicos para eliminar la corrosión menor. No utilice un proceso de eliminación de productos químicos a alta temperatura. Cubra de manera protectora las áreas adyacentes para evitar que el

abrillantador entre en contacto con magnesio, aluminio anodizado, vidrio, plexiglás, superficies de tela y todo el acero.

Cuando utilice compuestos que eliminan la corrosión, use guantes resistentes al ácido, máscaras faciales y ropa protectora. Si el compuesto anticorrosivo entra en contacto accidentalmente con la piel o los ojos, enjuague inmediatamente con abundante agua. Diluya el compuesto inhibidor de corrosión (especificación MIL-C-38334, tipo 1) con un volumen igual de agua. Mezcle el compuesto solo en recipientes de madera, plástico o revestidos de plástico.

La solución diluida del compuesto anticorrosivo se puede aplicar fluyendo, con un trapeador, una esponja, un cepillo o un paño. Aplique la solución diluida en un área grande con un movimiento circular para alterar la película en la superficie y asegurar una cobertura adecuada. La solución diluida debe usarse desde el área más baja y luego aumentar gradualmente. La solución será más eficaz cuando se calienta (máximo 140 ° F) y luego se agita vigorosamente con un cepillo no metálico resistente al ácido o una almohadilla de nailon abrasiva de alúmina. Deje la solución en la superficie durante unos 12 minutos. No deje que la solución se seque en la superficie ya que esto provocará rayas.

En la superficie exterior más grande, enjuague con agua a alta presión para eliminar la solución, limpie la solución con un paño húmedo limpio y enjuague el paño amenudo con agua abundante agua limpia y por ultimo limpie el área con un paño nuevo y límpielo con frecuencia con un paño humedecido con agua limpia.

3.12 Determinación de límites de rehabilitación

La cantidad máxima permitida de material removido de cualquier superficie dañada puede determinarse a partir de los criterios contenidos en la tabla de límites de daños permitidos en el manual de reparación del fabricante.

Si no se proporciona ningún criterio, comuníquese con el fabricante de la aeronave para conocer los límites de limpieza.

Determinar la reducción del espesor del material después de la limpieza de la corrosión. La cantidad de material que se puede quitar de una pieza o panel durante la limpieza por corrosión generalmente está disponible en las tablas de límites de daños permitidos del fabricante. **(Ver Anexo D)**

Para asegurarse de que no se excedan los límites permitidos, se debe realizar una medición precisa del material eliminado o del espesor de la batería que queda en el área reelaborada. La medición de la profundidad de las fosas combinadas (material eliminado) se puede realizar utilizando un medidor de cuadrante de profundidad.

Si el medidor de profundidad no funciona, se pueden usar impresiones de arcilla, caucho líquido u otros medios similares que darán resultados precisos para determinar el material eliminado. En el caso de que se hayan excedido los límites de remoción de material, el área o parte debe repararse o remplazarse.

3.13 Tratamiento de superficies de aleaciones de aluminio

- Eliminar la corrosión leve frotando a mano la superficie corroída con herramientas, abrasivos o por medios químicos
- No utilice el proceso de eliminación de productos químicos a temperaturas superiores a 100 F o inferiores a 40 ° F.
- Enmascar de manera protectora las áreas adyacentes para evitar que los abrillantadores entren en contacto con magnesio, aluminio anodizado, vidrio, plexiglás, superficies de tela y todo el acero.
- Use guantes resistentes al ácido, mascarilla protectora y ropa protectora cuando trabaje con compuestos que quita la corrosión.
- Si los compuestos que eliminan la corrosión entran en contacto accidentalmente con la piel o los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua limpia. Diluya el compuesto eliminador de corrosión (Especificación MIL - C - 38334, Tipo 1) con un volumen igual de agua.
- Mezcle el compuesto solo en recipientes de madera, plástico o revestidos de plástico.
- La solución diluida de compuesto eliminador de corrosión se puede aplicar fluyendo, trapeando, pasando una esponja, cepillando o limpiando.
- Aplique la solución diluida a áreas grandes con un movimiento circular para alterar la película de la superficie y asegurar una cobertura adecuada.
- La solución diluida debe aplicarse comenzando en la zona más baja y trabajando hacia arriba.
- La solución será más eficaz si se aplica tibia (140 ° F como máximo) seguido de una agitación vigorosa con un cepillo no metálico resistente a los ácidos o una esterilla de nailon abrasiva de óxido de aluminio.

