



**Limpieza y aplicación de pintura decorativa exterior para los controles de vuelo acorde al
AMM 51-21-99 de las aeronaves Boeing 737-300/400/500 perteneciente a la OMA-
DIAF, ubicada en la ciudad de Latacunga.**

Vasco Leon, Kevin Daniel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía previa a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención
Aviones

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

26 de noviembre del 2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

Certificación

Certifico que la monografía, **“LIMPIEZA Y APLICACIÓN DE PINTURA DECORATIVA EXTERIOR PARA LOS CONTROLES DE VUELO ACORDE AL AMM 51-21-99 DE LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 PERTENECIENTE A LA OMA-DIAF, UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”**. Fue realizado por el señor **Vasco Leon, Kevin Daniel**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2020



Tlgo. Arellano Reyes, Andrés Milton

C. C.: 172306451-3

Reporte de Verificación



Urkund Analysis Result

Analysed Document: MONOGRAFIA VASCO DANIEL (2).docx (D98653963)
Submitted: 3/17/2021 3:13:00 PM
Submitted By: dannyvasco97@gmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

Inspección y Chequeo del área del radome por condición y seguridad, de acuerdo a la Información Técnica aplicable a la Aeronave Boeing 737 - 300400500, perteneciente a la OMA - DIAF..docx (D90495931)
INSPECCION Y PINTURA CESSNA 150M.docx (D47675637)
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8401/66028304083.pdf?sequence=1&isAllowed=yOut>
<https://pinturaingenieriaaeronautica.blogspot.com/>

Instances where selected sources appear:

4

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Andrés Milton Arellano Reyes".

Tigo. Arellano Reyes, Andrés Milton

C. C.: 172306451-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

Responsabilidad de Auditoría

Yo **Vasco Leon, Kevin Daniel**, con cedula de ciudadanía N° 0504342494 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **LIMPIEZA Y APLICACIÓN DE PINTURA DECORATIVA EXTERIOR PARA LOS CONTROLES DE VUELO ACORDE AL AMM 51-21-99 DE LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 PERTENECIENTE A LA OMA-DIAF, UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2020

Vasco León, Kevin Daniel

C. C.: 0504342494



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

Autorización de Publicación

Yo, **Vasco Leon, Kevin Daniel**, con cédula de ciudadanía n° **0504342494** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **LIMPIEZA Y APLICACIÓN DE PINTURA DECORATIVA EXTERIOR PARA LOS CONTROLES DE VUELO ACORDE AL AMM 51-21-99 DE LAS AERONAVES BOEING 737-300/400/500 PERTENECIENTE A LA OMA-DIAF, UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2020

Firma:



Vasco León, Kevin Daniel

C.C.: 0504342494

Dedicatoria

El esfuerzo de mi trabajo en esta monografía se la dedico con todo mi corazón a todas las personas que creyeron en mi especialmente mis padres Nancy Leon y Ramón Vasco quienes inculcaron en mi persona valores de trabajo, honestidad, sinceridad y esfuerzo para obtener las metas que me propongo en mi vida, también quiero realizar una dedicatoria muy especial para mi abuelita Rosa María Acuña que hoy en día no se encuentra en este mudo terrenal pero que siempre me apoyo en todo sentido moral.

Pero quien sería yo sin el apoyo de mis dos pilares fundamentales mi mujer y mi hija quienes son mi inspiración para salir adelante sin importar que obstáculo se interponga, esto también va por ustedes Jazmín y Daniela.

KEVIN DANIEL VASCO LEON

Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme salud y vida para estar en este momento tan emotivo y especial, y por hacer realidad mis sueños y metas que día a día los voy cumpliendo, gracias por darme una hija y una mujer que son mi inspiración para seguir adelante además de hermanos, familiares y amigos entusiastas que siempre estuvieron en las buenas y en las malas para darme ánimos cuando más lo necesitaba.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por acogerme en su prestigiosa institución y darme los mejores docentes y amistades, que con cariño y respeto nos formalizamos profesionalmente creando un ámbito de profesionalismo responsable.

Al personal Técnico, Militar y Administrativo de la OMA-DIAF por acogerme en sus instalaciones y darme el espacio necesario para realizar el trabajo más importante de mi trayecto estudiantil, brindándome su mano amiga y apoyándome con todo lo que este a su alcance para culminar de forma satisfactoria el proyecto técnico.

A todas las personas que de cualquier forma fueron parte fundaméntela para alcanzar esta meta lograda, no me queda más que decir gracias.

KEVIN DANIEL VASCO LEON

Tabla de Contenido	
Carátula	1
Certificación	2
Reporte de Verificación	3
Responsabilidad de Auditoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenido	8
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	13
Resumen	15
Abstract	16
Problema de Investigación	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación.....	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo General</i>	20
<i>Objetivos Específicos</i>	20
Alcance	21
Marco Teórico	22
Reseña histórica Boeing	22
<i>Boeing 737-100</i>	23
<i>Boeing 737-200</i>	24
<i>Boeing 737-300</i>	25
Características técnicas.	28
Dimensiones de la aeronave.....	28
Controles de Vuelo	30
<i>Controles de vuelo primarios</i>	31
<i>Alerones</i>	31
<i>Ruder o timón de dirección</i>	32
<i>Elevadores o timón de profundidad</i>	33

