



**Tratamiento anticorrosivo y pintura del fuselaje de la aeronave Grumman 164B matrícula HC-BRL
mediante el manual de Programa de Control y Prevención de Corrosión perteneciente a la empresa
Líneas Aéreas Nacionales (LAN Ecuador)**

Pérez Narváez, Bryan Andrés

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera De Tecnología De Mecánica Aeronáutica Mención Motores

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

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

Latacunga, 07 de Julio del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Certificación

Certifico que la monografía, **“TRATAMIENTO ANTICORROSIVO Y PINTURA DEL FUSELAJE DE LA AERONAVE GRUMMAN 164B MATRÍCULA HC-BRL MEDIANTE EL MANUAL DE PROGRAMA DE CONTROL Y PREVENCIÓN DE CORROSIÓN PERTENECIENTE A LA EMPRESA LÍNEAS AÉREAS NACIONALES (LAN ECUADOR)”** fue realizado por el señor **PÉREZ NARVÁEZ, BRYAN ANDRÉS** 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, 07 de Julio del 2021

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés




C.C.: 1723064513



Document Information

Analyzed document	Trabajo de titulación PÉREZ NARVÁEZ BRYAN ANDRÉS1.pdf (D110239469)
Submitted	7/7/2021 4:14:00 PM
Submitted by	
Submitter email	baperez6@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	maarellano3.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	1599611727_959__CamScanner_09-08-2020_19.22.54-fusionado.pdf Document 1599611727_959__CamScanner_09-08-2020_19.22.54-fusionado.pdf (D80530224)	 2
W	URL: https://silo.tips/download/sika-informaciones-tecnicas-preparacion-de-superficies-metalicas Fetched: 1/24/2021 8:58:45 AM	 1
W	URL: http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies Fetched: 1/25/2021 4:47:04 PM	 10

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

C.C.: 1723064513



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Responsabilidad de autoría

Yo, **PÉREZ NARVÁEZ, BRYAN ANDRÉS**, con cédula de ciudadanía N° **180474829-9**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“TRATAMIENTO ANTICORROSIVO Y PINTURA DEL FUSELAJE DE LA AERONAVE GRUMMAN 164B MATRÍCULA HC-BRL MEDIANTE EL MANUAL DE PROGRAMA DE CONTROL Y PREVENCIÓN DE CORROSIÓN PERTENECIENTE A LA EMPRESA LÍNEAS AÉREAS NACIONALES (LAN ECUADOR)”** 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, 07 de Julio 2021

Pérez Narváez, Bryan Andrés

C.C.: 1804748299



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

Autorización de publicación

Yo **PÉREZ NARVÁEZ, BRYAN ANDRÉS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“TRATAMIENTO ANTICORROSIVO Y PINTURA DEL FUSELAJE DE LA AERONAVE GRUMMAN 164B MATRÍCULA HC-BRL MEDIANTE EL MANUAL DE PROGRAMA DE CONTROL Y PREVENCIÓN DE CORROSIÓN PERTENECIENTE A LA EMPRESA LÍNEAS AÉREAS NACIONALES (LAN ECUADOR)”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 07 de Julio del 2021

Pérez Narváez, Bryan Andrés

C.C.: 1804748299

Dedicatoria

Dedico mi presente proyecto de titulación a Dios quien ha sido el capitán de mi barco, de mi vida y fuente de inspiración para lograr culminar mi tesis con éxito.

A mis abuelitos que han sido mi ejemplo a seguir, las personas quienes me han apoyado incondicionalmente durante mi carrera universitaria.

A mis padres que siempre me han guiado por el camino del bien y me han motivado a seguir hacia adelante en mis estudios.

A mis hermanos que me han demostrado tanto cariño y junto a ellos he podido vencer todo tipo de obstáculos que he encontrado en el camino de mi carrera.

PÉREZ NARVÁEZ, BRYAN ANDRÉS

Agradecimiento

Agradezco a mi padre celestial, que me ha hecho un hombre lleno de fé y que siempre ha estado conmigo en los momentos buenos y malos. Un claro testimonio de que los sueños si se hacen realidad es poder alcanzar mi meta en base a constancia, perseverancia y sacrificio.

A mis padres y abuelitos por sacrificarse y brindarme la oportunidad de estudiar mi carrera universitaria. Por sus consejos, por sus palabras de aliento durante el transcurso de mis estudios.

A la Universidad de la Fuerzas Armadas “ESPE” y todo el excelente equipo docente que me ayudo en mi formación, primero como una persona llena de valores y segundo como un excelente profesional en el mantenimiento de aeronaves. Un agradecimiento especial para mi docente tutor Tlgo. Andrés Arellano por ser mi guía durante la elaboración de mi proyecto de titulación, por ser una persona llena de cualidades que siempre me ha brindado su confianza y apoyo durante mi formación académica.

A la empresa LAN ECUADOR que siempre confió en mis habilidades y conocimientos, que me brindó la oportunidad de realizar mis practicas pre-profesionales y trabajo de titulación.

A mi familia en general, enamorada y amigos. Me siento muy agradecido con todos porque cada uno ha aportado con un granito de arena para cumplir mi meta, más que meta mi pasión por la aviación.

PÉREZ NARVÁEZ, BRYAN ANDRÉS

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas.....	14
Resumen	15
Abstract.....	16
Planteamiento Del Problema De Investigación.....	17
Antecedentes.....	17
Planteamiento Del Problema	18
Justificación	19
Objetivos	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Alcance	20
Marco Teórico.....	21
Historia Del Avión GRUMMAN 164B	21
Información General Del Avión Grumman 164B	21
Especificaciones Del Avión Grumman 164B	22
Descripción General Del Motor Pratt & Whitney PT6.....	24
<i>Historia De Motor Turbina PT6</i>	24
<i>Funcionamiento Del Motor Turbina PT6</i>	25
<i>Modernización De Motor Reciproco a Turbina</i>	26
Secciones Del Motor Turbina PT6.....	27

<i>Sección De Aire De Entrada</i>	27
<i>Sección De Compresor</i>	27
<i>Sección De Combustión</i>	27
<i>Sección De Turbina</i>	27
<i>Sección De Escape</i>	27
<i>Sección De Caja Reductora</i>	28
<i>Sección De Caja De Accesorios</i>	28
Ventajas y Desventajas Del Motor Turbina PT6	29
Estructuras.....	29
<i>Fuselaje De La Aeronave GRUMMAN 164B</i>	29
Tipos De Construcción De Fuselaje	31
<i>Fuselaje Monocasco</i>	31
<i>Fuselaje Semimonocasco</i>	32
<i>Fuselaje Reticular o Tubular</i>	33
Importancia De La Estructura.....	33
Material De Composición De La Estructura.....	34
Corrosión En Las Aeronaves.....	35
Clasificación De La Corrosión	36
<i>Oxidación</i>	36
<i>Corrosión Superficial Uniforme</i>	36
<i>Corrosión Por Picaduras</i>	37
<i>Corrosión Intergranular</i>	38
<i>Corrosión Por Exfoliación</i>	39
<i>Corrosión Galvánica</i>	40
<i>Corrosión En Celdas De Concentración</i>	41
<i>Celda De Concentración De Oxígeno</i>	41
<i>Celda De Concentración De Ión Metálico</i>	41
<i>Corrosión Por Esfuerzo</i>	42
<i>Corrosión Por Desgaste</i>	43
<i>Corrosión Filiforme</i>	44
Localización Típica De La Corrosión En Una Aeronave	45
Preparación De Superficies Mediante Sandblasting	46

<i>Comités Encargados Del Impacto De La Corrosión a Nivel Mundial</i>	46
<i>Preparación De Superficies Metálicas</i>	46
Grados De Limpieza De Una Superficie.....	47
<i>Ejemplos De Granallado Para Sandblasting Con Abrasivos</i>	47
<i>Limpieza por chorro abrasivo al grado superficial o "BRUSH OFF" (SSPC-SP7)</i>	49
<i>Limpieza Por Chorro Abrasivo Al Grado Gris Comercial (SSPC-SP6)</i>	51
<i>Limpieza Por Chorro Abrasivo Al Grado Casi Blanco (SSP-SP10)</i>	53
Procesos y Materiales Utilizados En El Control De La Corrosión.....	55
<i>Información General Sobre El Proceso De Sandblasting y Preparación de Superficies</i>	55
Equipos y Herramientas.....	56
<i>Compresor</i>	56
<i>Boquillas De Sandblasting</i>	57
<i>Separador De Humedad</i>	58
<i>Tolva o Máquina De Sandblasting</i>	59
<i>Controles Remotos</i>	60
<i>Mangueras y Acoples</i>	60
<i>Abrasivo</i>	61
<i>Abrasivos Metálicos</i>	61
Perfil De Anclaje.....	64
Equipo De Monitoreo y Protección Personal Para La Aplicación Del Sandblasting.....	65
<i>Casco De Seguridad y Respiración</i>	66
<i>Alarma De CO</i>	66
Importancia Sobre El Uso Del Equipo De Protección Personal EPP's.....	68
Equipo Airless De Pintura.....	69
<i>Funcionamiento equipo Airless</i>	69
<i>Ventajas Del Equipo Airless</i>	70
Desarrollo Del Tema.....	71
Preliminares.....	71
Medidas De Seguridad.....	71
Herramientas y Materiales.....	72
Situación Actual De La Aeronave Grumman 164B HC-BRL.....	73
Inspección Visual Del Fuselaje Reticular Del Grumman 164B.....	74

Procedimiento Para La Preparación De La Superficie Del Fuselaje	74
<i>Limpieza De La Estructura Del Fuselaje</i>	74
<i>Remoción De Pintura</i>	76
<i>Recubrimiento De Grasa Sobre El Fuselaje</i>	77
Procedimiento Del Sandblasting Aplicado Al Fuselaje De Grumman 164B	78
<i>Acondicionamiento Del Área De Trabajo</i>	78
<i>Alojamiento Del Fuselaje De La Aeronave En El Área De Sandblasting</i>	79
<i>Instalación De Los Equipos De Sandblasting</i>	80
<i>Introducción De La Granalla De Acero En La Máquina De Sandblasting</i>	81
<i>Sandblasting En Estructura Metálica Del Fuselaje Del Avión Grumman</i>	82
<i>Verificación Del Perfil De Anclaje</i>	84
Proceso De Aplicación De Pintura Del Fuselaje De Grumman 164B	85
<i>Aplicación De Pintura</i>	85
<i>Proceso De Aplicación De Pintura Equipo Airlees</i>	86
<i>Primera Capa De Pintura</i>	87
<i>Segunda Capa De Pintura</i>	88
<i>Acabados De Pintura En La Estructura</i>	90
Resultado Final	91
Simbología en diagrama de flujo de análisis	92
Presupuesto	95
<i>Análisis de costos</i>	95
<i>Costos Primarios</i>	95
<i>Costos Secundarios</i>	96
Total De Costos	97
Conclusiones y Recomendaciones.....	98
Conclusiones	98
Recomendaciones	98
Glosario	100
Abreviaturas.....	102
Bibliografía	103

Índice de figuras

Figura 1. <i>Avión GRUMMAN 164B</i>	21
Figura 2. <i>Aviones GRUMMAN 164B</i>	22
Figura 3. <i>Dimensiones del avión Grumman 164B</i>	23
Figura 4. <i>Beechcraft equipado con motor PT6</i>	24
Figura 5. <i>Vista interna del motor PT6</i>	26
Figura 6. <i>Secciones del motor PT6</i>	28
Figura 7. <i>Fuselaje de la aeronave Grumman 164B</i>	31
Figura 8. <i>Fuselaje monocasco</i>	32
Figura 9. <i>Fuselaje semimonocasco</i>	32
Figura 10. <i>Fuselaje Reticular</i>	33
Figura 11. <i>Acero al cromo-molibdeno</i>	34
Figura 12. <i>Aeronave completamente corroída</i>	36
Figura 13. <i>Corrosión superficial uniforme</i>	37
Figura 14. <i>Corrosión por picaduras</i>	38
Figura 15. <i>Corrosión Intergranular</i>	39
Figura 16. <i>Corrosión por exfoliación</i>	39
Figura 17. <i>Corrosión Galvánica</i>	40
Figura 18. <i>Corrosión por celda de concentración de oxígeno</i>	41
Figura 19. <i>Corrosión por celda de concentración de lón metálico</i>	42
Figura 20. <i>Corrosión por esfuerzos</i>	43
Figura 21. <i>Corrosión por desgaste</i>	43
Figura 22. <i>Corrosión Filiforme</i>	44
Figura 23. <i>Tipos de Corrosión</i>	45
Figura 24. <i>Acero con ligera oxidación</i>	48
Figura 25. <i>Acero oxidado</i>	48
Figura 26. <i>Acero completamente oxidado</i>	49
Figura 27. <i>SP7 en ligera oxidación</i>	50
Figura 28. <i>SP7 en superficie oxidada</i>	50
Figura 29. <i>SP7 con mucho oxido</i>	51
Figura 30. <i>SP6 en ligera oxidación</i>	52
Figura 31. <i>SP6 en superficie oxidada</i>	52
Figura 32. <i>SP6 con mucho oxido</i>	53
Figura 33. <i>SP10 en ligera oxidación</i>	54
Figura 34. <i>SP10 en superficie oxidada</i>	54
Figura 35. <i>SP10 con mucho oxido</i>	55
Figura 36. <i>Equipos para Sandblasting</i>	56
Figura 37. <i>Compresor de aire</i>	57
Figura 38. <i>Boquillas de Sandblasting</i>	58
Figura 39. <i>Máquina de Sandblasting con separador de humedad</i>	59
Figura 40. <i>Válvula dosificadora</i>	60
Figura 41. <i>Aplicación de Sandblasting</i>	61

Figura 42. <i>Granalla de acero angular</i>	62
Figura 43. <i>Granalla de acero esférica</i>	62
Figura 44. <i>Perfil de anclaje</i>	65
Figura 45. <i>Instalación equipo de Sandblasting</i>	65
Figura 46. <i>Casco de seguridad y respiración Sandblasting</i>	66
Figura 47. <i>Traje de seguridad Sandblasting</i>	67
Figura 48. <i>Detector de monóxido de carbono</i>	67
Figura 49. <i>Unidad de comunicación Sandblasting</i>	68
Figura 50. <i>Equipo Airless</i>	70
Figura 51. <i>Deterioro de la estructura de Grumman 164B</i>	73
Figura 52. <i>Estructura del fuselaje con oxidación y corrosión</i>	74
Figura 53. <i>Limpieza del fuselaje de la aeronave Grumman</i>	75
Figura 54. <i>Uso del cepillo de cerdas de acero inoxidable</i>	75
Figura 55. <i>Aplicación de removedor sobre el fuselaje reticular</i>	76
Figura 56. <i>Eliminación de residuos de pintura</i>	77
Figura 57. <i>Recubrimiento de grasa a la estructura del fuselaje</i>	78
Figura 58. <i>Hangar de la empresa LAN-ECUADOR</i>	79
Figura 59. <i>Alojamiento del fuselaje en el interior del área de Sandblasting</i>	80
Figura 60. <i>Instalación de la máquina de Sandblasting</i>	80
Figura 61. <i>Verificación de malla de máquina de Sandblasting</i>	82
Figura 62. <i>Aplicación del abrasivo sobre la estructura</i>	83
Figura 63. <i>Desarrollo del tratamiento anticorrosivo</i>	83
Figura 64. <i>Medidor de perfil de anclaje</i>	85
Figura 65. <i>Capas de pintura aplicadas al fuselaje del avión Grumman</i>	86
Figura 66. <i>Primera capa de 75 micras</i>	87
Figura 67. <i>Cambio de apariencia en la estructura</i>	88
Figura 68. <i>Segunda capa de 75 micras (Hempadur zinc orgánico)</i>	90
Figura 69. <i>Positector 6000</i>	91
Figura 70. <i>Retoque de fallas de pintura en la estructura</i>	91
Figura 71. <i>Antes y después de la ejecución del Sandblasting</i>	92
Figura 72. <i>Diagrama de flujo de análisis del tratamiento anticorrosivo mediante Sandblasting</i>	93
Figura 73. <i>Diagrama de flujo de análisis de tema</i>	94

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Datos técnicos de la aeronave Grumman 164B</i>	22
Tabla 2. <i>Pesos y Velocidades de la aeronave</i>	23
Tabla 3. <i>Ventajas y desventajas del motor PT6 con referencia a otros motores</i>	29
Tabla 4. <i>Factor riesgo y resultado de la corrosión</i>	46
Tabla 5. <i>Tipo y grados de limpieza según Comités encargados del impacto a nivel mundial</i>	47
Tabla 6. <i>Comparación de abrasivos</i>	63
Tabla 7. <i>Número de abrasivo y perfil de anclaje</i>	64
Tabla 8. <i>Matriz de equipos de protección personal para la aplicación del Sandblasting</i>	68
Tabla 9. <i>Herramientas, materiales y EPP'S utilizados en la preparación de superficie</i>	72
Tabla 10. <i>Equipos, herramientas y materiales utilizados en la aplicación del Sandblasting y pintura. Revisar ANEXO C.</i>	72
Tabla 11. <i>Categoría de corrosidad atmosférica</i>	89
Tabla 12. <i>Costos primarios</i>	95
Tabla 13. <i>Costos Secundarios</i>	96
Tabla 14. <i>Costo Total del proyecto</i>	97

Resumen

En el presente proyecto de titulación detalla el procedimiento del tratamiento anticorrosivo y pintura del fuselaje de la aeronave Grumman 164B matrícula HC-BRL perteneciente a la empresa Líneas Aéreas Nacionales (LAN Ecuador) a través de la documentación técnica CPCP (Programa de Control y Prevención de Corrosión). Se realizó el decapado de la pintura de la estructura del fuselaje con el objetivo de preparar la superficie a ser restaurada. Posteriormente, se ejecutó el tratamiento anticorrosivo por el método de Sandblasting, a través de este método se logró remover el óxido, corrosión, escama de laminación y residuos de pintura. Este efecto se llevó a cabo gracias a la acción del abrasivo como es la granalla de acero, mismo que es expulsado por aire comprimido a través de una boquilla. Otro beneficio de este tratamiento es proporcionar a la superficie un acabado marcado que sirve de anclaje para su respectivo recubrimiento logrando restaurar el material del que se encuentra formado el fuselaje reticular. Finalmente se aplicó la pintura zinc orgánica para la protección al metal, al aplicar este tratamiento se logra rehabilitar el fuselaje para posteriormente instalar sus componentes y mantener en condiciones operables a la aeronave en beneficio de la empresa.