- Deje la solución en la superficie durante aproximadamente 12 minutos.
- No permita que la solución se seque sobre la superficie, ya que se producirán rayas.
- (En superficies exteriores grandes, elimine la solución enjuagando con agua a alta presión).
- Limpie la solución con un paño limpio y húmedo;
- Enjuague frecuentemente el paño con agua limpia.
- Limpie el área con un paño nuevo humedecido y enjuagado frecuentemente con agua limpia.

3.14 Preservación

Aplicación diaria de compuestos preventivos de la corrosión se utiliza para proteger las piezas y componentes metálicos de las aeronaves.

- Funcionan evitando que los materiales corrosivos entren en contacto y corroan las superficies metálicas desnudas.
- Muchos de estos compuestos también pueden desplazar el agua y otros contaminantes de las superficies a proteger.
- Algunos también proporcionan lubricación y protección contra la corrosión.
- Los compuestos preventivos de la corrosión varían en apariencia y consistencia, desde tipos espesos y negros hasta aceites ligeros.
- Algunos son. Los compuestos más espesos proporcionan la mejor protección contra la corrosión, son más duraderos y son más difíciles de eliminar.

- Los materiales más delgados proporcionan algo de lubricación y no se agrietan, astillan ni pelan, pero deben retirarse y reemplazarse regularmente para brindar una protección continua.

3.15 Análisis Económico de la tesis

Para la implementación del proyecto se realizó un análisis presupuestario de cada alternativa propuesta y se seleccionó la más confiable, la cual permitirá el cumplimiento de estas tareas de mantenimiento. Al realizar el trabajo real se deben seguir las recomendaciones de los manuales, o la información técnica que utilice.

3.16 Gastos

Todos los gastos incurridos durante los trabajos se detallarán en los en las siguientes hojas, y mencionaremos dos tipos de medios que son:

- Costos primarios
- Costos secundarios

Costos primarios

- Herramientas
- Material
- Mano de obra

Costos secundarios

- Preparación de la tesis
- Transporte
- Lugar de Hospedaje

3.16.1 Costos primarios**Tabla 3.***Tabla de costos de materiales*

NUMERO	ITEM	CANTIDAD UN.	VALOR
2	Pintura de fondo	14.97	29.94
2	Pintura blanca	25.50	51.00
2	SKD- S2 Aerosol	18.50	37.00
1	líquido SKL- WP2 Aerosol	18.50	18.50
10	Removedor 3.78LT WESCO	14.55	145.50
20	Lija disco velcron # 150 hookit	0.24	4.80
2	Líquido anticorrosivo	45.00	45.00
2	Rollos de papel absorbente	1.40	2.80
7	Telas absorbentes	1.50	10,50
1	Letras de corte y plantillas	124.00	124,00
VALOR TOTAL			469.04

Tabla 4.*Tabla de costos de herramientas*

NUMERO	ITEM	CANTIDAD	VALOR
2	Disco de pulir	4.00	8.00
1	Disco de corte	8.00	16.00
1	Tiñer laca env. 10,92 Lt	22.94	137.64
1	Flexómetro	3.00	3.00
1	Alquiler de maquinarias	100.00	100.00
1	Compra de taladro	75.00	75.00
2	Brochas	2.00	4.00
VALOR TOTAL			343.64

Tabla 5.*Total de costos primarios*

DETALLE	VALOR
Tabla de costos de materiales	469.04
Tabla de costos de herramientas	343.64
VALOR TOTAL	812.68

3.16.2 Costos secundarios

Tabla 6.

Costos secundarios

NUMERO	ITEM	CANTIDAD UN.	VALOR
1	Copias de manuales	16.00	16.00
6	Hospedaje	16,00	96.00
1	Transporte	60.00	60.00
VALOR TOTAL			172.00

3.16.3 Costo total del proyecto de titulación

Tabla 7.

Costo total del proyecto

Detalle	Valor
Total de gastos primarios	812.68
Total de gastos secundarios	172.00
VALOR TOTAL	984.68

4) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El tratamiento anticorrosivo sobre la estructura exterior de la aeronave Fairchild FH-227 se llevó a cabo gracias a la información y documentación técnica adquirida de manuales, AC 20-82, AC 43-4a, que son aplicables a la aeronave.
- Se adquirió diferentes tipos de inhibidores, equipos el cual se verifico los estándares de calidad.
- Con la adquisición de los materiales se ejecuta los procedimientos prescritos en el manual de mantenimiento para una aplicación correcta del tratamiento anticorrosivo en la superficie externa del fuselaje.