Controles de Vuelo Secundarios.....	34
<i>Superficies hipersustentadoras (flaps y slats)</i>	34
<i>Spoiler</i>	36
Tipos de controles de vuelo.....	37
<i>Controles de vuelo mecánicos</i>	38
Definición de Pintura.....	42
Pintura Aeronáutica.....	42
Tipos de Recubrimiento.....	43
<i>Por su composición química</i>	43
<i>Recubrimiento de materiales compuestos</i>	44
<i>Primer conductivo</i>	44
<i>Por la especificación del fabricante</i>	45
Proceso de Inspección.....	46
<i>Ralladuras</i>	47
<i>Detectar Hilera de Remaches</i>	48
<i>Detección de corrosión</i>	48
<i>Hendiduras</i>	49
<i>Derrame de Combustible y Líquido Hidráulico</i>	49
<i>Estado de la Pintura</i>	50
Proceso de Enmascarado.....	50
<i>Materiales para Enmascarado</i>	50
Aplicación de Removedor.....	54
Proceso de Lijado.....	54
Proceso de Lavado.....	55
Proceso Sellado	56
Aplicación de Primer	56
Aplicación de Pintura	57
Equipos de Protección Personal.....	61
<i>Protección para la Cabeza</i>	62
<i>Protección Visual</i>	63
<i>Protección Auditiva</i>	64
<i>Protección para las Manos</i>	65
<i>Protección para los Pies y Piernas</i>	66

	10
<i>Protección Respiratoria</i>	66
<i>Protección Facial</i>	67
<i>Protección de cuerpo entero</i>	68
<i>Trabajo en las alturas</i>	69
Desarrollo del Tema	70
Preliminares.....	70
Consideraciones Generales.....	71
Inspección de factores a considerar en la cabina de pinturas de la OMA-DIAF.....	71
Solución al Problema.....	72
Implementación del Sistema de Iluminación.....	72
Prueba de Funcionamiento.....	73
Spoilers Descripción.....	74
Medidas de Seguridad.....	76
Materiales y Herramientas.....	76
Reconocimiento del Área de Trabajo.....	78
Practica de Mantenimiento.....	79
Limpieza del Componente Spoiler.....	79
Inspección del Spoiler.....	80
Proceso de Enmascarado.....	81
<i>Proceso de Lijado</i>	82
<i>Limpieza del Polvo</i>	84
Aplicación de Primer Conductivo.....	86
<i>Preparación del Primer Conductivo</i>	86
<i>Probeta de Abanico y Chorro</i>	88
Aplicación.....	88
<i>Aplicación de Primer Verde</i>	90
Proceso de pintado.....	90
<i>Preparación de la Pintura</i>	91
Aplicación de Pintura.....	95
Análisis Económico del Proyecto.....	99
<i>Costos Internos</i>	99
<i>Gastos Fuera de la Empresa</i>	101
<i>Gasto Total del Proyecto</i>	101

Conclusiones y Recomendaciones	103
Conclusiones	103
Recomendaciones.....	104
Bibliografía	105
Anexos	111

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Características del 737-300</i>	28
Tabla 2. <i>Dimensiones 737-300</i>	30
Tabla 3. <i>Componentes de los Controles de Vuelo Mecánicos</i>	39
Tabla 4. <i>Componentes de Fly By Wire</i>	41
Tabla 5. <i>Clasificación de la Corrosión</i>	49
Tabla 6. <i>Tabla de Luminosidad en Industrias</i>	58
Tabla 7. <i>Tabla de Viscosidad de Pinturas</i>	60
Tabla 8. <i>Lista de Equipos y Herramientas</i>	73
Tabla 9. <i>Datos Técnicos del Componente</i>	75
Tabla 10. <i>Materiales, Herramientas, EPP, y Manuales</i>	77
Tabla 11. <i>Lijas Utilizadas según su Función</i>	83
Tabla 12. <i>Herramientas Utilizadas para la Preparación del Primer Conductivo</i>	87
Tabla 13. <i>Tipos de Pinturas de Revestimiento según AMM</i>	91
Tabla 14. <i>Costos Internos</i>	99
Tabla 15. <i>Gastos Fuera de la Empresa</i>	101
Tabla 16. <i>Gastos totales</i>	102

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Diseño Aeronave 737</i>	22
Figura 2. <i>Boeing 737-100</i>	24
Figura 3. <i>Boeing 737-200</i>	25
Figura 4. <i>Boeing 737-300</i>	26
Figura 5. <i>Boeing 737 MAX</i>	27
Figura 6. <i>Variantes 737</i>	27
Figura 7. <i>Dimensiones 737-300</i>	29
Figura 8. <i>Ejes de la Aeronave</i>	31
Figura 9. <i>Movimiento de Alerones</i>	32
Figura 10. <i>Movimiento de Rudder</i>	33
Figura 11. <i>Perfil Alar</i>	33
Figura 12. <i>Flaps</i>	34
Figura 13. <i>Slats</i>	35
Figura 14. <i>Spoilers</i>	37
Figura 15. <i>Controles de Vuelo</i>	37
Figura 16. <i>Controles de Vuelo Mecánicos</i>	39
Figura 17. <i>Sistema Fly-By-Wire</i>	40
Figura 18. <i>Pintura Aeronáutica</i>	42
Figura 19. <i>Primer Conductivo</i>	45
Figura 20. <i>Inspección de la Aeronave</i>	47
Figura 21. <i>Scraper</i>	51
Figura 22. <i>Cinta Adhesiva</i>	52
Figura 23. <i>Papel Enmascarado</i>	53
Figura 24. <i>Enmascarado de la Aeronave</i>	53
Figura 25. <i>Lijado Exterior</i>	54
Figura 26. <i>Lavado de la Aeronave</i>	55
Figura 27. <i>Aplicación del Primer</i>	56
Figura 28. <i>Aplicación de Pintura</i>	61
Figura 29. <i>Equipos de Protección Personal</i>	62
Figura 30. <i>Casco Protector</i>	63
Figura 31. <i>Gafas de Seguridad</i>	64