Palabras clave:

- **SANDBLASTING**
- **TRATAMIENTO ANTICORROSIVO**
- **GRANALLA DE ACERO**
- **ZINC ORGÁNICO**

Abstract

The following research project details the anti-corrosion coating and fuselage painting procedures of the Grumman 164B aircraft with airplane registration HC-BRL, belonging to the national airline company LAN (Líneas Aéreas Nacionales) through the systematic approach of CPCP (Corrosion Prevention & Control Program). First, the aircraft paint stripping was executed to prepare the surface to be restored. Subsequently, the Sandblasting method was implemented to start with the anti-corrosion surface treatment. Through this process, it was possible to remove rust, corrosion, mill scale and paint residues. This effect was carried out thanks to the action of the steel shot abrasive, which is expelled by air compression through a blasting nozzle. Another benefit of this treatment is to provide the surface with a marked finish that serves as an anchor for its respective coating, thus restoring the material from which the reticular fuselage is formed. Finally, an organic zinc-rich primer was applied for protecting the metal; by applying this treatment, the fuselage rehabilitation is achieved subsequently to install its components and keep the aircraft in operable conditions for the benefit of the company.

Key words:

- **SANDBLASTING**
- **ANTI-CORROSION COATING/ ANTI-CORROSION SURFACE TREATMENT**
- **STEEL SHOT**
- **ORGANIC ZINC**

Capítulo I

1. Planteamiento Del Problema De Investigación

1. 1 Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” considerada como uno de los Centros de Educación Superior más prestigiosos del Ecuador, se encuentra categorizada como clase A cumpliendo su misión en la formación de profesionales de excelencia, con capacidad de liderazgo para contribuir con el desarrollo nacional y atender las necesidades de la sociedad.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” es el único Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil para mecánicos de mantenimiento de aeronaves bajo la RDAC Parte 147 de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador, encargado de formar profesionales de calidad, innovadores que se puedan desenvolver satisfactoriamente en el campo aeronáutico.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica se desarrolla en base a una malla curricular, misma que cuenta con la asignatura de Corrosión y envejecimiento de la aeronave, materia que permite al futuro técnico de mantenimiento de aeronaves contribuir con soluciones inmediatas reduciendo el factor riesgo contra este fenómeno físico producido en los metales que es un problema general para todos los aviones, por medio de programas de control y prevención de corrosión logrando mantener en óptimas condiciones la estructura de la aeronave.

Por consiguiente, el proyecto se trata de un tratamiento anticorrosivo aplicado al fuselaje de una aeronave con el objetivo de restaurarla e incorporarle a la flota de aviones de la empresa LAN-ECUADOR para que pueda ejecutar operaciones requeridas.

1.2 Planteamiento Del Problema

LAN – ECUADOR es una empresa dedicada a la fumigación aérea, a la vanguardia de los servicios de aéreo fumigación con más de 40 años de experiencia creando así confianza al agro ecuatoriano, donde su principal objetivo es asesorar y proteger la producción de cada uno de sus clientes, su base de operaciones es en el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo, adicionalmente cuenta con varias pistas a nivel nacional en el Triunfo, Puerto Inca, Babahoyo y Quevedo, posee una moderna flota de fumigación aérea con tecnología de punta que permite proteger varias plantaciones a nivel nacional con aviones Grumman, Thrush y Air Tractor los mismos que son designados para sus operaciones en cada pista.

Una aeronave de la flota de LAN ECUADOR sufrió un incidente, mientras realizaba un carreteo de pista, en la cual se comprometieron varios componentes entre ellos: secciones de motor y hélice. Debido a esto se suspendió las operaciones de dicha aeronave, generando pérdidas económicas, posteriormente se efectuó la sustitución con otra aeronave, impidiendo a la compañía seguir operando con normalidad y que su flota de aviones este completamente activa.

Por lo tanto, si la aeronave continua en AOG seguirá generando pérdidas económicas, ineficacia en el cumplimiento de pedidos por diversas haciendas y llegando a un caso extremo de pérdida de clientes, lo que resulta un punto crítico para el desarrollo de la compañía. Por esta razón el presente proyecto de tratamiento anticorrosivo y pintura es fundamental para iniciar con la rehabilitación de la aeronave y así la empresa poder satisfacer la demanda de pedidos, además de readecuar las operaciones con normalidad en cada pista.

1.3 Justificación

El avión Grumman HC-BRL a partir del incidente ocurrido ha pasado varios meses en AOG al aire libre en medio de la humedad y otros factores que afectan al fuselaje. En tal razón se justifica el tratamiento anticorrosivo y pintura mediante el manual de Programa de Control y Prevención de Corrosión que requiere la aeronave como uno de los principales pasos para cooperar con su rehabilitación.

De manera que, una vez aplicado este tratamiento anticorrosivo y pintura la aeronave será rehabilitada y consecutivamente retomará sus operaciones en beneficio de la empresa Líneas Aéreas Nacionales logrando así recuperar su herramienta de trabajo, ofreciendo un servicio de calidad para todos sus clientes, cumpliendo con eficiencia en sus pedidos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Aplicar el tratamiento anticorrosivo y pintura del fuselaje de la aeronave Grumman 164B matrícula HC-BRL mediante el manual de Programa de Control y Prevención de Corrosión para la rehabilitación del biplano en beneficio de la empresa Líneas Aéreas Nacionales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información técnica acerca del tratamiento anticorrosivo y pintura de la aeronave Grumman con matrícula HC-BRL.
- Analizar los equipos y materiales utilizados en el procedimiento del tratamiento anticorrosivo.
- Ejecutar de forma practica el tratamiento anticorrosivo y pintura cumpliendo con todos los estándares de calidad.

1.5 Alcance

El presente proyecto de tratamiento anticorrosivo y pintura por medio del manual de Programa de Control y Prevención de Corrosión permitirá a la empresa Líneas Aéreas Nacionales la rehabilitación de la aeronave Grumman HC-BRL. Debido a que si no se aplica este tipo de tratamiento anticorrosivo difícilmente la estructura soportaría las cargas de los diversos componentes de la aeronave cuando se encuentre en vuelo.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Historia Del Avión GRUMMAN 164B

El Grumman G-164 Ag-Cat es un avión biplano agrícola monomotor monoplaza desarrollado por el fabricante estadounidense Grumman Aircraft Engineering Corporation y producido por Schweizer Aircraft.

Grumman subcontrató el programa Ag-Cat a Schweizer Aircraft, quien produjo el Ag-Cat bajo contrato desde 1957 hasta 1980. Schweizer compró el certificado de tipo, incluidos los derechos de producción, en 1980. La producción continuó como Schweizer Ag-Cat hasta 1995.

(Karsten Palt, 2001 - 2019)

Figura 1.

Avión GRUMMAN 164B



Nota: El gráfico muestra la aeronave Grumman del modelo 164B. (Karsten Palt, 2001 - 2019)

2.2 Información General Del Avión Grumman 164B

El Grumman 164 modelo B es un biplano con tren de aterrizaje no retráctil para uso agrícola. Antiguamente la potencia era proporcionada por un motor radial con una hélice de

velocidad constante de paso variable, actualmente se reemplazó este tipo de motores a pistón por motor a turbina llamado PT6 de P&W. (Gulfstream American Corporation, 1978)

Figura 2.

Aviones GRUMMAN 164B



Nota: El gráfico muestra las aeronaves Grumman 164B, uno con matrícula HC-BRL y otro HC-BRM, aeronaves de la empresa LAN Aerofumigación.

2.3 Especificaciones Del Avión Grumman 164B

Tabla 1.

Datos técnicos de la aeronave Grumman 164B

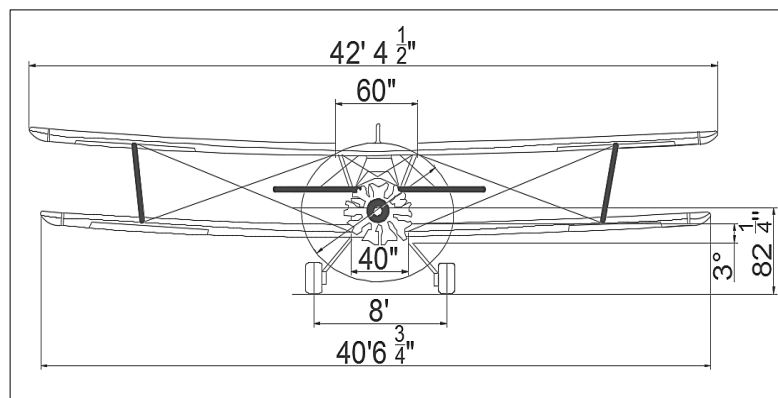
N°	ESPECIFICACIÓN	DATOS/DIMENSIÓN
1	Fabricante	Grumman.
2	Primer vuelo	Año 1957
3	Clase	Aviones agrícolas.
4	Tripulación	1 persona(Piloto)
5	Planta motriz	1 motor (PT6A-34AG)
6	Capacidad	400 gal estadounidenses
7	Longitud	27 pies 7¼ in (8.41 m)
8	Envergadura	42 pies 4½ pulgadas (12.92 m)
9	Altura	2 pies 1 pulg. (3.68 m)
10	Área del ala	392.7 pies ² (36.48 m ²)

Nota: La presenta tabla muestra las dimensiones de la aeronave Grumman

Tabla 2.*Pesos y Velocidades de la aeronave*

N°	ESPECIFICACIÓN	PESO Y VELOCIDADES
1	Peso en vacío	3,150 lb (1,429 kg)
2	Max. peso de despegue	7,020 lb (3,184 kg)
3	Nunca exceda la velocidad	136 nudos (157 mph, 252 km / h)
4	Velocidad de crucero	113 nudos (130 mph, 209 km / h)
5	Velocidad de pérdida	56 nudos (64 mph, 103 km / h)
6	Alcance	172 millas náuticas (198 millas, 318 km)

Nota: Información técnica de pesos y velocidades de tolerancia para la aeronave (Karsten Palt, 2001 - 2019)

Figura 3.*Dimensiones del avión Grumman 164B*

Nota: El gráfico muestra la vista frontal de la Aeronave Grumman conjuntamente con sus dimensiones. (Gulfstream American Corporation, 1978)

2.4 Descripción General Del Motor Pratt & Whitney PT6

2.4.1. Historia De Motor Turbina PT6

Hace 50 años fue el inicio del desarrollo de los motores PT6 a cargo de la compañía Pratt & Whitney Canadá, fabricando más de 130 aplicaciones para aviones y helicópteros comerciales. Además, posee una larga e insigne historia referente a los motores PT6 que han registrado más de 350 millones de horas de vuelo. Exactamente en el año de 1950 P&WC estableció las bases para este tipo de motor, debido a que estudios realizados en el mercado de la compañía obtuvieron como resultado la necesidad urgente de motores turbopropulsores de 250-500 caballos de fuerza (shp) con el objetivo de suministrar motores de mayor potencia para clientes potenciales como Piper, Beech, helicópteros Bell y Cessna.

Durante varios años de investigación, el primer diseño de P&WC fue un motor de 450 shp que podía alcanzar hasta los 500 shp. En comparación con un motor a pistón de la misma potencia los costos fueron similares, pero un motor Turbohélice ofrece una mayor propulsión de 50 millas por hora más rápido, además de ser un motor más silencioso y fácil de mantener. En Junio de 1961 el motor PT6 realiza su primer vuelo de prueba en un Beechcraft modelo 18, posteriormente en el año 1963 inicio su producción y finalmente en 1964 entró en servicio.

Figura 4.

Beechcraft equipado con motor PT6



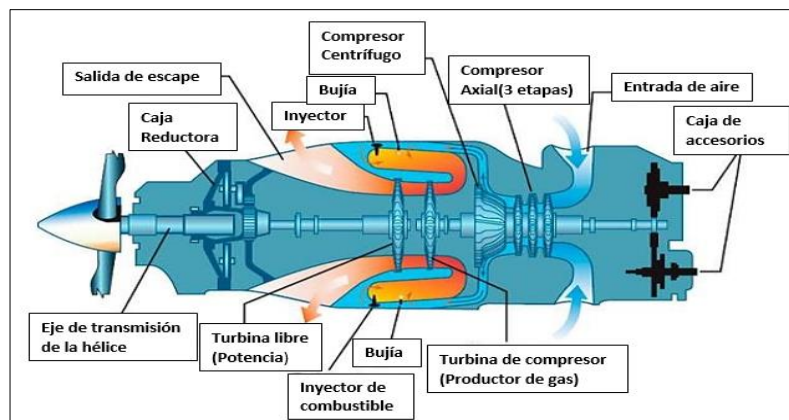
Nota: La gráfica muestra un Beechcraft King Air200 equipada con motor PT6. (HARTZELL, 2018)

El desarrollo del motor Turbohélice PT6 continuo evolucionando con sus tres familias que varían en tamaño pequeño, mediano y grande ofreciendo niveles de potencia únicos entre 500 y 1700 shp. Hay que destacar que es el motor turbohélice más versátil del mercado, gracias a que varios aviones de pasajeros, corporativos, utilitarios, entrenadores acrobáticos y aviones agrícolas son equipados con estas máquinas. (Pratt & Whitney Canada, 1966)

La fuente de poder de la serie PT6A es un motor de turbina libre liviano, producido por Pratt & Whitney Canadá, este tipo de motores son particularmente conocidos por su altísima fiabilidad. PT6 Utiliza dos secciones de turbina independientes: una impulsando el compresor en la sección del generador de gas y la segunda (turbina de potencia de dos etapas) impulsando el eje de la hélice a través de una caja de engranajes de reducción. Revisar ANEXO H. (Pratt & Whitney Canada , 2000, pág. 123)

2.4.2 Funcionamiento Del Motor Turbina PT6

Un motor turbohélice es un motor de turbina de gas que cumple la función de accionar una hélice, puesto que, en esta ocasión la mayor parte de la energía del flujo de gas es empleado para impulsar la hélice, el compresor y no producir la salida del flujo de aire a una tobera, se aproxima que un 90% del empuje es producido por la hélice y el otro 10% restante por los gases de escape. (BockerBook, 2016)

Figura 5.*Vista interna del motor PT6*

Nota: La figura se muestra los componentes internos que operan durante el funcionamiento del motor PT6 (Triana, 2014)

2.4.3 Modernización De Motor Reciproco a Turbina

Los aviones Grumman antiguamente estaban equipados con un motor radial, es decir a pistón configurado en forma de estrella, posteriormente se realizó la conversión a motores a turbina PT6, los primeros motores PT6 en Ecuador fueron adquiridos por la Empresa LAN, dicha modernización se realizó mediante un STC (Certificado Tipo Suplementario) este documento es la aprobación por parte de la FAA para modificar un producto aeronáutico a partir de su diseño original. Revisar ANEXO A.

Además, recordemos que el motor radial tenía un mayor consumo de combustible, en cambio un motor turbina PT6 ofrece una mayor capacidad operativa, es decir la turbina tiene más potencia para poder transportar aproximadamente 400 galones, igualmente por su alta eficiencia y confiabilidad, existe un mejor rendimiento, razones por las cuales se realizó la conversión.

2.5 Secciones Del Motor Turbina PT6

2.5.1 Sección De Aire De Entrada

El aire ingresa por la parte posterior del motor a través de una cámara anular, siguiendo su recorrido hasta llegar al compresor.

2.5.2 Sección De Compresor

El compresor se encarga de incrementar la presión y temperatura del aire ingresado a través de 3 etapas axiales combinado con 1 etapa centrífuga, ensamblado en una sola unidad integral.

2.5.3 Sección De Combustión

La cámara de combustión es de construcción anular, con agujeros de distintos tamaños y configuraciones para obtener: combustión primaria, difusión de temperatura y refrigeración de las paredes de la cámara. Dos igniters (Bujías) se encuentran ubicados en la cámara de combustión los cuales se encargan de la ignición de la mezcla. Los gases calientes generados, son dirigidos a la zona de la turbina.

2.5.4 Sección De Turbina

En este punto, se apaga la ignición, dado que una llama continua ocupa la cámara de combustión. Los gases calientes en expansión se aceleran al pasar por el estator de la turbina del compresor originando un movimiento de rotación en la turbina del compresor.

2.5.5 Sección De Escape

El conducto de salida de los gases consiste en un conducto de acero resistente al calor en forma divergente con una o dos salidas al exterior, según modelo de motor. Los gases que se encuentran aún en expansión atraviesan las turbinas de potencia y suministran energía rotacional para mover el eje de la hélice.