4.2 Recomendaciones

- La documentación e información técnica debe estar certificada y actualizada, es importante que el técnico comprenda el tema de la corrosión para el desempeño profesional.
- Los materiales adquiridos deber ser certificados y cumplan con los estándares de calidad para un correcto mantenimiento.
- Es importante evaluar el tipo de corrosión que existe en el material, al momento de usar inhibidores anticorrosivo se debe utilizar los equipos de protección personal para preservar la integridad física.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- abracom*. (24 de julio de 2019). Recuperado el 10 de junio de 2020, de
<https://www.abracom.es/es/blog/post/30-lijadora-orbital-tipos-usos-caracteristicas.html>
- bcn.cl*. (04 de enero de 2019). Recuperado el 15 de junio de 2020, de
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28650>
- Borja. (2015).
- Erazo, S. (2011). Corrosión. En S. Erazo.
- estructuras10. (11 de 2018). *estructuras10.blogspot.com*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de
<http://estructuras10.blogspot.com/2018/11/estructuras-semi-monocasco.html>
- F-227, A. F. (2017). *MANUAL DE MATENIMIENTO*.
- fokkerairliners. (27 de January de 1966). *fokkerairliners*. Recuperado el 05 de abril de 2020, de
<http://www.fokkerairliners.net/424443946>
- Guallichico. (2015).
- Hegan, S. (2012).
- ihobbies*. (06 de diciembre de 2018). Recuperado el 08 de junio de 2020, de
<https://www.ihobbies.es/pasta-piedra-pomez-250ml-vallejo-p-1-50-21477/>
- Millán, C. C. (20 de julio de 2015). *cud.upct*. Recuperado el 29 de abril de 2020, de
http://www.cud.upct.es/images/cud/TFG/Promocion_66/TFGs/tfg%20csar%20crespo%20san%20milln.pdf

R, D. (1 de Noviembre de 2014). *TIPOS DE CORROSION EN AVIACION*. Recuperado el 15 de abril de 2020, de Slide share: <https://es.slideshare.net/duberramirez73/tipos-de-corrosion-clase-rapida-dr>

S. Gómez-Biedma, E. S. (marzo de 2002). Análisis electroquímico. *Revista de Diagnóstico Biológico*, vol.51. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-79732002000100005

TRONCO, I. M. (2017). *Estudio electroquímico de las interacciones formadas por el*. México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO MÉXICO.

uniaeronautico. (03 de 12 de 2018). Recuperado el 09 de abril de 2020, de [uniaeronautico.home.blog: https://uniaeronautico.home.blog/2018/12/03/conceptos-basicos-pero-importantes-del-fuselaje-de-una-aeronave/](https://uniaeronautico.home.blog/2018/12/03/conceptos-basicos-pero-importantes-del-fuselaje-de-una-aeronave/)

valsur. (05 de agosto de 2004). Recuperado el 05 de junio de 2020, de https://catalogo.valsur.com/Esponja_Handfit_3M_con_recubrimiento_unilateral/Esponja-estera_abrasiva/Medios_abrasivos_sobre_soporte/Mecanizado_de_superficies/Seleccion_de_productos_entrega_24-48h_sin_gastos_de_envio/6266/1557.html

Zambrano, M. J. (13 de agosto de 2017). *bibdigital*. Recuperado el 20 de abril de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17881/1/CD-8104.pdf>

ABREVIATURAS

EPP: Equipo de protección personal

MM: Manual de Mantenimiento

FAA: Federación de administración de la aviación.

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional.

SRM: (Manual de Reparación Estructural)

OMA: Organización de Mantenimiento Aprobado

SB: Boletines de Servicio

TSO: Orden Técnica Estándar

GLOSARIO

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

Aeronavegabilidad: Actitud técnica y legal que debe tener una aeronave para volar en condición de aceptación y condición segura

Avión (aeroplano): Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

Abrasión: Desgaste de la superficie por factores externos.

Acabado: Termino genérico en trabajo es un acabado final.

Aleación: Unión de los metales por medio de la fusión.

Anticorrosivo: Recubrimiento para proteger un metal de la corrosión.

Bibliografía: Es la descripción, conocimiento de libros, de sus ediciones, etc

Corrosión: Deterioro de un material por un ataque electroquímico.

Cubrimiento: Tapar o encubrir una superficie.

Disolvente: Un líquido que permite disolver.

Inhibidor: Impide o suspende un proceso.

Lija: Es una herramienta que sirve que se adhiere a algún material.

Lijado: Desgaste de un material o aislamiento de la superficie

Optimo: Es lo más eficiente o deseable.

ANEXOS