Figura 32. <i>Protección Auditiva</i>	65
Figura 33. <i>Protección Respiratoria</i>	67
Figura 34. <i>Careta de Seguridad Facial</i>	68
Figura 35. <i>Nueva Luminaria</i>	72
Figura 36. <i>Componente Spoiler</i>	74
Figura 37. <i>Datos de Identificación del Spoiler</i>	75
Figura 38. <i>Charla de Familiarización del Área de Trabajo</i>	78
Figura 39. <i>Limpieza del Spoiler</i>	80
Figura 40. <i>Desprendimiento de Pintura</i>	81
Figura 41. <i>Enmascarado de Spoiler</i>	82
Figura 42. <i>Lijadora</i>	83
Figura 43. <i>Limpieza de Spoiler</i>	84
Figura 44. <i>Limpieza con Toallas Industriales</i>	85
Figura 45. <i>Diferencia del antes y después de la Limpieza</i>	85
Figura 46. <i>Componente A y B</i>	86
Figura 47. <i>Medición en Porciones Iguales</i>	87
Figura 48. <i>Probeta de Abanico</i>	88
Figura 49. <i>Aplicación de Primer Conductivo</i>	89
Figura 50. <i>Aplicación de Primer Verde</i>	90
Figura 51. <i>Kit de Pintura</i>	92
Figura 52. <i>Agitador de Envases de Pintura</i>	92
Figura 53. <i>Mezcla de Base y Catalizador</i>	93
Figura 54. <i>Copa Zahn</i>	94
Figura 55. <i>Probeta de Abanico y Chorro</i>	94
Figura 56. <i>EPP para Pintura</i>	95
Figura 57. <i>Limpieza Previa</i>	96
Figura 58. <i>Medidor de Humedad</i>	96
Figura 59. <i>Lúmenes en la Cabina de Pintura</i>	97
Figura 60. <i>Aplicación de Pintura</i>	98
Figura 61. <i>Spoiler Culminado</i>	98

Resumen

La siguiente monografía se la realiza en base a información técnica aplicable y asesoría técnica calificada, esto es posible realizar gracias a la OMA-DIAF situada en la ciudad de Latacunga, quienes brinda su mano amiga para realizar este tipo de proyectos, dicha empresa tiene especialización en aeronaves como Boeing 737-300/400/500 para poder brindar servicios de mantenimiento en todo aspecto de la aeronave incluyendo el mantenimiento de pintura exterior. Las tareas de mantenimiento de pintura no solamente se los realiza en el hangar principal, también se los realiza en una cabina de pintura la cual debe estar equipada con los estándares de calidad que rigen las normas, la implementación de un sistema de iluminación es netamente necesario, debido que para un trabajo como el de pintura debemos obtener un nivel de luminosidad mayor a 1000 lux. Las tareas de mantenimiento de pintura nos sirven para detectar fallas en la estructura de la aeronave como pueden ser: rayaduras, hendiduras, fisuras, corrosión, etc. Cuando detectamos cualquiera de estas imperfecciones procederemos a realizar la reparación correspondiente según los manuales lo indiquen, esta corrección la deberá realizar el personal correspondiente especializado en dicha área, con esto evitaremos tener cualquier inconveniente en un futuro obteniendo un trabajo óptimo.

Palabras clave:

- **SPOILER**
- **PRIMER**
- **SISTEMA DE ILUMINACIÓN**
- **AERONAVE BOEING 737-300/400/500**

Abstract

The following monograph is based on applicable technical information and qualified technical advice, this is possible thanks to the OMA-DIAF located in the city of Latacunga, who gives their friendly hand to carry out these kinds of projects, the company specializes in aircraft such as Boeing 737-300/400/500 in order to provide maintenance services in all aspects of the aircraft including the maintenance of exterior pain. Paint maintenance is not only performed in the main hangar, they are also performed in a paint booth which must be equipped with the quality standards that govern the standards, the implementation of a lighting system is clearly necessary, because for a job like painting we must get a brightness level greater than 1000 lux. Paint maintenance helps us detect failures in the aircraft structure as they can be: scratches, slits, cracks, corrosion, etc. When we detect any of these imperfections we will proceed to carry out the corresponding repair as directed by the manuals, this correction must be made by the relevant staff specialized in this area, with this we will avoid having any inconvenience in the future getting an optimal job.

Key words:

- **SPOILER**
- **PRIMER**
- **LIGHTING SYSTEM**
- **AIRCRAFT BOEING 737-300/400/500**

CAPÍTULO I

1. Problema de Investigación

1.1 Antecedentes

La pintura cumple un papel fundamental en el sector aeronáutica puesto que la pintura es un recubriendo orgánico protector para las distintas piezas de la aeronave, a nivel mundial todas las aeronaves tienen diferentes tipos de diseños y acabados de pintura que le dan una identificación u originalidad a la aeronave, queriendo así dar un deguste a las personas que los observan, pero el fin de la pintura no es solo una decoración para la aeronave ya que esta cumple la función de proteger la piel exterior de la aeronave, de los diferentes tipos climatológicos del medio ambiente, que pueden producir daños considerables en la estructura de un avión.