2.5.6 Sección De Caja Reductora

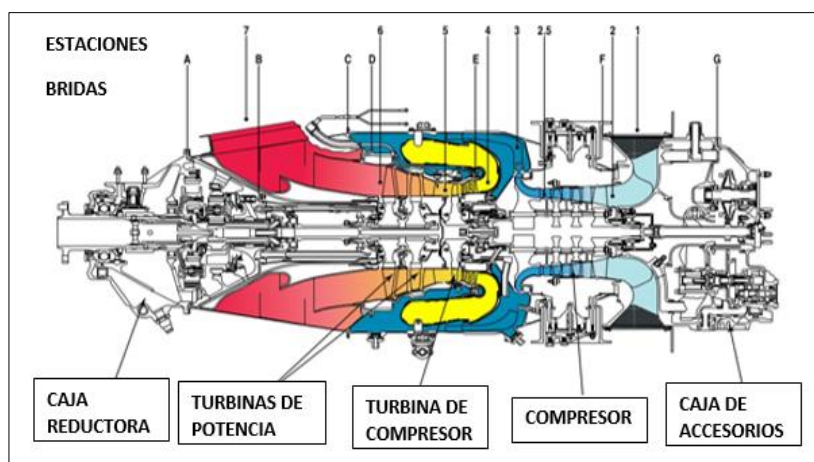
La caja reductora está localizada en la parte frontal del motor y consiste de dos carcasas de fundición de magnesio atornillada a la pestaña frontal del conducto de salida de los gases. La caja reductora disminuye la velocidad de la turbina de potencia hasta alcanzar la apropiada para el funcionamiento de la hélice (aproximadamente 1700 – 2200 r.p.m.).

2.5.7 Sección De Caja De Accesorios

La caja de accesorios está situada en la parte posterior del motor y está compuesta de dos carcasas de aleación de magnesio. (PRATT & WHITNEY CANADA, 2000)

Figura 6.

Secciones del motor PT6



Nota: La gráfica muestra las secciones que conforma el motor PT6, además de sus estaciones y bridas de sujeción. (Pratt & Whitney Canada Corp., 2002)

2.6 Ventajas y Desventajas Del Motor Turbina PT6

Tabla 3.

Ventajas y desventajas del motor PT6 con referencia a otros motores

N°	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1	Son muy eficientes en trayectos de corto alcance (Vuelos regionales).	Su velocidad está limitada por la resistencia de la hélice.
2	Económicos en consumo de combustible.	A velocidades cercanas a 0.5 Mach el sistema de propulsión mediante hélice ya es menos eficiente que el sistema turbofán.
3	Es un motor liviano que por sus características puede proporcionar un mejor rendimiento durante la fase de despegue.	Posee una mayor área frontal, por lo tanto necesita un tren de aterrizaje más alto.
4	Posee menor número de piezas móviles en comparación con otros motores, por tal motivo es más confiable en términos de aspecto mecánico.	Genera mayor ruido en comparación con un motor turbofán.

Nota: Descripción de las ventajas y desventajas un motor PT6 con relación a consumo de combustible, autonomía y ruido.

2.7 Estructuras

2.7.1 Fuselaje De La Aeronave GRUMMAN 164B

El fuselaje contiene la tolva, una cabina sellada, compartimiento de equipaje y la sección posterior. El diseño del cigarro de esta aeronave es de construcción tubular de metal cubierta por aluminio con una pared de fuego encargada de aislar la parte frontal donde se encuentra

situado el motor y en la parte posterior el fuselaje. Los paneles laterales, delanteros, centrales y posteriores están enlazados a cada lado del fuselaje utilizando accesorios de bloqueo para una fácil extracción.

Además, está conformado por un dosel de estructura de acero con un parabrisas curvo, puertas laterales con bisagras, puerta superior de la misma forma y ventanas laterales posteriores que sellan la cabina. Asimismo, el compartimiento de equipaje está ubicado detrás del asiento del piloto y es de fácil acceso,

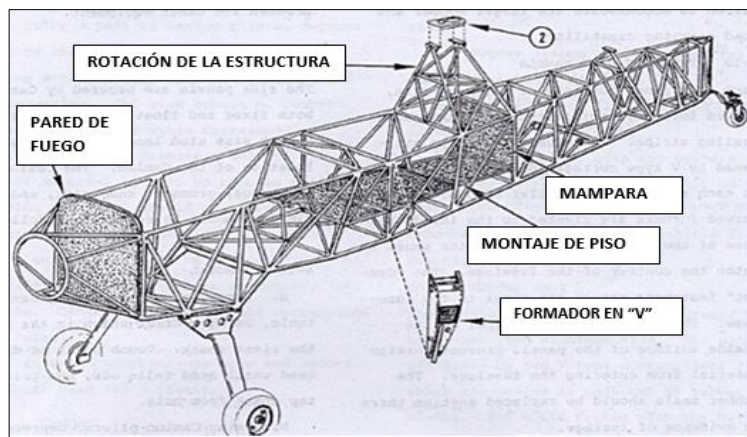
La aeronave incorpora una instalación de cinturón de seguridad y arnés de hombro que está anclada a la estructura del fuselaje. En cambio el grupo de alas consta de dos paneles de ala superior atornillados a la sección central del ala superior, dos paneles de ala inferior atornillados a los largueros inferiores, junto con puntales y alambres necesarios para aparejar las alas. Las alas son de construcción convencional de dos vigas con costillas, costillas intermedias y de borde posterior, cubiertas por una piel de aluminio en la superficie superior y tela en la superficie inferior.

El sistema de combustible estándar en el G164A & B consiste en un tanque de 46 galones instalado en la sección central del ala superior. Por otra parte el grupo de cola consiste en una aleta vertical, timón, estabilizador horizontal y elevador construido con tubos de acero y nervaduras de canal de acero cubierto con tela de algodón dopada y alambres aerodinámicos.

El tren de aterrizaje principal se asegura al fuselaje por medio de dos placas de soporte que se atornillan a los largueros inferiores y a la viga del tren de aterrizaje. Además, el avión tiene una rueda trasera orientable que es operada por los pedales del timón. El conjunto de patín de cola está soportado por una pata de resorte de acero para absorber el impacto del aterrizaje. Ver ANEXO G. (Gulfstream American Corporation, 1978)

Figura 7.

Fuselaje de la aeronave Grumman 164B



Nota: En la gráfica se muestra el cigarro de la aeronave con sus largueros, cuadernas y diagonales.

(Gulfstream American Corporation, 1978)

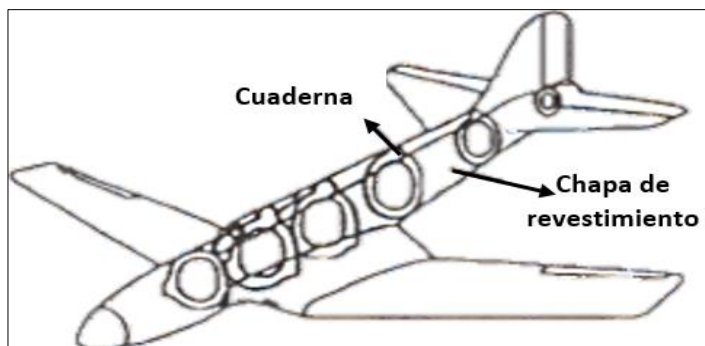
2.8 Tipos De Construcción De Fuselaje

Los fuselajes son de tres tipos: reticular, monocasco y semimonocasco.

2.8.1 Fuselaje Monocasco

Es una construcción que tiene origen en la industria naval, los primeros aviones con este diseño fueron antiguamente los hidroaviones construidos a base de madera.

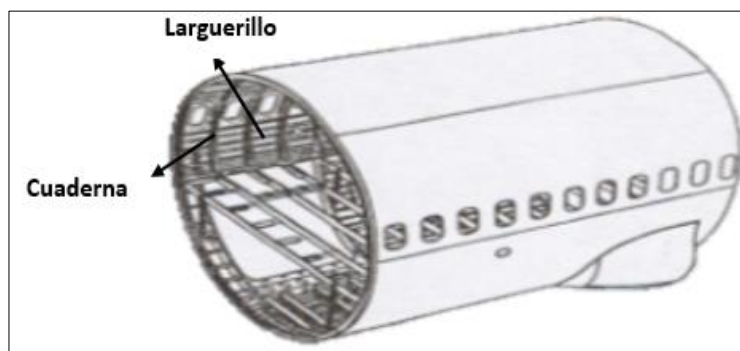
El fuselaje monocasco está conformado por un tubo en cuyo interior se sitúan en intervalos una serie de armaduras verticales, las mismas que son conocidas como cuadernas. Las cuadernas cumplen la función de dar forma y rigidez al tubo. También, es importante mencionar que el término monocasco quiere decir “todo en una pieza”. (Oñate, 1997)

Figura 8.*Fuselaje monocasco*

Nota: La gráfica muestra la estructura monocasco, compuesta de revestimiento de chapa externo resistente y cuadernas verticales. (Oñate, 1997, pág. 46)

2.8.2 Fuselaje Semimonocasco

El fuselaje semimonocasco es una construcción estándar en la actualidad, mejorando la composición estructural de un fuselaje monocasco. Está compuesto por largueros, larguerillos y cuadernas. Los largueros se sitúan uniendo cuadernas a lo largo del eje longitudinal del fuselaje, mientras que los larguerillos cumplen la una función secundaria de refuerzo. (Oñate, 1997)

Figura 9.*Fuselaje semimonocasco*

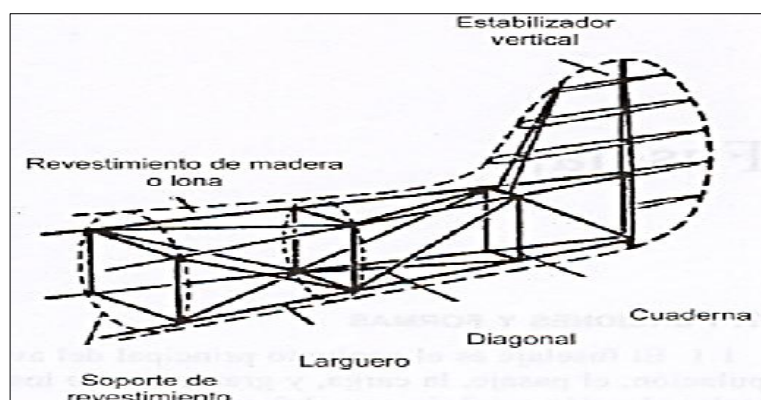
Nota: La gráfica muestra la estructura semimonocasco, constituida por cuadernas (elementos circulares), largueros y larguerillos (elementos longitudinales). (Oñate, 1997, pág. 48)

2.8.3 Fuselaje Reticular o Tubular

El fuselaje reticular o también conocido como fuselaje tubular, se fabrica con tubos de acero, soldado, dispuesto en forma de tirantes sobre cuadernas, las cuadernas son elementos encargados de brindar rigidez a la estructura. (Oñate, 1997, pág. 46)

Figura 10.

Fuselaje Reticular



Nota: En la gráfica se muestra la estructura reticular conjuntamente de sus elementos: diagonales, largueros, cuadernas. (Oñate, 1997, pág. 46)

Se debe destacar que la aeronave Grumman 164B está conformado un por un fuselaje reticular, la estructura de este tipo de aeronave es cubierta con planchas de madera, planchas metálicas o más habitual con lona, de manera que adquieren una forma uniforme y aerodinámica.

2.9 Importancia De La Estructura

La importancia del fuselaje se distingue de los demás elementos por ser el cuerpo principal de la estructura de una aeronave, llegando a ser fundamental por las diversas y complicadas funciones que cumple como por ejemplo: Proporcionar cabida a la tripulación,

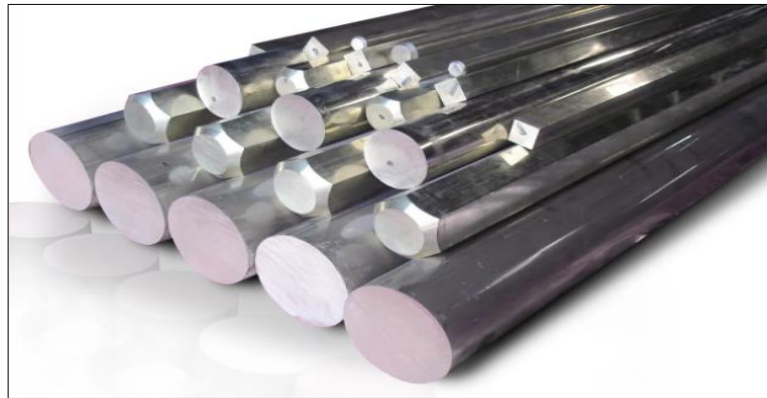
pasajeros y carga, servir de soporte principal de varios componentes robustos que conforman una aeronave, ofrecer conexión estructural al resto de componentes como alas, cola, tren de aterrizaje, también alberga sistemas y equipos que mantienen al avión en perfecto funcionamiento, además, se debe indicar que el grupo motopropulsor del avión Grumman 164B está contenido en el fuselaje. (Navarro, s.f.)

2.10 Material De Composición De La Estructura

El fuselaje del avión GRUMMAN 164B fue fabricado completamente de tubos de acero al cromo molibdeno SAE 4130 y posteriormente el primer que corresponde a un cromato de zinc a base de epoxi. Por el contrario, el parabrisas, la puerta superior y posterior está construido de plexiglás de plástico acrílico, mientras que las puertas laterales de policarbonato. (Gulfstream American Corporation, 1978)

Figura 11.

Acero al cromo-molibdeno



Nota: En gráfica se muestra los tubos de acero al cromo-molibdeno que cumplen la norma de grado SAE4130 (Hernández, 2018)

2.11 Corrosión En Las Aeronaves

En la actualidad los aviones son fabricados de materiales muy ligeros, los mismos que son altamente reactivos a contaminantes en la atmósfera. Un claro ejemplo es la sal que se encuentra en el aire específicamente en las regiones costeras y contaminantes industriales como algunos de los factores principales que atacan la estructura de las aeronaves.

La corrosión es una aleación electro-química compleja que causa que los metales se transformen en sus sales y óxidos. Dichas sustancias en forma de polvos reemplazan al metal y causan severa pérdida de resistencia en la estructura. Para que se forme la corrosión, se deben cumplir tres requerimientos:

- La existencia de diferencia de potencial eléctrico dentro del metal.
- La existencia de un conductor entre estas dos áreas de diferente potencial eléctrico
- La existencia de alguna forma de electrolito o fluido cubriendo las dos áreas.

La corrosión es un proceso natural y su prevención es casi imposible, no obstante se puede controlar. La persona encargada de esta función es el técnico de aeronaves quien es la persona encargada de evitar o remover mínimo uno de los requisitos para que exista corrosión, de esto depende mucho la longevidad de la estructura del avión.

La principal recomendación que encontramos en varios libros es la limpieza de las superficies gracias a su efectividad para controlar la corrosión. El inicio de la corrosión se produce cuando la humedad permanece en contacto con la superficie de metal por acumulación de suciedad o grasa. El éxito clave para mantener en buenas condiciones la estructura de una aeronave se debe conservar perfectamente seca y limpia. Además, que la esencia del control de la corrosión es por lo tanto prevención antes que remoción.

Cuando la corrosión ya se haya formado, lo único que el técnico puede hacer es remover todos los productos de la corrosión, tratar la superficie para formar una película de óxido no porosa y restaurar el acabado decorativo y protector de la superficie. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

Figura 12.

Aeronave completamente corroída



Nota: La gráfica muestra una aeronave afectada en su totalidad por la corrosión, su apariencia es el efecto de permanecer por varios meses en la profundidades del mar (*Admin, 2013*)

2.12 Clasificación De La Corrosión

2.12.1 Oxidación

Una de las formas más simples de corrosión y quizás la más familiar, la corrosión seca o como se le conoce generalmente. Oxidación, cuando un metal como el aluminio se expone a un gas conteniendo oxígeno, ocurre una reacción química en la superficie entre el metal y el gas.

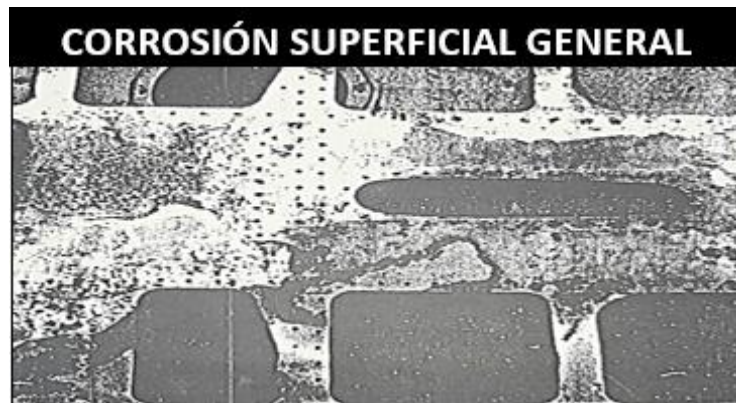
2.12.2 Corrosión Superficial Uniforme

Este tipo de corrosión podemos encontrar en un metal desprotegido, que se expone a una atmósfera contaminada por humos de batería, gases de escape o contaminantes industriales, por esta razón, tenemos como resultado un ataque uniforme sobre toda la

superficie. En términos específicos lo que obtenemos son cantidades microscópicas de metal convertido en sales de corrosión, en caso de no realizar su respectiva remoción se formará una superficie rugosa por puntos de corrosión.

Figura 13.

Corrosión superficial uniforme



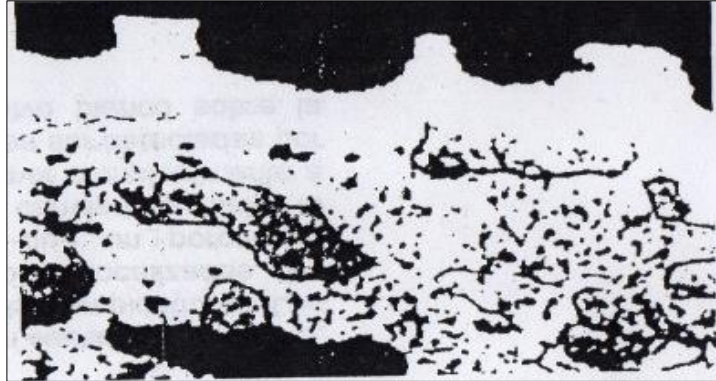
Nota: La gráfica muestra un metal convertido en sales de corrosión. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.3 Corrosión Por Picaduras

Una corrosión superficial uniforme sin tratamiento tiene un proceso lógico continuo que en lo posterior se convierte en picaduras. La acción corrosiva continúa hasta un cierto porcentaje del espesor del metal que se convierte en sales y en casos extremos acabar con el metal por completo. Una forma de identificar este tipo de corrosión es mediante inspección visual la apariencia de depósitos de polvo blanco sobre la superficie.