En las regiones de nuestro país Ecuador se tiene diferentes zonas climáticas que favorecen a la corrosión, puesto que en menos de una hora de vuelo existen cambios rústicos de climas, lo que desfavorece a las aeronaves tanto en aire como en tierra, para este tipo de factores sirve el recubrimiento de pintura en la aeronave, la pintura evita diferentes tipos de acciones dañinas para la estructura del avión, una de las principales funciones de la pintura es proteger de la corrosión, ralladuras y fricción aerodinámica que el viento produce al chocar con la aeronave por la elevada velocidad que la misma conlleva.

Las aeronaves Boeing 737-300/400/500 son aeronaves comerciales que puede cumplir con vuelos a corta o larga distancia, así esta puede volar de país en país o

también de continente a continente, por lo cual esta se eleva a una altura considerable y a una velocidad netamente rápida, unidas estas dos variables como son altura y velocidad son totalmente dañinas para la estructura de una aeronave si estas no tuvieran el recubrimiento de pintura, es por esta razón que las aeronaves cada cierto tiempo proceden a ser decapadas y vueltas a pintar según sea el daño que consigne la pintura de la aeronave.

1.2 Planteamiento del problema

Ecuador cuenta con una OMA lleva el nombre de DIAF que se encuentra en el cantón Latacunga, brinda servicios de inspecciones para diferentes tipos de aeronaves, ésta cuenta con talleres para acabados de pintura y tratamientos anticorrosivos, pero se encontrado una dificultad en los mismos, y es la iluminación incorrecta para poder realizar el acabado de pintura en los componentes de la aeronave, dado que se debe tomar en cuenta que la pintura de las aeronaves es sumamente inflamable y sin una correcta iluminación podría terminar en un accidente laboral.

Como se sabe, para dar el acabado de pintura se necesita de un lugar cerrado, para evitar las partículas de polvo que se encuentran normalmente en el ambiente, es por esta razón que se necesita de una iluminación que sea de luz fría y que brinde una correcta visibilidad, según la RD 486/1997 en el artículo 8 indica que: “La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud” (INSST, 1997).

Para realizar el acabado de pintura en un componente, se debe tener en cuenta que este tiene que pasar por procesos de curación anticorrosivos, los mismos que se los desarrolla dentro del taller y que de igual manera son altamente inflamables, por lo tanto se tiene una iluminación que permita visualizar de forma clara el trabajo que se está desarrollando, pero de la misma manera, con la seguridad de no poseer una temperatura alta y que ésta pueda provocar un incendio al momento de tener contacto con los gases inflamables ya sea de la pintura o de los tratamientos anticorrosivos.

1.3 Justificación

El acabado de pintura en una aeronave es de vital importancia para que la misma pueda ser protegida de diferentes factores climatológicos e incluso daños físicos provocados por el ser humano o por otros factores, como bien se sabe el recubrimiento orgánico sufre el impacto del viento, el mismo que produce desgaste, es en ese momento donde el recubrimiento protege a la estructura de la aeronave, manteniéndola sin desgaste a la piel de la aeronave e incluso la protege de ralladuras que por cualquier circunstancias se produzca.

La aplicación de pintura en una aeronave debe ser cautelosa y con una visibilidad totalmente clara, para que el técnico especialista en pintura no obtenga ningún tipo de fallas en la superficie a pintar, además de que la iluminación debe ser de luz fría para que no exista ningún tipo de riesgo ya que los gases que emana la pintura son altamente inflamables y estos pueden causar daños humanos y materiales.

De acuerdo a la TASK CARD 51-21-99-307-001 DECORATIVE EXTERIOR PAINT SYSTEM APPLICATION se procederá a realizar la aplicación de pintura con el respectivo tratamiento anticorrosivo y la limpieza de superficies en las partes desmontables de la aeronave, esto se llevará a cabalidad con los pasos requeridos por el manual, para obtener una aplicación de pintura uniforme, el mismo se realizará en la estructura cerrada del área de pintura de la OMA-DIAF.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar la correcta aplicación de pintura a los componentes externos de las aeronaves BOEING 737-300/400/500 de acuerdo a la TASK CARD 51-21-99-307-001 en la OMA-DIAF, con el asesoramiento de los técnicos especializados y la implementación de un sistema de luminaria obteniendo una visibilidad óptima para el acabado en pintura de los componentes.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las consecuencias que causan una mala visibilidad al momento de aplicar la pintura en los componentes aeronáuticos.
- Implementar la luminaria correspondiente para el lugar de trabajo donde se realizará el respectivo procedimiento de acabados de pintura.

- Desarrollar y evaluar la práctica de acabados de pintura exterior con guía en la información técnica aplicable y la respectiva iluminación implementada.

1.5 Alcance

Realizar un óptimo y satisfactorio acabado de pintura exterior de las aeronaves Boeing 737-300/400/500, evitando así tener futuros daños en la estructura de la aeronave mediante una buena aplicación de pintura, que se realizará con la correcta iluminación para la visibilidad del personal obtenida en el lugar de trabajo, brindando seguridad, comodidad y un ambiente perfecto para el personal técnico del área de pintura.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1 Reseña histórica Boeing

(Bucker Book, 2019). Menciona que “un 737 despegue en algún lugar del mundo cada cinco segundos y hay 1.250 en el cielo en cualquier momento”. La aeronave Boeing 737 tuvo sus orígenes e inicios en el año 1964 creada por dos pioneros de la aviación, Joseph Sutter y Jack Steiner quienes se vieron en la obligación de crear una aeronave que diera competencia a sus rivales directos el DC-9, BAC-111Y Fokker F28 y que fuera el predecesor de la serie 727, pero lo que estos dos amantes de la aviación no sabían es que en un futuro no muy lejano esta aeronave llegaría a ser un icono histórica en la aviación comercial.