Figura 14.

Corrosión por picaduras

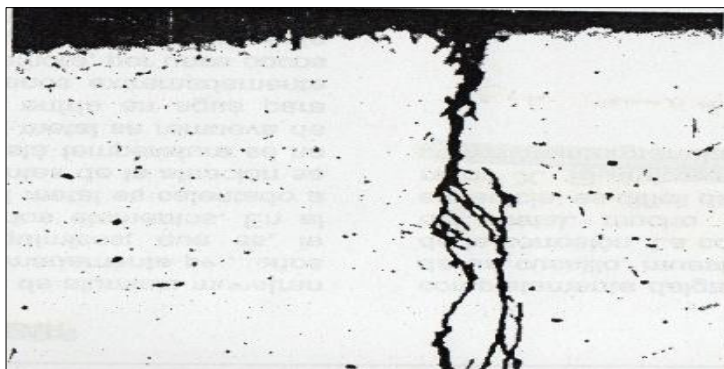


Nota: La gráfica muestra el espesor de metal convertido en sales de corrosión. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.4 Corrosión Intergranular

La corrosión intergranular, ocurre dentro del metal, mucho más frecuentemente que en la superficie, es difícil detectarla sin equipo de ultrasonido o rayos X. El único arreglo práctico y seguro para la corrosión intergranular es el remplazo de la parte.

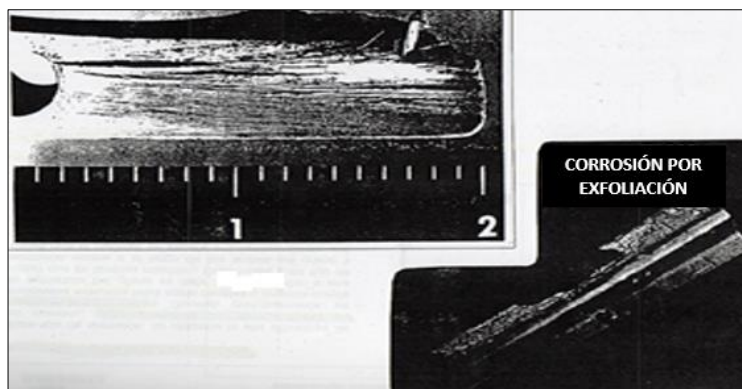
Los puntos de soldadura o cordones de soldadura pueden causar el avance de la corrosión intergranular en el interior del metal. No obstante, en los manuales de las diferentes aeronaves debería existir un programa de inspección que utilice pruebas NDT para prevenir este tipo de corrosión

Figura 15.*Corrosión Intergranular*

Nota: La gráfica muestra una grieta en el interior del metal. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.5 Corrosión Por Exfoliación

Se produce normalmente en un caso extremo de corrosión intergranular, además este tipo de corrosión afecta en materiales obstruidos, que son materiales que han sido construidos a altas temperaturas. Se debe indicar que ocurre principalmente en canales o ángulos.

Figura 16.*Corrosión por exfoliación*

Nota: La gráfica muestra un metal internamente destruido a causa de la corrosión por exfoliación (Internamente con rajaduras). (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.6 Corrosión Galvánica

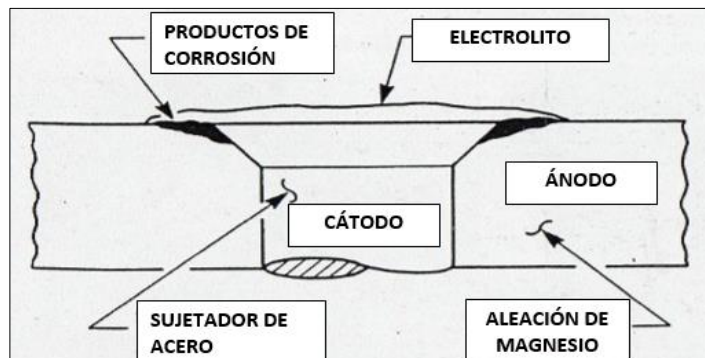
Ocurre en cualquier momento siempre y cuando se hagan presente estas dos condiciones.

- Dos metales disimiles entren en contacto de tal manera que esto proporcione una trayectoria para el flujo de electrones.
- Sus superficies comunes se cubran con el mismo material para que sirva como un electrolito.

Comúnmente la corrosión galvánica aparece cuando las pieles disimiles se remachan juntas o donde los registros de inspección de aluminio se fijan a la estructura con tornillos de acero.

Figura 17.

Corrosión Galvánica



Nota: La gráfica muestra la aparición de corrosión galvánica a causa de remachar pieles disimiles juntas. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

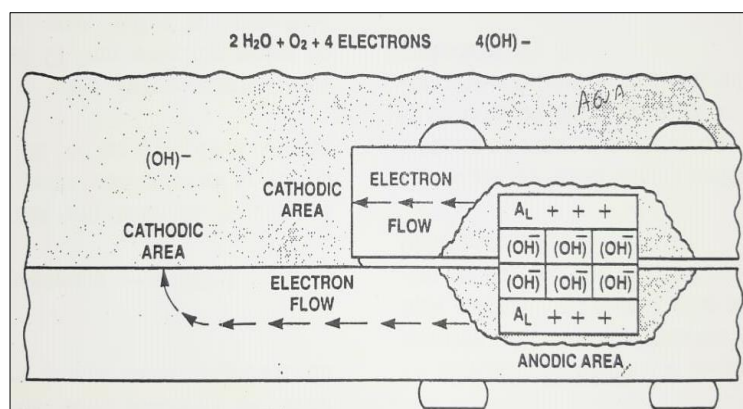
2.12.7 Corrosión En Celdas De Concentración

2.12.7.1 Celda De Concentración De Oxígeno.

Cuando el agua se encarga de cubrir la superficie de un metal como por ejemplo las pieles de aluminio de la aeronave y se escurre entre las uniones por traslape de láminas, debido a que el agua en un área abierta rápidamente absorbe oxígeno formando aire, entonces se atrae electrones del metal para formar iones negativos de hidróxido.

Figura 18.

Corrosión por celda de concentración de oxígeno

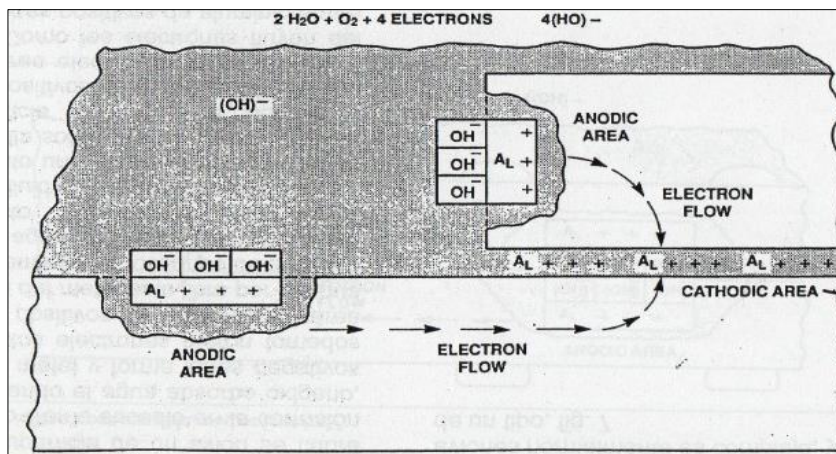


Nota: La gráfica muestra el flujo de electrones por celdas de concentración de oxígeno. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.7.2 Celda De Concentración De Ión Metálico. El potencial eléctrico dentro de un metal depende de los diferentes metales que forman la aleación, se puede causar una diferencia de potencial si un electrolito teniendo una concentración diferente de iones del metal cubre la superficie. Estos iones de hidróxido se unen a los iones de aluminio para formar corrosión de hidróxido de aluminio.

Figura 19.

Corrosión por celda de concentración de Ión metálico

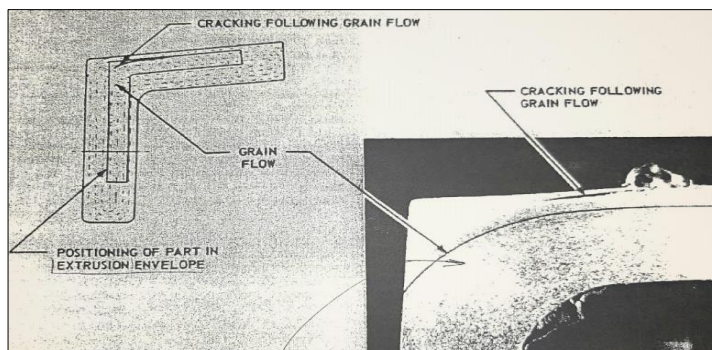


Nota: En la gráfica se muestra el proceso electroquímico que forma una celda de concentración de Ión metálico (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.8 Corrosión Por Esfuerzo

Ocurre cuando el metal está sujeto a un esfuerzo de tensión, dichos esfuerzos en el metal pueden venir de un temple inadecuado después de un tratamiento térmico, de forma similar, las roturas causadas por estos esfuerzos de corrosión crecen aceleradamente porque el ataque corrosivo se concentra en los extremos de la parte corroída.

No obstante, una forma para evitar la corrosión por esfuerzos es mediante un proceso de endurecimiento por trabajo en frío. El endurecimiento anteriormente mencionado cumple la función de soportar los esfuerzos de tensión antes de la acción corrosiva. Su apareamiento común en entre los remaches en una piel cargada, alrededor de bujes o herrajes tubulares ahusados.

Figura 20.*Corrosión por esfuerzos*

Nota: La gráfica muestra la corrosión por esfuerzos identificada en el extremo de un metal en forma de "L". (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

2.12.9 Corrosión Por Desgaste

Aparece cuando dos superficies se encuentran ajustadas apretadamente, las mismas que pueden moverse relativamente una con respecto a la otra. Estas superficies normalmente no están completamente cerradas de tal modo que desarrollan una película protectora deseable. Sin embargo, se destruye por el roce continuo.

La corrosión por desgaste puede ser evitada con el uso de lubricantes. De igual forma dicha corrosión se hace presente alrededor de las cabezas de los remaches.

Figura 21.*Corrosión por desgaste*

Nota: La gráfica muestra la cabeza de 2 remaches donde se evidencia la corrosión por desgaste.

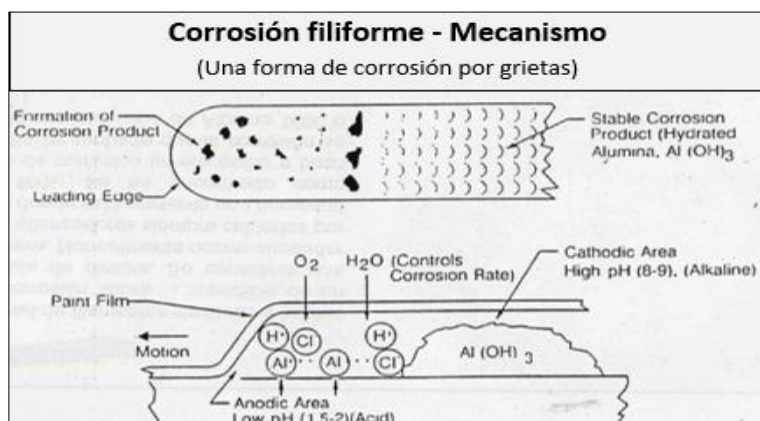
2.12.10 Corrosión Filiforme

La corrosión filiforme podemos encontrarla debajo de la capa de pintura, específicamente cuando la pintura se encuentra inflada, es decir al momento de realizar una inspección visual encontramos ampollas en la pintura nos indica que los granos de sal tienen más volumen, razón por la cual tiende a levantar la pintura.

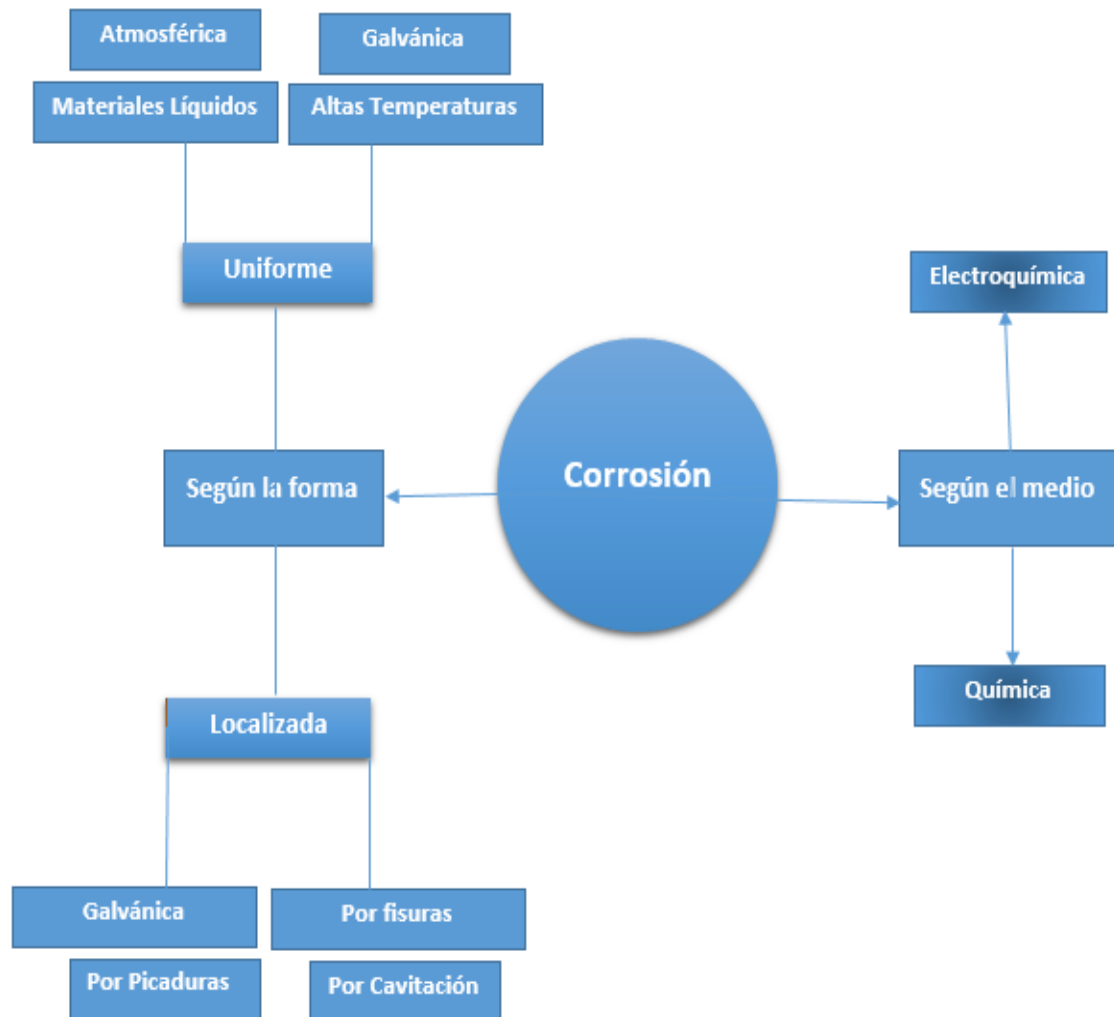
Por otra parte se ha comprobado que la corrosión se puede controlar perfectamente con una capa de Alodine 1000 o 1200.

Figura 22.

Corrosión Filiforme



Nota: La gráfica muestra el apareamiento de la corrosión filiforme debajo de la capa de pintura y su proceso electroquímico. (Centro de capacitación Alas de América S.A. , 2000)

Figura 23.*Tipos de Corrosión*

Nota: En la gráfica se puede observar un mapa mental con la clasificación de la corrosión.

2.13 Localización Típica De La Corrosión En Una Aeronave

La corrosión puede aparecer en cualquier lugar de la aeronave. No obstante, hay zonas de mayor potencial de riesgo. (Oñate, 1997, pág. 83)

Tabla 4.*Factor riesgo y resultado de la corrosión*

ZONAS DE MAYOR POTENCIAL DE RIESGO DE CORROSIÓN EN UNA AERONAVE		
N°	Factor	Zona afectada (Corrosión)
1.	Salida de los gases	Zona de los motores
2.	Desprendimiento de vapores	Área de acumuladores eléctricos
3.	Restos orgánicos	Zona de lavabos y acondicionamiento de comida
4.	Barro acumulado	Tren de aterrizaje
5.	Humedad, agua de lluvia	Pisos, puertas y soportes

Nota: En la tabla se muestra que factores negativos contribuyen en la formación de la corrosión en áreas específicas de las aeronaves.

2.14 Preparación De Superficies Mediante Sandblasting

2.14.1 Comités Encargados Del Impacto De La Corrosión a Nivel Mundial

- Steel Structures Painting Council (SSPC)
- National Association of Corrosion Engineers (NACE)
- Swedish Standard (SIS)
- British Standard (BIS) BIS 4232

2.14.2 Preparación De Superficies Metálicas

El objetivo principal de la preparación de superficies metálicas consiste en eliminar todas las impurezas que son susceptibles de provocar errores prematuros sobre el sistema que protege la pintura; lo que causa una superficie que sea de fácil impregnación y una adherencia adecuada para el recubrimiento aplicado. (CYM Materiales S.A., 2015).