Figura 1.

Diseño Aeronave 737



Nota. En la figura podemos observar a los ingenieros de The Boeing Company diseñando la aeronave 737. Tomado de (EnElAire, 2019)

“Joe Sutter comentó que un día tomó un modelo en papel del Boeing 727 y en un experimento cortó los motores y los colocó debajo del ala, logrando de esta forma innovar en la aviación al ser el primer modelo con estas características.” (En El Aire, 2019).

Es de esta manera que la aeronave 737 no solamente sería la predecesora del 727 sino que también sería la nueva innovación en la estructura de las aeronaves, dejando en el pasado los diseños tradicionales en esa época y con esto logrando un mayor rendimiento en su totalidad en la aeronave.

Ahora se debe dar un vistazo a la evolución que conllevó esta aeronave con el pasar del tiempo desde sus inicios hasta la actualidad.

2.1.1 Boeing 737-100.

“El 737-100 fue la primera variante de esta modelo fabricada en 1964. Esta aeronave podía transportar hasta 115 pasajeros; tenía una longitud de 28 metros y su peso máximo de despegue (MTOW) era de 42,411 kg.” (En El Aire, 2019). Estas aeronaves contaban con motores JTD8-7 y realizó su primer vuelo el 7 de abril de 1967.

Figura 2.
Boeing 737-100



Nota. En la figura podemos observar una de las 22 aeronaves 737-100 que adquirió la aerolínea Lufthansa. Tomado de (EnElAire, 2019)

2.1.2 Boeing 737-200

Al pasar el tiempo el mundo reclamada una aeronave con mayor capacidad de pasajeros por lo que la compañía Boeing lanzo su serie -200. “Una de las características principales de este modelo fue la incorporación de dos secciones en el fuselaje, lo que permitía tener una mayor separación entre asientos, brindando la capacidad de acomodar a 130 pasajeros a bordo de acuerdo a la configuración que los clientes requirieran.” (En El Aire, 2019).

El desarrollo de las versiones -100 y -200 fueron simultáneas por lo que la serie -200 no tardaría en realizar su lanzamiento unos meses después de la presentación del -100, exactamente el 8 de agosto de 1967 realizó su primer vuelo la aeronave Boeing 737-200.

Figura 3.
Boeing 737-200



Nota. En la figura podemos apreciar la aeronave 737-200. Tomado de (En El Aire, 2019)

2.1.3 Boeing 737-300

“En 1981 inicia el proyecto en Boeing para la versión -300. En 1984 se lanza el prototipo de la aeronave y el 24 de febrero de ese mismo año se realiza su primer vuelo. Fueron fabricadas 1,113 unidades y se tiene registro de 514 aeronaves que continúan en operación.” (En El Aire, 2019).

Una de las características que cabe recalcar, es que la serie -300 tiene un 60% de similitud a la serie -200, por lo que esto tenía una gran ventaja para las empresas adquirientes, debido que no tenían que actualizar al personal de mantenimiento ni a la tripulación de vuelo, por lo que esto significaba un ahorro sumamente grande.

Figura 4.
Boeing 737-300



Nota. En la figura podemos apreciar la gran similitud entre 737-300 y -200. Tomado de (En El Aire, 2019).

Después de las tres primeras variantes de la serie 737, las posteriores aeronaves modificaron y corrigieron errores que las variantes anteriores tenían, modificando ya sea su estructura, sus motores o la cabina de pilotos, que hoy en la actualidad es sumamente sofisticada.

La última variante en la actualidad es el 737 MAX que consta de los equipos más sofisticados, brindando mayor seguridad y confort a los pasajeros y tripulantes de vuelo.

Figura 5.
Boeing 737 MAX



Nota. En la figura podemos ver a la aeronave 737 MAX, lo más sofisticado en aeronaves de The Boeing Company. Tomado de (En El Aire, 2019).

A partir de ahora se analizará las variantes de las aeronaves de una forma más resumida y con sus respectivas generaciones.

Figura 6.
Variantes 737

Variant	Passengers	Range	
First Generation	737-100	118	1,540 nmi
	737-200	130	2,600 nmi
Second Generation	737-300	140	2,255 nmi
	737-400	168	2,060 nmi
	737-500	132	2,375 nmi
Third Generation	737-600	130	3,235 nmi
	737-700	140	3,010 nmi
	737-800	175	2,935 nmi
	737-900	215	2,950 nmi
Fourth Generation	737 MAX 7	153	3,850 nmi
	737 MAX 8	178	3,550 nmi
	737 MAX 9	193	3,550 nmi
	737 MAX 10	204	3,300 nmi

Nota. En la figura podemos apreciar una tabla de las variantes del 737 y su capacidad de carga. Tomado de (Bucker Book, 2019)

2.2 Características técnicas.

De la serie de la aeronave 737 se escogerá a la variante -300 para ver sus dimensiones y características principales de la misma.

Tabla 1.