2.15 Grados De Limpieza De Una Superficie

Tabla 5.

Tipo y grados de limpieza según Comités encargados del impacto a nivel mundial

Tipo de Limpieza	SSPC	NACE	SIS
Solvente	SP1	-	-
Manual	SP2	-	-
Mecánica	SP3	-	-
Abrasivo metal blanco	SP5	NACE 1	Sa 3
Abrasivo nivel comercial	SP6	NACE 3	Sa 2
Abrasivo ligero	SP7	NACE 4	Sa 1
Química	SP8	-	-
Abrasivo metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 ½
Agua a altas presiones	SP12	NACE 5	-

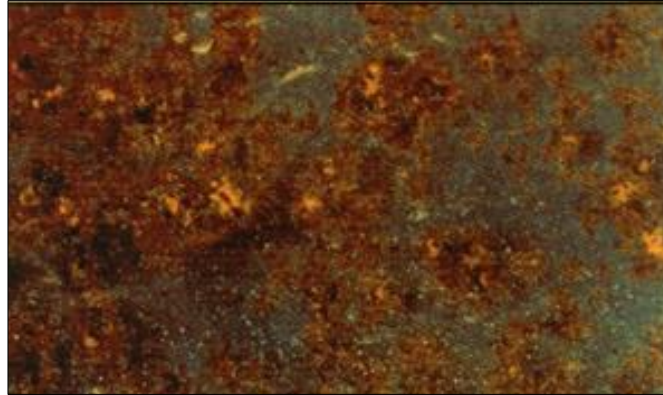
Nota: En la tabla se muestra los grados de limpieza de superficies metálicas establecidos según los comités encargados del impacto de la corrosión a nivel mundial

2.15.1 Ejemplos De Granallado Para Sandblasting Con Abrasivos

- Superficie a tratar mediante Sandblasting: Acero con ligera oxidación y pequeñas escamas descascarilladas.

Figura 24.

Acero con ligera oxidación

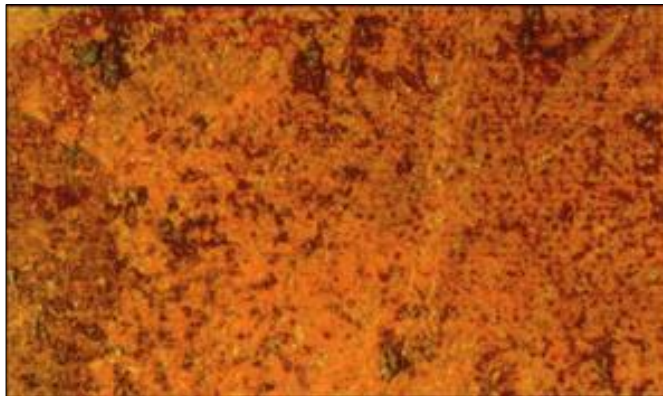


Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

- Superficie a tratar mediante Sandblasting: Acero oxidado con la primera lamina completamente desprendidas.

Figura 25.

Acero oxidado

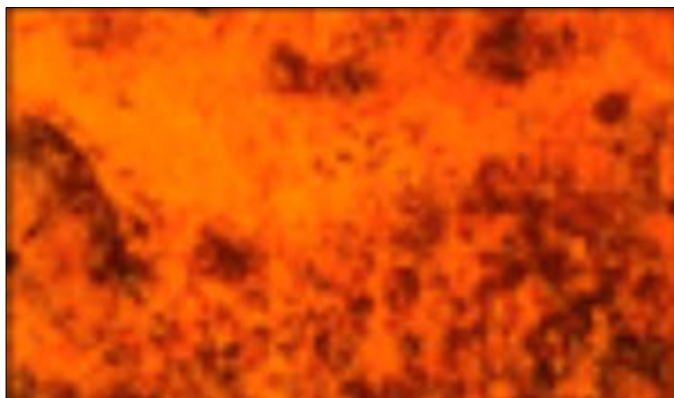


Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

- Superficie a tratar mediante Sandblasting: Acero completamente oxidado con degradación en la superficie.

Figura 26.

Acero completamente oxidado



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecndefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.15.2 Limpieza por chorro abrasivo al grado superficial o “BRUSH OFF” (SSPC-SP7)

Este tipo de limpieza es una manera de preparar dicha superficie para sea pintada, para una remoción de cascarilla y pintura suelta que se presente por impacto abrasivo mediante una tobera del aire comprimido, por lo que dicha superficie debe estar limpia y libre de estos materiales.

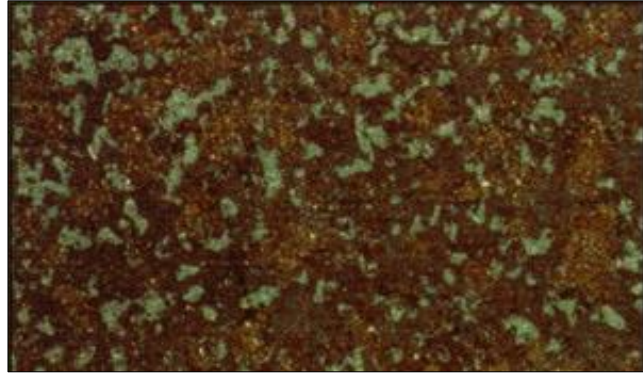
Dicha cascarilla de laminado residual y la pintura deberán estar bien adheridas y la vez deben ser delgadas; sin embargo la superficie debe ser algo rugosa para que la unión con la pintura y la adhesión sea la adecuada.

Para el acabado final se determina que todas las cascarillas, herrumbre y residuos de pintura sean removidas por completo, pero no debe realizar esta acción sobre las que están adheridas por completo (Columbec del Ecuador S.A., 2019) .

Sandblasting Brush Off (SSPC-SP7) en ligera oxidación

Figura 27.

SP7 en ligera oxidación



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Brush Off (SSPC-SP7) en superficie oxidada

Figura 28.

SP7 en superficie oxidada

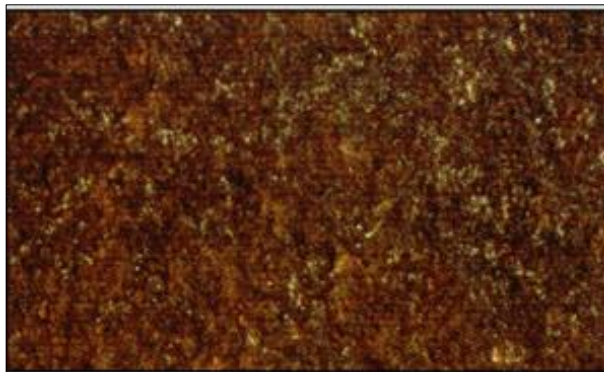


Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Brush Off (SSPC-SP7) con mucho oxido

Figura 29.

SP7 con mucho oxido



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecndefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.15.3 Limpieza Por Chorro Abrasivo Al Grado Gris Comercial (SSPC-SP6)

Este tipo de limpieza está determinada al preparar las superficies metálicas para posteriormente pintarlas, es indispensable remover las cascarillas de cualquier material extraño con la utilización de abrasivos por toberas de aire comprimido.

Al final del acabado la superficie que se ha limpiado mediante esta técnica se determina como aquella donde la suciedad, grasa, aceite se han eliminado en su totalidad de la herrumbre a excepción de las ligeras sombras causadas por mancha de las mismas.

Es importante considerar que si tiene salpicaduras la superficie se puede identificar herrumbre y residuos de pintura al visualizar al fondo por lo que 2/3 de cada pulgada cuadrada de la superficie no se encontrará con residuos claramente visibles y lo restante se encontrará bajas decoloraciones o residuos como se citó anteriormente (Columbec del Ecuador S.A., 2019).
Sandblasting Gris Comercial (SSPC-SP6) en ligera oxidación

Figura 30.

SP6 en ligera oxidación

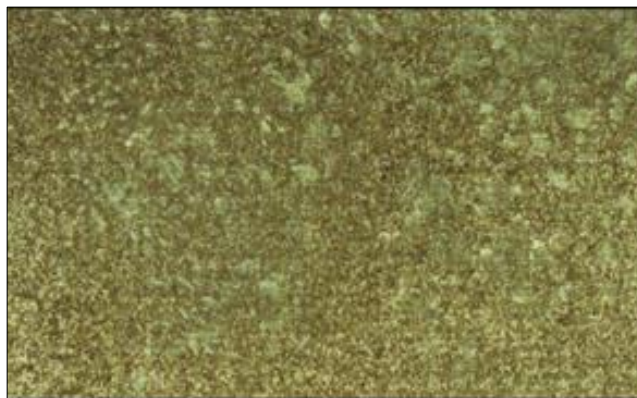


Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Gris Comercial (SSPC-SP6) en superficie oxidada

Figura 31.

SP6 en superficie oxidada



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Gris Comercial (SSPC-SP6) con mucho oxido

Figura 32.

SP6 con mucho oxido



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecndefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.15.4 Limpieza Por Chorro Abrasivo Al Grado Casi Blanco (SSP-SP10)

La limpieza por chorro abrasivo al grado casi blanco es una forma para preparar las superficies de metal mediante la remoción de todo tipo de cascarilla, residuo y materias extrañas mediante la utilización de una tobera de aire comprimido

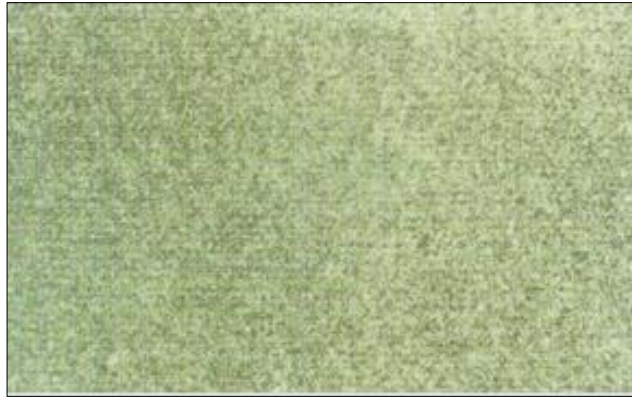
Para el acabado final es indispensable que se limpie mediante este método en donde todo tipo de residuo se remueve por completo de la superficie a excepción de aquellas consideradas como sombras ligeras o ligeras decoraciones que han sido causadas por herrumbre.

Se debe dejar libre de residuos visibles en al menos al 95% por lo que el porcentaje restante deben ser ligeras decoloraciones (Columbec del Ecuador S.A., 2019) .

Sandblasting Casi Blanco (SSPC-SP10) en ligera oxidación

Figura 33.

SP10 en ligera oxidación



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Casi Blanco (SSPC-SP10) en superficie oxidada

Figura 34.

SP10 en superficie oxidada



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Sandblasting Casi Blanco (SSPC-SP10) con mucho oxido

Figura 35.

SP10 con mucho oxido



Nota: Gráfico recuperado de Columbec Tecniddefensa (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.16 Procesos y Materiales Utilizados En El Control De La Corrosión

2.16.1 Información General Sobre El Proceso De Sandblasting y Preparación de Superficies

Tiempo atrás el chorro de arena abrasivo se ha considerado una pieza clave para la preparación y limpieza de las superficies por lo que la utilización de aire comprimido sirve para propulsar la superficie revestida o no; es un método sencillo en el momento de transformar el aire comprimido conjuntamente con las partículas abrasivas para un tratamiento efectivo por lo que es necesario la oportuna utilización de herramientas diseñadas para que el uso sea el adecuado (Columbec del Ecuador S.A., 2019) .

Figura 36.

Equipos para Sandblasting



Nota: La gráfica muestra la tolva, boquilla y compresor de Sandblast. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.17 Equipos y Herramientas

2.17.1 Compresor

Para realizar un arenado de alta producción, es la representación de la fuente energética, así como el arenado. Es importante el aire comprimido puesto que aporta en el funcionamiento de la máquina de arenado y para el adecuado transporte de los materiales abrasivos hacia la boquilla, de esta manera realizar la operación de las válvulas y todos los accesorios; a la vez suministrar aire para que el operador pueda respirar.

El proceso de Sandblasting requiere de un suministro estable de aire a alta presión (PSI= libras por pulgada cuadrada) y da un alto volumen (cfm= pies cúbicos por minuto) y finalmente un alto nivel de pureza cuando se utiliza con aire para respirar.

Figura 37.

Compresor de aire



Nota: En la gráfica se muestra el compresor de aire con doble toma, utilizado en la aplicación del Sandblasting.

2.17.2 Boquillas De Sandblasting

Las boquillas más populares utilizadas en la mayoría de aplicaciones de arenado son fabricadas de carburo de tungsteno, sílice y boro debido a su durabilidad. Además, se recomienda que la línea de aire debería ser tan grande como fuese posible, con conexiones que no restrinja el flujo de aire. Dicho principio se aplica en líneas de aire de hasta 100 pies. Es importante mencionar que el diámetro de la manguera de Sandblasting debe ser como mínimo cuatro veces en relación a la boquilla en referencia al orificio

El aire fluye mejor siempre y cuando sean conexiones no restrictivas, mantenga una postura recta y por lo que debe establecerse en tramos cortos sin que se presenten curvas que promuevan las pérdidas de presión (Columbec del Ecuador S.A., 2019).

Figura 38.*Boquillas de Sandblasting*

Nota: En la gráfica se muestra una variedad de boquillas y mangueras utilizadas en la aplicación del Sandblasting. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.17.3 Separador De Humedad

El filtro es un separador del secador y humedad que tiene la finalidad de eliminar todos aquellos tapones de abrasivos como resultado de la línea del aire dada por el agua. Como todos conocemos el agua y el aceite son enemigos de los equipos de arenado. Todos los compresores liberan humedad como un sub-producto proveniente del proceso de compresión del aire.

Un filtro de aire, instalado en la entrada de aire a la máquina de Sandblasting, remueve el aceite y el agua que ya se haya condensado en las líneas de aire. Los secadores de aire tienen mayor efectividad cuando se trata de eliminar humedad y aceite. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Figura 39.

Máquina de Sandblasting con separador de humedad



Nota: La gráfica muestra un separador de humedad instalado en la entrada de la máquina de Sandblasting. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Conjuntamente el aire con aquellos materiales abrasivos atraviesa mediante las válvulas, mangueras, tuberías y acoples que tienen una forma cilíndrica. Cualquier reducción en el diámetro de los elementos mencionados provocara una disminución en el ratio de flujo.

2.17.4 Tolva o Máquina De Sandblasting

Esta máquina dispone de cabezas cóncavas para facilitar un llenado rápido y un sellado automático con una válvula cónica de cierre y una pieza de metal en forma de cono con su respectivo revestimiento para obtener una mayor resistencia al desgaste. Casi la totalidad de máquinas presentan un fondo cónico de 35° de ángulo con la finalidad que fluya el abrasivo en la válvula dosificadora. Asimismo, se recomienda instalar un regulador de presión con un manómetro en la máquina de arenado para ajustar y monitorear la presión de aire (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Figura 40.

Válvula dosificadora



Nota: En la gráfica se muestra una amplia gama de válvulas dosificadoras empleadas en el Sandblasting (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.17.5 Controles Remotos

Las máquinas de Sandblasting requieren el uso de controles remotos para que su operación sea segura y eficiente. La razón del uso de estos controles remotos es por los casos suscitados cuando el operador perdiese el control de la boquilla, sea accionado y controlado rápidamente por la persona a cargo del control remoto evitando así posibles lesiones en el personal que se encuentre trabajando en dicha área. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.17.6 Mangueras y Acoples

Estas herramientas permiten reducir las pérdidas causadas por fricción. Por esta razón, debe ser de calidad, disipadoras de electricidad estática y diseñada para la presión adecuada de trabajo. Los acoples de las mangueras forman un sello hermético al momento que se ajustan unos con otros.

2.17.7 Abrasivo

Los abrasivos metálicos generalmente son partículas de acero. Aplicados en la limpieza, preparación de superficies y granallado. Específicamente, la preparación de superficies consiste en una serie de operaciones que incluyen la limpieza y la modificación física de una superficie.

La granalla de acero se utiliza para limpiar superficies metálicas que están cubiertas con escamas de fabricación, suciedad, óxido o revestimientos de pintura y para modificar físicamente superficies metálicas con el fin de crear rugosidad con vistas a obtener una mejor aplicación de pinturas y revestimientos.

Figura 41.

Aplicación de Sandblasting



Nota: En la gráfica se muestra un operador aplicando el abrasivo sobre una superficie metálica.

(Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.17.8 Abrasivos Metálicos

En la actualidad se utilizan dos tipos de abrasivos metálicos: granallas y perdigones o más conocidos como angular y esférico, los mismos que son empleados en la preparación de superficies. La granalla angular produce un corte mayor para la consecución del perfil de rugosidad.

Figura 42.

Granalla de acero angular



Nota: Gráfico recuperado de SIKA Colombia (SIKA Colombia S.A.S., 2015)

Figura 43.










Granalla de acero esférica



Nota: Gráfico recuperado de SIKA Colombia (SIKA Colombia S.A.S., 2015)

Tabla 6.

Comparación de abrasivos

Fotografía ilustrativa	Material	Forma	Fragilidad	Aplicaciones
	Arena silicia	Angular y Esférica	Alta	Operaciones de granallado en exteriores
	Escoria de carbón	Angular	Alta	Exteriores, limpieza, lijado
	Granalla de acero	Angular	Baja	Operaciones de granallado a gran escala
	Esférica	Esférica	Baja	Limpieza y alivio de tensiones, pulido de superficie.
	Óxido de aluminio	Angular	Media	Limpieza, acabados y desbarbado
	Microesfera de cristal	Esférica	Media	Limpieza, acabados
	Abrasivo plástico	Angular	Baja/Media	Despintado, limpieza, franjado
	Almidón	Angular	Alta	Despintado, limpieza, franjado
	Trozos de maíz	Angular	Media	Despintado de superficies delicadas

Nota: La tabla muestra la diversidad de abrasivos con su gráfica ilustrativa, forma y aplicación.

Tabla 7.*Número de abrasivo y perfil de anclaje*

Abrasivo	Perfil de Anclaje				
	25 µm	37 µm	50 µm	63 µm	75-100 µm
Arena Sílica	Malla 30/60	Malla 30/60	Malla 30/60	Malla 30/60	Malla 30/60
Granalla de	G80	G50	G40	G40	G25
Granalla de	S110	S170	S280	S330	S390
Garnet	Malla 80	Malla 36	Malla 36	Malla 16	Malla 16
Óxido de	Angular 100	Angular 50	Angular 36	Angular 24	Angular 16

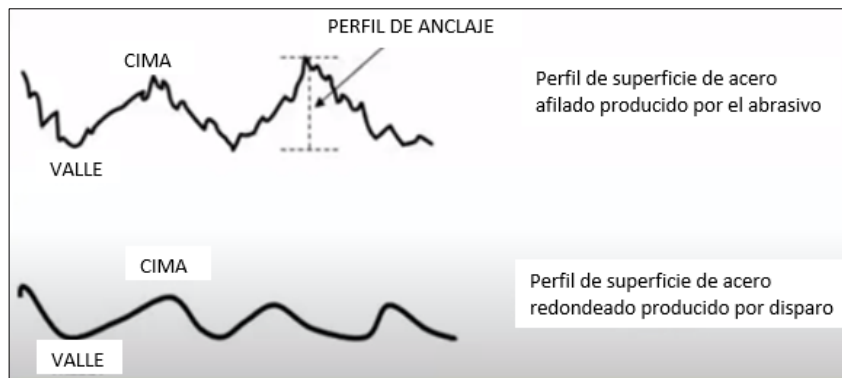
Información obtenida directamente del documento oficial publicado por SSPC-SP COM en 01/Nov/2004

Nota: Tabla referencial del tamaño del abrasivo y perfil de anclaje

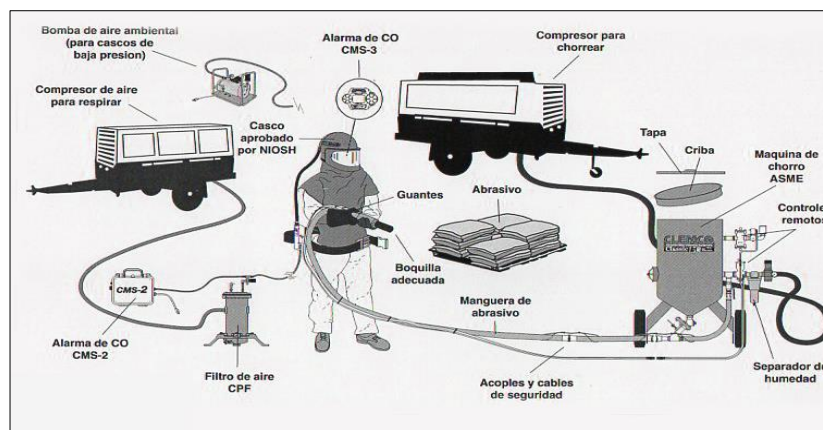
2.18 Perfil De Anclaje

La máxima altura del perfil puede variar con respecto al ángulo de chorro, velocidad de la partícula, tamaño del abrasivo, dureza de la superficie y la calidad de limpieza por chorro.

El espesor de la película de pintura sobre los picos del perfil debe ser igual al espesor conocido que se necesita sobre una superficie uniforme para la deseada protección. Cuando no es posible usar un abrasivo de partículas pequeñas para obtener la altura deseable del perfil, el espesor de pintura debe aumentarse. Una vez la superficie limpiada por chorro debe ser tratada o imprimada dentro de las 6 horas después de la limpieza antes de que se oxide, el metal al desnudo en condiciones de humedad se oxidaría rápidamente. (SIKA Colombia S.A.S., 2015)

Figura 44.*Perfil de anclaje*

Nota: La gráfica muestra la forma del perfil de anclaje que marca o señala en el material.

Figura 45.*Instalación equipo de Sandblasting*

Nota: La gráfica muestra al operador y equipo Sandblasting. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.19 Equipo De Monitoreo y Protección Personal Para La Aplicación Del Sandblasting

El equipo de seguridad del operador se compone principalmente de ropa de protección y un sistema de respiración aprobado y hermético para la operación de Sandblasting. Para prevenir lesiones y enfermedades el uso del equipo de protección personal es absolutamente necesario tanto para los operadores como para los que trabajen en el área.

2.19.1 Casco De Seguridad y Respiración

Asegúrese de que un casco de inyección de aire no solamente suministre aire para respirar sino que también proteja la cabeza y la cara de partículas y trozos que reboten, así como del abrasivo mismo, que atenúe el ruido hasta 80 decibeles y que permita un campo amplio de visión no obstruida.

2.19.2 Alarma De CO

Las alarmas de monóxido de carbono tienen el funcionamiento de protección para los trabajadores expuestos a este material que es puede ser incluso hasta mortal. Por lo que la utilización de las alarmas de CO y el monitoreo es de gran aporte; estos accesorios reducen la que el trabajador expuesto a este material y aporta al operador con el aviso tanto auditiva y visual cuando los niveles de CO sean de riesgo.

El CO puede ser un producto desarrollado por compresores que son lubricados por aceite o a su vez por el escape del motor que ingrese por el compresor (Columbec del Ecuador S.A., 2019).

Figura 46.

Casco de seguridad y respiración Sandblasting



Nota: La gráfica muestra un casco de seguridad y respiración para Sandblasting que cumple los estándares de calidad, aprobado por NIOSH. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Figura 47.

Traje de seguridad Sandblasting



Nota: La gráfica muestra el delantal de cuero y casco de seguridad. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

Figura 48.

Detector de monóxido de carbono



Nota: La gráfica muestra un detector de niveles altos de monóxido de carbono cuando el operador está en la aplicación de Sandblasting

Figura 49.

Unidad de comunicación Sandblasting



Nota: La gráfica muestra el equipo de radio comunicación utilizado por el operario y auxiliar durante la aplicación del Sandblasting (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

2.20 Importancia Sobre El Uso Del Equipo De Protección Personal EPP's

El uso de EPP's es una obligación por parte del trabajador y hacer buen uso del mismo, para un excelente desempeño de las actividades y fomentar una cultura de seguridad.

Tabla 8.

Matriz de equipos de protección personal para la aplicación del Sandblasting

MATRIZ DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL			
N°	DETALLE	USO	PERSONAL
1	Casco de seguridad y respiración	Protege la cabeza y cara de partículas y trozos que reboten. Atenúa el ruido y suministra aire para respirar.	Operador de Sandblasting
2	Detector de monóxido de carbono (Alarma)	Protección contra la exposición al monóxido de carbono (Señal visual y auditiva)	Operador de Sandblasting

MATRIZ DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

N°	DETALLE	USO	PERSONAL
3	Unidad de comunicación (Sandblasting)	Radio de dos vías portátiles para operadores de Sandblasting	Operador y auxiliar de Sandblasting
4	Guantes de cuero	Manejo de materiales abrasivos o ásperos.	Operador de Sandblasting
5	Delantal de cuero (Traje de seguridad Sandblasting)	Protege la parte frontal donde el rebote del abrasivo es mayor.	Operador de Sandblasting
6	Botas de seguridad	Protección de pies contra riesgos mecánicos o el ingreso de agentes químicos.	Personal a cargo del Sandblasting

Nota: En la tabla se muestra todos los EPP's utilizados en la aplicación del Sandblasting

2.21 Equipo Airless De Pintura

Un equipo Airless permite la pulverización de pintura y otros materiales a alta presión, la diferencia con otros métodos radica en que permite la atomización de pintura sin aire, debido a que en ningún momento del proceso ambos componentes se mezclan.

En los equipos tradicionales el aire entra en contacto con la pintura, provocando la fragmentación de partículas más de lo necesario, causando una sobre pulverización. Esto genera una nube de material sobrante, que no se adhiere a la superficie que deseamos pintar y por tanto un mayor coste de material.

2.21.1 Funcionamiento equipo Airless

Los equipos airless son accionados eléctricamente, neumáticamente o con un motor de combustión interna. La acumulación de presión se lleva a cabo mediante un pistón o una

membrana. El flujo de material se controla por dos válvulas una entrada y otra salida. El material se recibe en el equipo airless mediante un sistema de succión. El pistón o diafragma transportan el material a través de la válvula de salida conectada a la manguera transportadora del producto hasta el aplicador, es decir a la pistola donde se debe apretar el gatillo y expulsar la pintura sobre la superficie de aplicación. (Henkel Ibérica, S.A., 2020)

2.21.2 Ventajas Del Equipo Airless

- Eficiencia, porque permite procesar grandes áreas en un corto espacio de tiempo y con un número reducido de mano de obra.
- Acabado de las superficies de gran calidad
- Bajo consumo de material (Pintura)
- Permiten pulverizar productos de alta viscosidad

Figura 50.

Equipo Airless



Nota: La gráfica muestra un ejemplo de equipo airless similar al utilizado en el fuselaje del avión Grumman (Henkel Ibérica, S.A., 2020)

Capítulo III

3. Desarrollo Del Tema

3.1 Preliminares

En este capítulo se detalla el procedimiento que se realizó en la preparación de la superficie que conforma el fuselaje y posteriormente el tratamiento anticorrosivo mediante el método de Sandblasting y pintura de la aeronave Grumman 164B de matrícula HC-BRL, conforme al Programa de Control y Prevención de Corrosión, empleando todos los conocimientos adquiridos en la carrera de Mecánica Aeronáutica. El trabajo de titulación consiste en la rehabilitación de la aeronave Grumman 164B, aplicando el tratamiento anticorrosivo y pintura en beneficio de la empresa Líneas Aéreas Nacionales (LAN- ECUADOR).

Es importante que se realice el adecuado análisis de todos los riesgos que se presenten en el trabajo para que sirva de ayuda en la planificación para la reducción de los riesgos existentes (tales como la remoción de pintura con contenido de plomo o puede ser el abrasivo seleccionado para utilizar en la tarea) mismos que deben tener mayor consideración al momento de su aplicación con el respectivo equipo de protección personal. (Columbec del Ecuador S.A., 2019)

3.2 Medidas De Seguridad

Las medidas de seguridad que se darán a conocer a continuación son fundamentales para evitar alguna lesión en el operador durante la aplicación del Sandblasting.

- Utilizar el equipo de seguridad durante de la aplicación del Sandblasting
- El tratamiento anticorrosivo debe desarrollarse en un lugar completamente cerrado.
- Mantener una comunicación activa entre el operador y sus auxiliares en el momento de la aplicación del Sandblasting

- Uso del manual de Programa de Control y Prevención de Corrosión

3.3 Herramientas y Materiales

Tabla 9.

Herramientas, materiales y EPP'S utilizados en la preparación de superficie

N°	MATERIALES/ HERRAMIENTAS	EPP'S
1	Scotch-Brite	Guantes Químicos G80 Nitrilo Gauntlet 18"
2	Cepillo de cerdas de acero inoxidable	Mascarilla con filtro de carbón activado
3	Removedor de pintura	Gafas protectoras
4	Scraper o cuchilla	Guantes de nitrilo azul
5	Grasa	

Nota: La tabla muestra las herramientas y materiales utilizados en la preparación de superficie.

Tabla 10.

Equipos, herramientas y materiales utilizados en la aplicación del Sandblasting y pintura. Revisar

ANEXO C.

N°	EQUIPOS / HERRAMIENTAS	MATERIALES
1	Boquilla Sandblast carburo silicio N°4 1/4"	Hempadur Zinc Orgánico
2	Manguera Sandblasting flexible disipadora de electricidad estática	Hempel's Thinner 08450
3	Compresor de aire	Granalla de acero (Abrasivo)
4	Filtro de aire	
5	Separador de humedad	
6	Controles remotos (Tolva)	

N°	EQUIPOS / HERRAMIENTAS	MATERIALES
7	Tolva de 6 pies cúbicos a 100 PSI (Maquina chorro)	
8	Criba	
9	Acoples y cables de seguridad	
10	Bomba de aire ambiental	
11	Higrómetro	
12	Termómetro Ambiental	
13	Medidor de perfil de anclaje digital	
14	Positector 600	

Nota: La tabla muestra los equipos y materiales utilizados en la aplicación de Sandblasting

3.4 Situación Actual De La Aeronave Grumman 164B HC-BRL

El avión Grumman 164B con matrícula HC-BRL perteneciente a LAN-ECUADOR era utilizado en el cumplimiento de labores de fumigación, debido al incidente que sufrió la aeronave se mantuvo en AOG por varios meses, dicho tiempo causó el deterioro de la estructura por el avance de la corrosión.

Figura 51.

Deterioro de la estructura de Grumman 164B



Nota: La gráfica muestra la situación actual que se encuentra el fuselaje de la aeronave G164B.

3.5 Inspección Visual Del Fuselaje Reticular Del Grumman 164B

Se efectuó el primer paso denominado evaluación visual de la superficie a ser tratada, luego de una inspección minuciosa en la estructura del fuselaje y se encontró lo siguiente:

- Pérdida de espesor en la estructura por corrosión y oxidación
- Oxidación general de las esquinas del fuselaje
- Residuos de grasa
- Residuos de pintura

Figura 52.

Estructura del fuselaje con oxidación y corrosión



Nota: La gráfica muestra la estructura tubular afectada por la corrosión.

3.6 Procedimiento Para La Preparación De La Superficie Del Fuselaje

3.6.1 Limpieza De La Estructura Del Fuselaje

El primer paso mas importante en el control de la corrosión es la limpieza completa de la estructura del fuselaje del avión, por tal razón se realizó la remoción de suciedad y residuos de grasa. Este tipo de trabajo se ejecutó en un lugar específico de lavado dentro del hangar.

Figura 53.

Limpieza del fuselaje de la aeronave Grumman

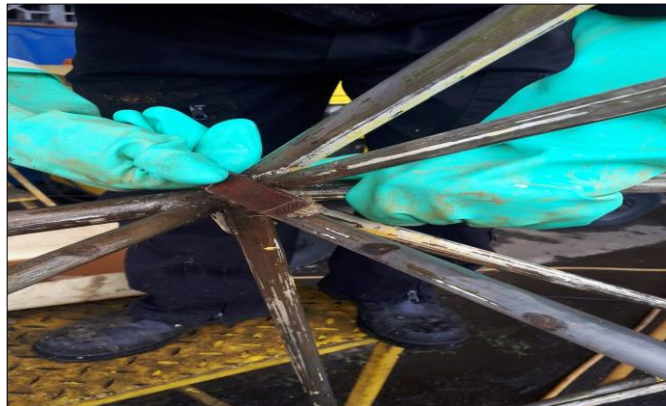


Nota: La gráfica muestra la limpieza de la aeronave por parte del operador.

Para obtener un mejor resultado se utilizó Scotch-Brite y un cepillo de cerdas de acero inoxidable en cada rincón de la estructura, es decir sobre todas las cuadernas, largueros y diagonales que conforman el fuselaje de la aeronave Grumman 164B y principalmente en los puntos de soldadura.

Figura 54.

Uso del cepillo de cerdas de acero inoxidable



Nota: La gráfica muestra la limpieza de los puntos de soldadura con cepillo de acero inoxidable

3.6.2 Remoción De Pintura

En este punto de la tarea se aplicó removedor de pintura sobre las diferentes secciones que conforman la estructura del fuselaje, el solvente fue aplicado con brocha sobre toda la superficie a ser decapada. Para obtener un decapado eficaz se cubrió la superficie con una capa gruesa de removedor.

Durante este procedimiento se consideró las medidas de seguridad pertinentes, razón por la cual se utilizó el equipo de protección personal, que incluye Guantes Químicos G80 Nitrilo, mascarilla con filtro de carbón activado y gafas protectoras logrando impedir la inhalación de vapores tóxicos o cualquier contacto de este producto con manos, ojos, nariz y boca.

Figura 55.

Aplicación de removedor sobre el fuselaje reticular



Nota: La gráfica muestra la aplicación de removedor en la estructura

Luego de la aplicación del removedor sobre la superficie del fuselaje y haber reposado de 5 a 10 minutos, el siguiente paso fue la remoción de la pintura con una espátula plástica o metálica (Scraper). La espátula facilitó la eliminación de toda la pintura vieja que se queda

arrugada como parte de la acción que realiza el removedor. Además en varias zonas se realizó una aplicación de la segunda capa de removedor para obtener mejores resultados.

Figura 56.

Eliminación de residuos de pintura



Nota: La gráfica muestra la extracción de pintura mediante la aplicación del removedor.

3.6.3 Recubrimiento De Grasa Sobre El Fuselaje

Como siguiente paso, se efectuó el recubrimiento de grasa sobre todo el fuselaje, debido a que el metal quedó completamente al descubierto después de la limpieza y remoción de la pintura y al encontrarse en este estado con el medio ambiente es más vulnerable a la acción de la corrosión, por ello se aplicó grasa. Con el uso de guantes de nitrilo y la grasa aplicada, este tipo de procesos funcionó de manera efectiva sobre las superficies metálicas dado que al mantenerlas lubricadas se impidió los efectos nocivos del ambiente que favorecen a la corrosión.

Figura 57.

Recubrimiento de grasa a la estructura del fuselaje



Nota: La gráfica muestra el recubrimiento de grasa del fuselaje.