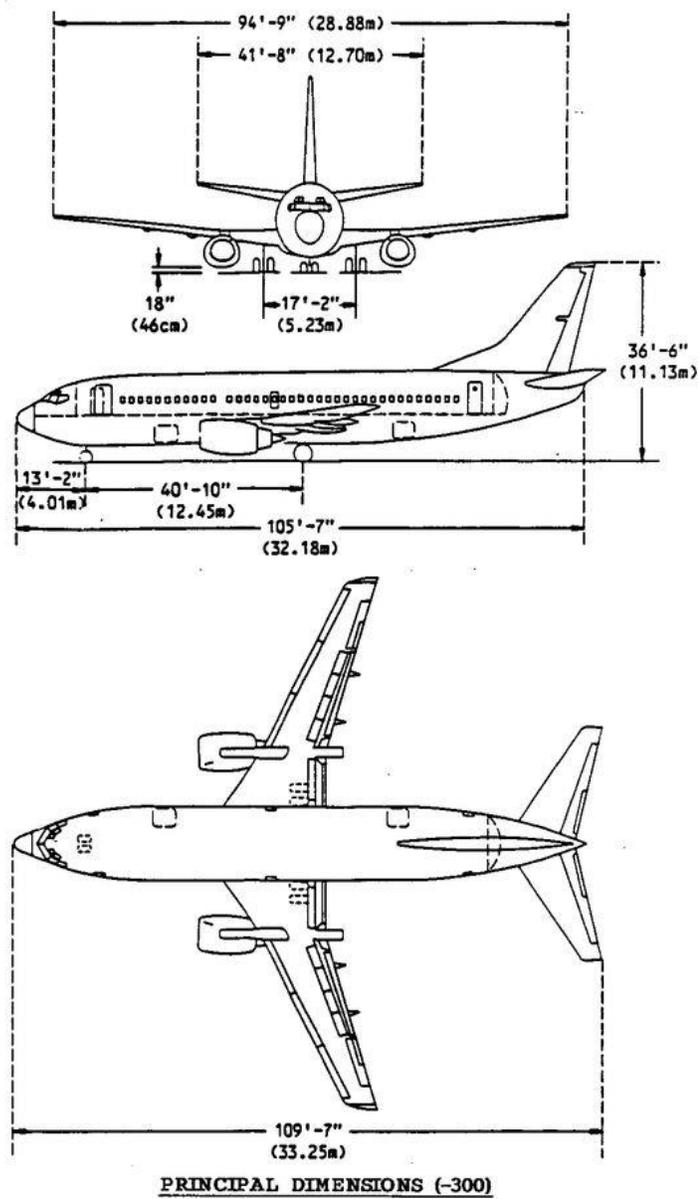
Características del 737-300

Pasajeros	Hasta los 149 pasajeros
Tipo	Pasillo único
Velocidad máxima de crucero	0,82 Mach
Numero de motores	2 motores
Alcance máximo	2.255 nm /4.176 km
Longitud	109 ft 7 in / 33,40 m
Ancho de cabina	11,6 ft / 3,54 m
Peso máximo al despegue (toneladas)	63,2 toneladas
Techo de vuelo	39000 ft / 12000 m

Nota: Tomado de (Emptyleg, 2019)

2.3 Dimensiones de la aeronave

La aeronave Boeing 737-300 consta de las siguientes dimensiones:

Figura 7.*Dimensiones 737-300*

Nota. En la figura podemos ver todas las dimensiones de la aeronave 737-300. Tomado de (Out of the Box Models, 2021)

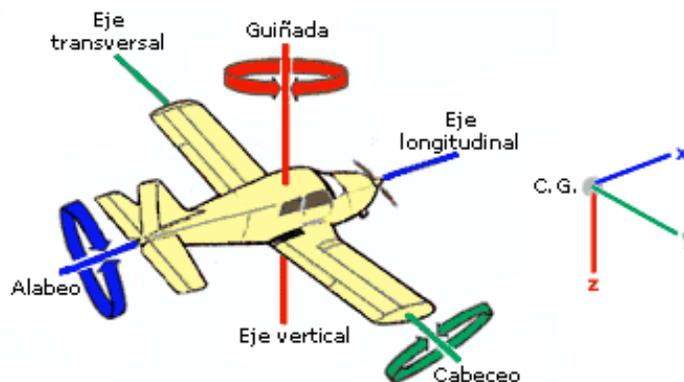
Tabla 2.*Dimensiones 737-300*

Sección transversal	12 ft 4 in (3,76 m)
Envergadura del ala	94 ft 9 in (28,88 m)
Stabilo Span	41 ft 8 in (12,70 m)
Largo	109 ft 7 in (33,40 m)
Altura	36 ft 4 in (11,07 m)

Nota: Tomado de (Todo Aviones, 2000)

2.4 Controles de Vuelo

“Los mandos de vuelo son los mecanismos integrados del avión, que permiten modificar la posición de las superficies de control y de esa manera, poder modificar la posición del avión. Los mandos de vuelo los podemos clasificar en mandos de vuelo primario y secundario. Los mandos de vuelo primarios nos van a permitir modificar la posición del avión en torno a los 3 ejes del avión. Y los mandos de vuelo secundarios nos permitirán aumentar o disminuir la sustentación y resistencia del avión,” (Take Off Briefing, 2012).

Figura 8.*Ejes de la Aeronave*

Nota. En el gráfico podemos apreciar los 3 ejes principales de movimiento de la aeronave. Tomado de (Corredor Garzón, 2018)

2.4.1 Controles de vuelo primarios

Los controles de vuelo primarios son aquellos que permiten tener el control de dirección de la aeronave en sus tres ejes como son: eje vertical, horizontal y longitudinal. Como controles primarios de la aeronave tenemos: alerones, ruder y elevadores, cada uno de estas superficies tienen su finalidad, entonces pasemos a ver que función tiene cada una de estas superficies.