Después de este proceso, continua uno de los pasos más importantes de todo el tratamiento anticorrosivo a efectuarse. Se trata de la evaluación general del fuselaje de la aeronave, es decir el daño producido por la oxidación y corrosión que como resultado se obtiene la pérdida de espesor en el material que conforma dicha estructura.

3.7 Procedimiento Del Sandblasting Aplicado Al Fuselaje De Grumman 164B

3.7.1 Acondicionamiento Del Área De Trabajo

En el interior del hangar de la empresa Líneas Aéreas Nacionales LAN-ECUADOR se acondicionó un área para realizar el proceso de Sandblasting, se utilizó varios metros de cobertor a base de cuero, cuatro postes o columnas formando un área cuadrangular aproximadamente de 7 metros cuadrados, todas las columnas enlazadas mediante vigas. Una vez articulado todos los componentes de soporte se procedió a cubrir la estructura con el cobertor de cuero, consiguiendo el objetivo de sellar completamente el área de trabajo para la ejecución de método anticorrosivo mediante Sandblasting.

Figura 58.

Hangar de la empresa LAN-ECUADOR



Nota: La gráfica muestra las instalaciones del hangar de la empresa LAN Ecuador

El proceso de Sandblasting generalmente se lo debe realizar en un área cubierta o completamente cerrada porque al utilizar aire comprimido, el mismo que se encarga de propulsar las partículas abrasivas a altas velocidades podría provocar lesiones severas al personal auxiliar que se encuentra en la parte exterior del área de Sandblasting. Cuando hablamos de lesiones severas puede ser el ingreso de granalla de acero a los ojos o al cuerpo, esta granalla consiste en un conjunto de partículas de acero.

3.7.2 Alojamiento Del Fuselaje De La Aeronave En El Área De Sandblasting

Un día antes de la ejecución del tratamiento anticorrosivo se ubicó el fuselaje de la aeronave Grumman 164B dentro del área determinada para Sandblasting, listo para el debido proceso del tratamiento anticorrosivo.

Figura 59.

Alojamiento del fuselaje en el interior del área de Sandblasting



Nota: La gráfica muestra el fuselaje preparado para la aplicación del Sandblasting.

3.7.3 Instalación De Los Equipos De Sandblasting

Como siguiente paso, se realizó la instalación de los equipos de Sandblasting, se verificó el tipo de cañerías, tamaño de mangueras y acoples que debían ir conectados entre sí, todo este complejo procedimiento conlleva mucho conocimiento sobre el funcionamiento de las diferentes máquinas. Dicho procedimiento se efectuó bajo la dirección de un fiscalizador de pintura, experto en este tipo de tratamiento anticorrosivo.

Figura 60.

Instalación de la máquina de Sandblasting



Nota: La gráfica muestra la máquina de Sandblasting y sus conexiones

Primero se instaló la fuente de energía en un lugar al aire libre, el compresor, elemento que cuenta con 2 salidas de aire, la línea número 1 se instaló para que suministre de aire al casco de seguridad y respiración, pero antes de llegar al habitáculo del casco se ubicó un filtro de aire, encargado de purificar dicho aire, en este punto también incorpora una alarma detectora de altos niveles de CO, a partir el aire filtrado llega hasta una bomba de aire ambiental instalada antes del ingreso al habitáculo del casco.

La línea de aire número 2 se instaló para suministrar la máquina de chorro, es decir, la tolva que contiene la granalla de acero, esta presión de aire se encarga de presurizar la máquina de Sandblasting, en la entrada de la maquina se adjuntó el separador de humedad, filtro y secador, vitales para obtener un flujo constante de chorro, la conexión desde la salida de la máquina de Sandblasting hasta llegar a la boquilla debía ser precisa, razón por la cual se puso mayor precaución en este punto del proceso de instalación, este trayecto es la transportación de la granalla a alta presión, se conectó las mangueras adecuadas con los acoples y cables respectivos.

3.7.4 Introducción De La Granalla De Acero En La Máquina De Sandblasting

Una vez instalada la máquina de chorro, como siguiente paso se colocó la granalla de acero en su interior, que en efecto son las partículas de acero angular de la medida G25 seleccionado para la aplicación en el fuselaje y alcanzar el perfil de anclaje deseado de 3 MILS. Revisar ANEXO B.

Figura 61.

Verificación de malla de máquina de Sandblasting



Nota: La gráfica muestra un chequeo de la granalla de acero en la máquina de Sandblasting.

3.7.5 Sandblasting En Estructura Metálica Del Fuselaje Del Avión Grumman

Con los equipos correctamente instalados y cargados, se inició la ejecución del tratamiento anticorrosivo mediante el método de Sandblasting que consistió en expulsar el chorro de granalla de acero sobre la estructura del fuselaje de la aeronave Grumman 164B con matrícula HC-BRL. El abrasivo fue aplicado en todas las cuadernas, diagonales y largueros que conforman dicha estructura tubular de una forma minuciosa tramo por tramo bajo la inspección del señor fiscalizador de pintura.

Específicamente, el fuselaje fue sometido a una limpieza por chorro abrasivo al grado casi blanco SSPC-SP10 siguiendo la norma americana SSPC Steel Structures Painting Council (Consejo de pintura de estructuras de acero) la misma que se desarrolló mediante el chorro abrasivo dejando la superficie libre de grasa, aceite, polvo, oxido, escamas de laminación, recubrimiento viejo y otros contaminantes existentes. Revisar ANEXO B.

Figura 62.

Aplicación del abrasivo sobre la estructura



Nota: La grafica muestra la aplicación de Sandblasting sobre el fuselaje de la aeronave.

Se utilizó todo el equipo de protección personal respectivo para el tratamiento anticorrosivo, el uso de overol, botas punta de acero, casco de seguridad que también cumple la función de suministrar aire al operario, traje de seguridad que consta de un delantal de cuero el mismo que se encargó de proteger al momento de aplicar el abrasivo evitando el rebote de granalla, añadiendo al equipo de protección se empleó el detector de monóxido de carbono y finalmente el equipo de comunicación que fue vital para mantener en contacto al operario y auxiliares durante el proceso de Sandblasting.

Figura 63.

Desarrollo del tratamiento anticorrosivo



Nota: La gráfica muestra el proceso del Sandblasting aplicado al fuselaje de la aeronave.

Desarrollo del Sandblasting aplicando el abrasivo G25, la forma de la granalla a utilizarse en este tratamiento fue angular por su grado de dureza en comparación con la granalla esférica. Fue una aplicación meticulosa porque se ejecutó siguiendo exactamente los parámetros establecidos en dicho tratamiento entre ellos podemos mencionar que durante todo el proceso se conservó la distancia que debe tener la boquilla de arenado con la superficie tratada que es de 25 a 75 cm como lo recomienda el fiscalizador de pintura, además de mantener la boquilla en ciertos momentos en un ángulo recto tratando de eliminar cascarillas de laminación y en otros una posición angular de 40° y 50° cuando era necesario eliminar la capa de pintura antigua, el seguimiento de las indicaciones fue la clave para obtener los resultados deseados.

3.7.6 Verificación Del Perfil De Anclaje

El perfil de anclaje establecido para el tratamiento anticorrosivo del fuselaje del Grumman fue de 3 MILS, para asegurarnos de cumplir este requisito se procedió a realizar la respectiva verificación con el medidor de perfil de anclaje digital, este procedimiento se cumplió siguiendo la norma ASTM D 4417 el mismo que consta de un método de prueba de medición de superficies de acero limpiadas con chorro abrasivo.

Para la comprobación del perfil de anclaje se utiliza generalmente este método digital, lo primero que se hizo con el equipo es verificarlo y ajustarlo a cero.

Una vez configurado el equipo se procedió a medir el perfil de anclaje del fuselaje como lo estipulan los profesionales, áreas de 15 * 15 cm aleatoriamente y posterior a ello realizar el cálculo correspondiente, gracias a este instrumento se concretó que el trabajo de limpieza por Sandblasting está correctamente ejecutado.

Figura 64.

Medidor de perfil de anclaje



Nota: En la gráfica se muestra el medidor de perfil de anclaje, instrumento que comprueba la medición en Mils del perfil de superficie requerido. (TPM EQUIPOS SA DE CV, S/F)

3.8 Proceso De Aplicación De Pintura Del Fuselaje De Grumman 164B

3.8.1 Aplicación De Pintura

Terminada la fase de Sandblasting, se aplicó directo dos capas continuas de Hempadur zinc orgánico, al tratarse de doble capa el thinner cumple una función muy importante que permite aplicar la primera capa a un bajo espesor, es decir una primera capa selladora. Además, se debe destacar que al momento de realizar la combinación del Hempadur Zinc Orgánico con el Thinner se cumplió con la relación de mezcla establecida en la ficha técnica de estos productos. Ver ANEXO E.

Durante la aplicación de la pintura se utilizó Hempadur Zinc Orgánico de la marca reconocida HEMPEL recomendada para trabajos profesionales. La pintura zinc orgánica se aplicó por su capacidad de protección al metal y por su larga vida útil en tierra seca que es de aproximadamente 5 a 7 años sin dar problemas en la estructura.

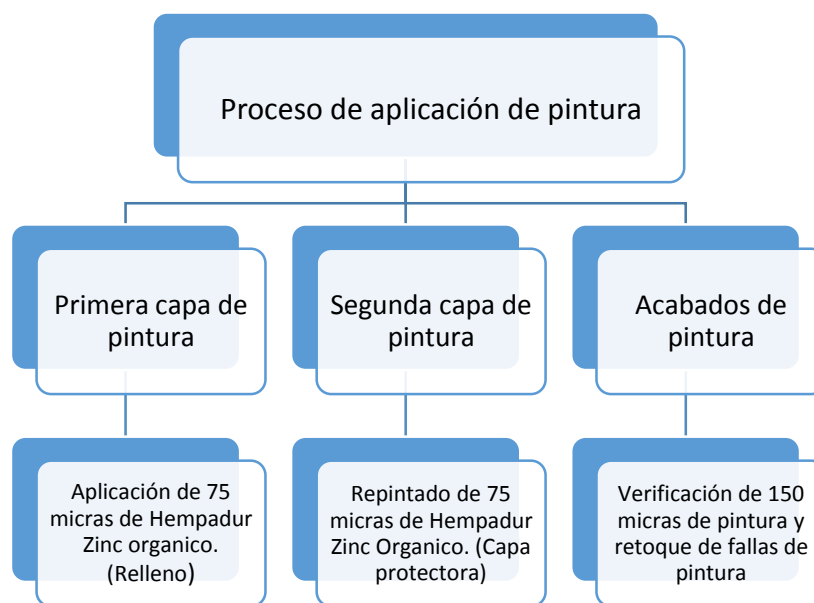
En el procedimiento de pintura no se aplicó poliuretano como una capa posterior al zinc orgánico debido a que la estructura del fuselaje no va a permanecer en contacto directo con el sol porque va cubierto con paneles laterales y todo el armazón que conforma la aeronave Grumman 164B.

3.8.2 Proceso De Aplicación De Pintura Equipo Airlees

El equipo airless funciona con un sistema neumático empleando el mismo compresor de aire que suministro a la máquina de Sandblasting, este equipo facilitó la pulverización de las partículas de pintura gracias a su capacidad de suministrar el material a alta presión por un agujero muy estrecho. El efecto de impacto directo de la pintura contra el metal, se consiguió con una presión de 400 bares.

Figura 65.

Capas de pintura aplicadas al fuselaje del avión Grumman



Nota: La gráfica muestra un mapa mental que explica el proceso de aplicación de pintura sobre el fuselaje de la aeronave Grumman.

3.8.2.1 Primera Capa De Pintura

El uso de la pintura zinc orgánica se empleó precisamente por el tipo de preparación de superficie, dicha preparación aplicada al fuselaje de GRUMMAN 164B fue realizado a base de chorreado abrasivo de grado SSPC-SP10 por esa razón el uso de la pintura mencionada como lo indica claramente la ficha técnica. Revisar ANEXO E. Además se debe destacar su excelente protección de superficies expuestas a ambientes de elevada corrosidad.

Figura 66.

Primera capa de 75 micras



Nota: La gráfica muestra el resultado de la aplicación de la primera capa de pintura.

La primera capa aplicada del producto mezclado entre Hempadur zinc orgánico y thinner mediante el equipo airless se llevó a cabo siguiendo las instrucciones de la ficha técnica, el espesor en húmedo de dicha capa es de 75 micras o 3 Mils, la razón evidente por la que se aplicó este espesor indicado fue por el perfil de anclaje utilizado en el Sandblasting, el objetivo de este espesor es para que la pintura tenga la adherencia a la plancha metálica para que no se desprenda. La función de esta primera capa de pintura es rellenar la plancha metálica, específicamente en las cavidades de la granalla de acero formando un solo cuerpo sólido.

Revisar ANEXO F.

Nota: Una vez aplicada la primera capa de pintura se debe manipular las superficies solamente con guantes debido a que la mano contiene sales y puede formar puntos de óxido al tocar la estructura.

Figura 67.

Cambio de apariencia en la estructura



Nota: La gráfica muestra los cambios radicales en la estructura del fuselaje

3.8.2.2 Segunda Capa De Pintura

La segunda capa se aplicó el mismo producto sobre la superficie del fuselaje como un espesor extra encargado de brindar una protección anticorrosiva a largo plazo de la superficie de acero, la medida del espesor aplicado en esta segunda fase de pintura es de 75 micras.

El tiempo mínimo de repintado se ejecutó de acuerdo a las indicaciones y experiencia del fiscalizador de pintura, por esta razón se decidió aplicar la segunda capa 8 horas después de la primera capa. Debido al tiempo de vida de la mezcla es de 4 horas, por esta razón debe controlar el tiempo durante el proceso de pintura.

Se utiliza Hempadur zinc orgánico, debido a que todo revestimiento rico en zinc evita la propagación de la corrosión desde el punto de daño.

La razón de la aplicación de 150 micras de zinc orgánico se basa en una tabla de categoría de corrosidad atmosférica, donde interviene la durabilidad de la capa protectora y el ambiente atmosférico donde se encuentra geográficamente volando la aeronave o el equipo. Por esta razón pertenece a una clasificación de nivel C4, esto quiere decir que va a estar expuesto en zonas industriales y costeras, plantas químicas, piscinas. Cumpliendo una durabilidad baja en relación al tiempo de vida de la capa protectora. Revisar ANEXO F.

Tabla 11.

Categoría de corrosidad atmosférica

CATEGORIA DE CORROSION ATMOSFERICA			
DURACION	BAJO	MEDIO	ALTO
AMBIENTE			
C2	80 um (3mils)	120 um (5mils)	160 um (6.5 mils)
C3	120 um (5mils)	160 um (6.5 mils)	200 um (8mils)
C4	160 um (6.5 mils)	200 um (8mils)	240 um (10mils)
			Zinc Primer
C5M	200 um (8mils)	280 um (11mils)	320 um (13mils)
			Zinc Primer
C5I	200 um (8mils)	280 um (11mils)	320 um (13mils)
			Non Zinc Primer
			Possible

Nota: La presente tabla hace referencia a la guía de aplicación de 150 micras de Hempadur zinc orgánico al fuselaje de la aeronave Grumman.

Figura 68.

Segunda capa de 75 micras (Hempadur zinc orgánico)



Nota: La gráfica muestra el resultado de la aplicación de la segunda capa de pintura y el evidente cambio que presenta en su estructura.

3.8.2.3 Acabados De Pintura En La Estructura

Una vez aplicadas las dos capas de pintura, cada una de 75 micras formaron un espesor total de 150 micras, por lo tanto se procedió a realizar la respectiva verificación con el medidor digital llamado Positector, este procedimiento se cumplió siguiendo la norma ASTM D 4477 el mismo que consta de un método de prueba de medición de espesores.

Después de varias horas de secado se procedió a rectificar algunas fallas de pintura en la estructura del fuselaje de la aeronave Grumman 164B, esta fue la fase final de todo el procedimiento que se realizó durante el tratamiento anticorrosivo.

Figura 69.

Positector 6000



Nota: Gráfico recuperado de propuesta de mantenimiento anticorrosivo (IMA-LAT, 2016)

Figura 70.

Retoque de fallas de pintura en la estructura



Nota: La gráfica muestra la parte final del proceso de pintura, retoque de fallas.

3.9 Resultado Final

Al inicio de la tarea el fuselaje de la aeronave Grumman 164B de matricula HC-BRL se encontraba lleno de corrosion, herrumbe, residuos de pintura. Pero gracias al tratamiento anticorrosivo ejecutado, actualmente tenemos el fuselaje completamente restaurado.

Figura 71.