2.4.2 Alerones

Los alerones permiten realizar el movimiento de alabeo a través del eje longitudinal. Los alerones siempre funcionan asimétricamente, uno sube y el otro baja. Dentro de la cabina de mandos, actúan sobre los alerones, girando los cuernos o

Sidestick a la derecha (Sube el alerón derecho y baja el izquierdo) o hacia la izquierda (Sube el alerón izquierdo y baja el derecho), (Take Off Briefing, 2012).

Figura 9.

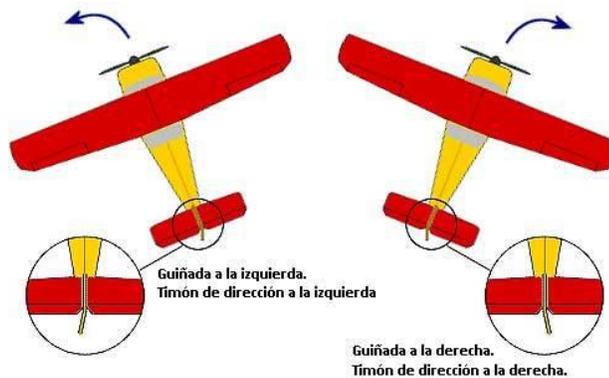
Movimiento de Alerones



Nota. Movimiento en el eje longitudinal. Tomado de (Dert-16, 2013)

2.4.3 Ruder o timón de dirección

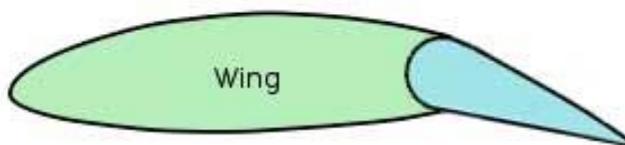
El timón de dirección permite realizar el movimiento de guiñada a través del eje vertical. (Muñoz Navarro, 2020) Lo mismo que en los anteriores. Viendo el avión desde detrás, si el timón de dirección se mueve a la izquierda, la cola se desplazaría a la derecha y el morro iría a la izquierda, (Take Off Briefing, 2012).

Figura 10.*Movimiento de Rudder*

Nota. Movimiento en el eje vertical. Tomado de (Take Off Briefing, 2012)

Elevadores o timón de profundidad

El timón de profundidad permite realizar el movimiento de cabeceo a través del eje lateral o transversal. Si se baja el timón de profundidad aumentará la curvatura, de esta manera las partículas que van por encima del perfil van más rápido y dan más sustentación. (Take Off Briefing, 2012)

Figura 11.*Perfil Alar*

Nota. En la figura se puede observar un perfil alar con su respectivo elevador. Tomado de (Take Off Briefing, 2012)

2.5 Controles de Vuelo Secundarios

Los controles de vuelo secundarios fueron diseñados para ayudar a los controles de vuelo primarios dándole a la aeronave más estabilidad con menos esfuerzo y más seguridad, así tenemos las siguientes superficies secundarias.

2.5.1 Superficies hipersustentadoras (flaps y slats)

Estas superficies tienen la característica de ser móviles y están diseñadas específicamente para aumentar la curvatura y la superficie alar, ya que las mismas se encuentran acopladas en los planos, así consiguen las aeronaves una mayor sustentación teniendo un despegue y aterrizaje con menor velocidad.

a. Flaps

Los **Flaps** suelen ir situados en la parte posterior del plano (Borde de salida) y tienen varias posiciones que permiten que se extiendan en mayor o menor medida. (Take Off Briefing, 2012)

Figura 12.

Flaps



Nota. En el grafico podemos ver a los flaps extendidos. Tomado de (Dave, 2013)

b. Slats

Los **Slats**, están situados en la parte anterior del plano y al extenderse, varían la configuración geométrica del borde de ataque, incrementando la sustentación del ala.

(Take Off Briefing, 2012)

Figura 13.

Slats



Nota. Podemos observar los slats desplegados. Tomado de (Cutler, 2018)

2.5.2 Spoiler

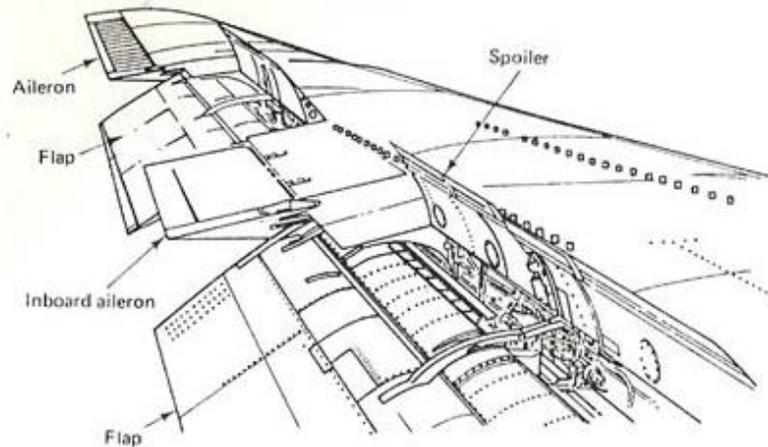
Los spoilers o aerofrenos, los cuales al contrario que los dos tipos anteriores se dedican a restar sustentación, encontrándose normalmente situados en el extradós del ala, por lo que al desplegarse rompen la capa límite, reduciendo la superficie de ala que puede sostenerla, por lo que disminuye muchísimo la sustentación y como se oponen al viento que enfrenta al avión, disminuyen también en gran medida la velocidad de éste, (Blogspot, 2015).