Antes y después de la ejecución del Sandblasting



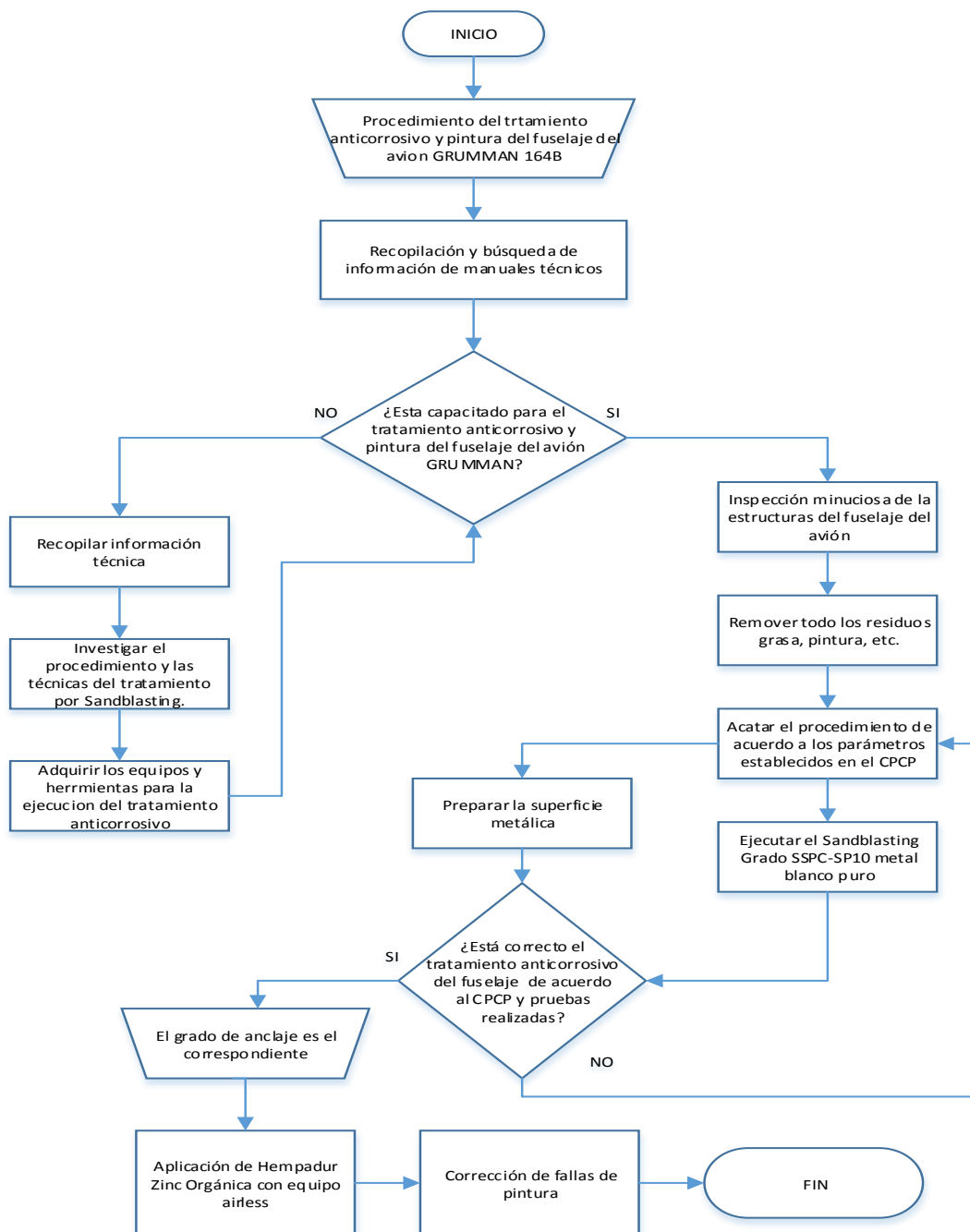
Nota: El gráfico muestra el resultado final del tratamiento anticorrosivo y pintura ejecutado en el fuselaje de la aeronave Grumman 164B

3.10 Simbología en diagrama de flujo de análisis

En el siguiente esquema gráfico se representa de forma clara una serie de pasos realizados durante el desarrollo del trabajo de titulación. El esquema gráfico contiene varias figuras que muestran la secuencia de los pasos y la relación entre sí.

Figura 72.

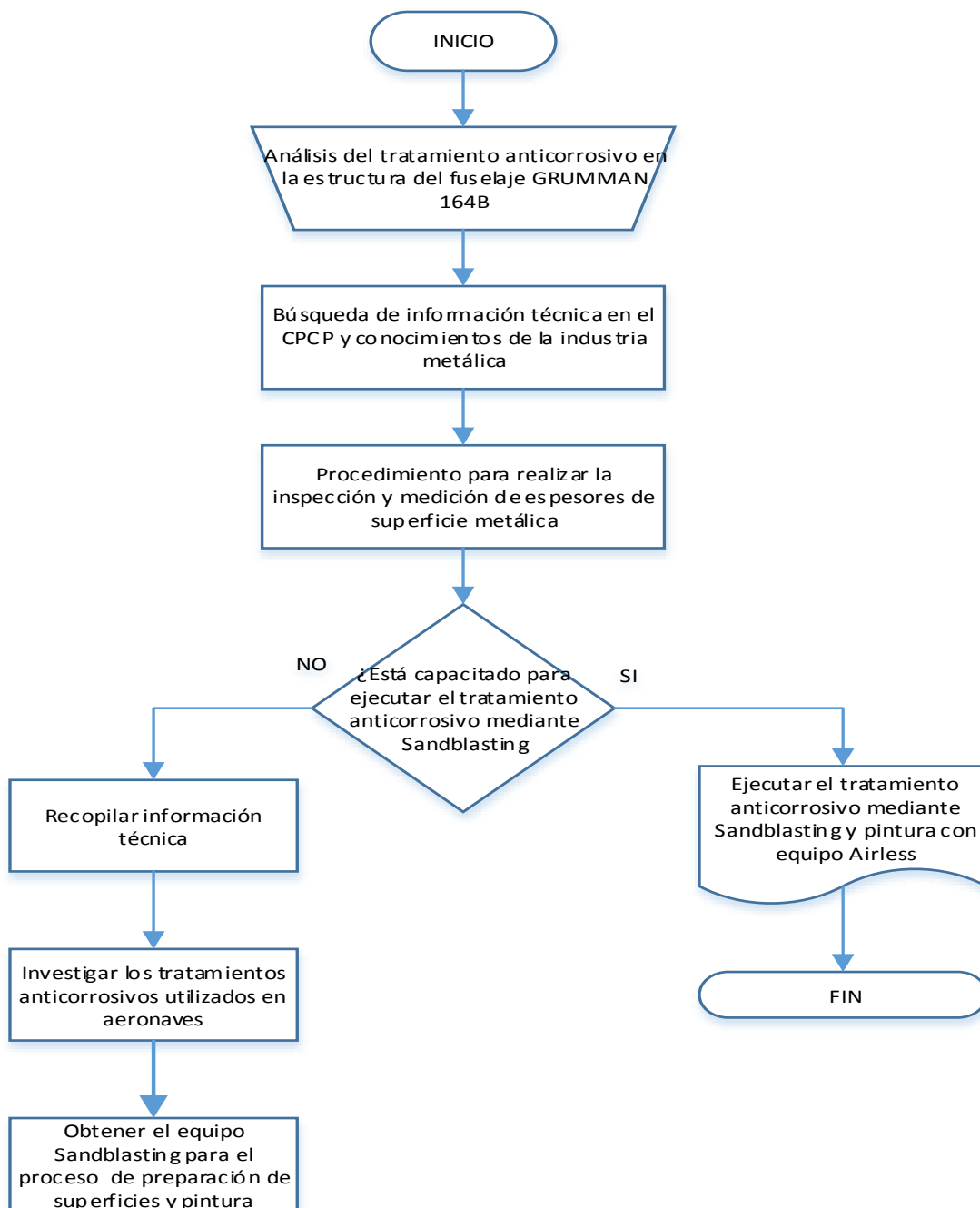
Diagrama de flujo de análisis del tratamiento anticorrosivo mediante Sandblasting



Nota: La gráfica muestra un diagrama de flujo de tratamiento al que fue sometido el fuselaje de la aeronave.

Figura 73.

Diagrama de flujo de análisis de tema



Nota: La gráfica muestra un diagrama de flujo de análisis de tema de proyecto de titulación.

3.11 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto es un cálculo anticipado realizado con valores aproximados al coste real que se empleará en el proyecto, una vez finalizado el trabajo técnico-práctico de la tesis de forma conjunta se ha logrado obtener los valores reales de los gastos realizados.

3.11.1 Análisis de costos

Para el tratamiento anticorrosivo y pintura del fuselaje de la aeronave GRUMMAN 164B, se detalla a continuación los costos primarios y secundarios.

3.11.1.1 Costos Primarios

Tabla 12.

Costos primarios

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Alquiler equipo de Sanblasting	-	\$640.00	\$640.00
2	EPP's Sandblasting	-	\$122.00	\$122.00
3	Granalla angular (Abrasivo)	5	\$87.50	\$437.50
4	Removedor de pintura	3	\$48.30	\$144.90
5	Fiscalizador de pintura	1	\$815	\$815
6	Hempadur Zinc Organico (Pintura)	3	\$77.60	\$232.80
7	Thinner	2	\$40.75	\$81.50
8	Alquiler equipo Airless	1	\$305	\$305
9	Equipos de medición (Espesores)	-	\$250	\$250

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
10	Gastos varios	-	\$121.30	\$121.30
			Subtotal:	\$3150.00
			I.V.A. 12%	\$378.00
			Gran Tota: US \$	\$3528.00

Nota: En la presenta tabla se muestra los costos primarios empleados en el proyecto de titulación

3.11.1.2. Costos Secundarios

Tabla 13.

Costos Secundarios

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Resma de Papel Bond A4	1	\$4.00	\$4.00
2	Transporte	-	\$120	\$120
3	Impresiones (Revision formatos)	25	\$0.25	\$6.25
4	Anillados	2	\$2.50	\$5.00
5	Empastados	3	\$7.00	\$21.00
6	Gastos Imprevistos	-	-	\$65.00
			Valor total	\$ 221.25

Nota: En la presenta tabla se muestra los costos secundarios empleados en el proyecto de titulación

3.12 Total De Costos

Tabla 14.

Costo Total del proyecto

N°	DESCRIPCION	Valor Total
1	Valor total, costo primario	\$3528.00
2	Valor total, costo secundario	\$ 221.25
3	TOTAL	\$3749.25

Nota: La tabla muestra el costo total del proyecto de titulación

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- En base a los conocimientos adquiridos en la Carrera de Mecánica Aeronáutica, Programa de Control y Prevención de Corrosión (CPCP) e información de Sandblasting facilitó la aplicación del tratamiento anticorrosivo en la aeronave Grumman 164B HC-BRL.
- Los equipos de calidad y materiales como la granalla de acero angular empleados en el tratamiento anticorrosivo fueron fundamentales para conseguir el grado de limpieza requerido como lo establece la norma Americana SSPC -10
- Mediante la ejecución del Sandblasting y pintura, el fuselaje de la aeronave Grumman 164B HC-BRL cumplió con los estándares de calidad y presentó una estructura en óptimas condiciones, que posteriormente fue rehabilitada por completo y retomó sus operaciones en beneficio de la empresa LAN Ecuador

4.2 Recomendaciones

- Es recomendable utilizar una máquina de Sandblasting que posea controles remotos que permita parar rápidamente el proceso de arenado, en caso de que el operador pierda el control de la boquilla, este sistema sirve para evitar lesiones en los operadores que se encuentren dentro del área de trabajo.
- Con respecto a la línea de aire, se recomienda que el diámetro interno de la manguera de Sandblasting sea por lo menos cuatro veces el diámetro del orificio de la boquilla, para así evitar pérdidas de presión.

- Para la utilización y aplicación del Hempadur Zinc Orgánico se debe tener en cuenta los parámetros de seguridad (Ficha Técnica), el tiempo mínimo de repintado y el tiempo de vida de la mezcla.

Glosario

A

Axial: Aquel que se encuentra relativo al eje

Alodine: Pelicula quimica, protege diversos metales de la corrosión

B

Biplano: Aeroplano con dos alas paralelas superpuestas a cada costado

Buje: Pieza cilindrica que se encuentra en el interior de los elementos mecánicos que giran alrededor de un eje.

D

Dosel: Cabina tipo burbuja, proporciona una visión 360°.

E

Epoxi: Hace referencia a cualquier componente de las resinas epoxi.

Electrolito: Sustancia que contiene en su composición iones libres, que hace que se comporte como un conductor eléctrico.

G

Granalla: Abrasivo utilizado en numerosas aplicaciones como tratamiento de superficies

H

Herrumbre: Capa de color rojizo a causa de la oxidación producida por el humedad y agua.

Habitáculo: Lugar limitado y cerrado que esta destinado a ser habitado.

I

Ión: Partícula cargada eléctricamente constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutro.

M

Micra: Unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro

Mach: Medida de velocidad relativa, en relación entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido.

MILS: Mínima unidad de longitud en el sistema inglés, utilizada para medir espesores y longitudes muy cortas en áreas técnicas como la aplicación de pintura.

P

Positector: Equipo para medición de espesores de recubrimiento o pintura.

Perfil de anclaje: Es la textura de una superficie metálica resultante de la limpieza con chorro abrasivo para el correcto anclaje de la pintura.

S

Sandblasting: Arena a presión, es una operación de propulsión a alta presión de la granalla de acero que elimina materiales contaminantes y prepara las superficies.

T

Tolva: Embudo de gran tamaño donde se almacena el químico utilizado en la fumigación del banano.

Z

Zinc organico: Inhibidor de la corrosión de alta resistencia para metales ferrosos

Abreviaturas

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

BIS: Bristish Standard (Estándar Británico)

CO: Monóxido de Carbono

CPCP: Corrosion Prevention Control Program (Programa de Control y Prevención de Corrosión)

CFM: Cubic feet per minute (Pies cúbicos por minuto)

FAA: Federal Aviation Administration (Administración Federal de Aviación)

NACE: National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión)

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional)

P&WC: Pratt & Whitney Canadá

PSI: Pound per square inch (Libras por pulgada cuadrada)

RDAC: Regulaciones de aviación Civil

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

SHP: Shaft Horsepower (Caballos de fuerza del eje)

STC: Supplemental Type Certificate (Certificado de tipo Suplementario)

SSPC: Steel Strucutres Painting Council (Consejo de Pintura de Estructuras de Acero)

SIS: Swedish Standard (Norma Sueca)

Bibliografía

- Admin. (27 de 09 de 2013). *Blog de Exordio*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de <https://www.exordio.com/blog/otros-temas/bombardero-dornier-de-la-2da-guerra-mundial-obtiene-donacion-para-su-restauracion.html>
- ALSIMET. (27 de 02 de 2020). *ALSIMET*. Recuperado el 18 de enero de 2021, de <http://alsimet.es/es/noticias/tipos-de-corrosion-como-evitarlos>
- Anthony3025. (03 de 10 de 2018). *Blogaviator*. Recuperado el 14 de noviembre de 2020, de <https://uniaeronautico.home.blog/2018/12/03/conceptos-basicos-pero-importantes-del-fuselaje-de-una-aeronave/>
- BockerBook. (11 de 09 de 2016). *Motor Turbohélice*. Recuperado el 21 de marzo de 2021, de <https://www.buckerbook.es/blog/el-motor-turbohelice-allison-t56-uno-de-los-mas-importantes-de-la-historia/>
- Centro de capacitación Alas de América S.A. . (2000). *Prevención, control y remoción de la corrosión*. México : Centro de capacitación Alas de América.
- Clansman. (2018). *Aviations Militaires.net*. Recuperado el 25 de junio de 2020, de <https://www.aviationsmilitaires.net/v2/base/view/Model/2319.html>
- Columbec del Ecuador S.A. (2019). *Columbec Tecnidefensa*. Recuperado el 04 de octubre de 2020, de <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies>
- Columbec del Ecuador S.A. (2019). *Columbec Tecnidefensa*. Recuperado el 21 de octubre de 2020, de <http://www.columbec.com/ejemplos-de-granallado-para-sandblasting>
- CYM Materiales S.A. (Agosto de 2015). *Soluciones Industriales*. Recuperado el 23 de abril de 2021, de <https://cym.com.ar/>
- Gulfstream American Corporation. (1978). *MAINTENANCE MANUAL*. AG CAT CORPORATION.
- HARTZELL. (2018). *Hartzell Propeller*. Recuperado el 16 de octubre de 2020, de <https://hartzellprop.com/pratt-whitney-canada-and-the-pt6-engine/>
- Henkel Ibérica, S.A. (2020). *El blog de los profesionales del taller*. Recuperado el 06 de enero de 2021, de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/equipos-airless-caracteristicas-composicion-y-consejos-de-uso>
- Hernández, V. (20 de 12 de 2018). *Láminas y Aceros*. Recuperado el 26 de febrero de 2021, de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/acero-4140.-acero-al-cromo-molibdeno>
- IMA-LAT. (2016). *Propuestas de mantenimiento anticorrosivo* . Tecolutla - México: N/A.
- Karsten Palt, L. (2001 - 2019). *Flugzeug*. Recuperado el 05 de marzo de 2021, de http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_g164agcat_en.php

- Machine, W. (10 de Septiembre de 2011). *Aceros Aleados*. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de https://web.archive.org/web/20110910020221/http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_aleados.htm
- Navarro, M. A. (s.f.). *Principios básicos. Estructura del avión*. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de https://www.manualvuelo.es/1pbav/14_avion.html
- Oñate, A. E. (1997). *Conocimientos del avión*. Thomson Paraninfo.
- Pratt & Whitney Canada . (2000). *Maintenance Manual*. Pratt & Whitney.
- Pratt & Whitney Canada. (1966). *PT6 NATION*. Recuperado el 15 de febrero de 2021, de <https://web.archive.org/web/20130219035548/http://www.pt6nation.com/en/the-legend>
- PRATT & WHITNEY CANADA. (2000). *Maintenance Manual*. Pratt & Whitney Canada.
- Pratt & Whitney Canada Corp. (Septiembre de 2002). *Training motor PT6*. Recuperado el 08 de diciembre de 2020, de <https://es.slideshare.net/leidy8/pt6-a-fams200209printbook>
- SIKA Colombia S.A.S. (2015). *Preparación de superficies metálicas*. Recuperado el 12 de enero de 2021, de <https://col.sika.com/es/sika-colombia.html>
- TPM EQUIPOS SA DE CV. (S/F). *VENTA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN REPARACION Y CALIBRACION*. Recuperado el 13 de marzo de 2021, de https://tpmequipos.com/294338_Medidor-de-perfil--de--anclaje.html
- Triana, S. P. (23 de 10 de 2014). *Slideshare*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de https://es.slideshare.net/dark_ness/motor-turbo-helice

ANEXOS