Los spoilers en un inicio fueron diseñados con materiales metálicos, pero al pasar del tiempo se fueron modificando debido que aumentaban el peso en la aeronave y no eran utilizados todo el tiempo por lo que contrarrestaba a que las aeronaves tuvieran más capacidad de carga, entonces, ¿cuál sería la solución para esta situación?

La solución de la ingeniería aeronáutica fue muy novedosa debido que construyeron los spoilers con grafito mismos que tenían un peso sumamente bajo y mucho más resistente que los materiales metálicos.

Los spoilers de una aeronave 737-300/400/500 se los cuenta de izquierda a derecha empezando desde el número cero. El número de spoilers que se tendrá en cada ala será de 5 spoilers que en total sumados de las dos alas son 10.

Figura 14.
Spoilers



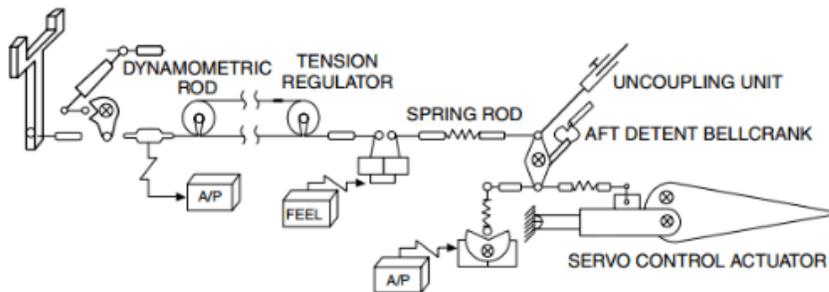
Nota. En la figura podemos observar los controles de vuelo de una aeronave incluyendo los spoiler. Tomado de (Blogspot, 2015)

2.6 Tipos de controles de vuelo

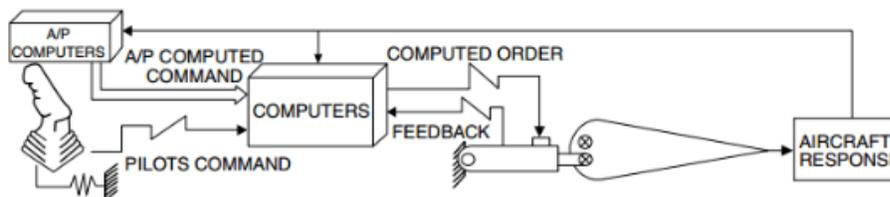
A lo largo de la historia de las aeronaves los controles de vuelo han tenido cambios considerables respecto a su origen que fueron netamente mecánicos hasta la actualidad que son hidráulicos y eléctricos con una tecnología avanzada que lleva a la aeronave a ser controlada análoga y digitalmente. Tomando en cuenta el avance tecnológico nos atreveríamos a decir que hoy en día los vuelos a través de los nuevos sistemas son mucho más seguros y cómodos tanto para los tripulantes de vuelo como para los pasajeros.

Figura 15.
Controles de Vuelo

MECHANICAL FLIGHT CONTROLS



ELECTRICAL FLIGHT CONTROLS (FLY BY WIRE)

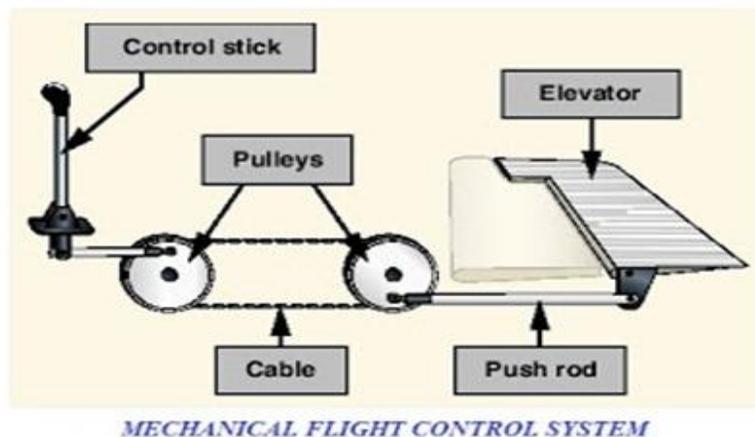


Nota. En la figura podemos diferenciar los dos tipos de controles de vuelo utilizados en aviación. Tomado de (Ortíz, 2020)

Dicho esto, a continuación, se detalla las características de cada una de estas, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una.

2.6.1 Controles de vuelo mecánicos

Los controles de vuelo mecánicos fueron diseñados para las primeras aeronaves de la historia con la finalidad de obtener un control de vuelo seguro al momento de surcar los cielos, estos controles de vuelo comúnmente se los conoce como convencionales, se los manejaba a través de elementos mecánicos como: poleas, cables, palancas, etc. Estos emitían los movimientos desde la cabrilla hasta los controles de vuelo. (Blogger, 2015)

Figura 16.*Controles de Vuelo Mecánicos*

Nota. En la figura podemos observar cómo funcionan los controles de vuelo mecánicos. Tomado de (Pritamashutosh, 2012)

Los controles de vuelo mecánicos se encuentran combinados por diferentes componentes como son:

Tabla 3.*Componentes de los Controles de Vuelo Mecánicos*

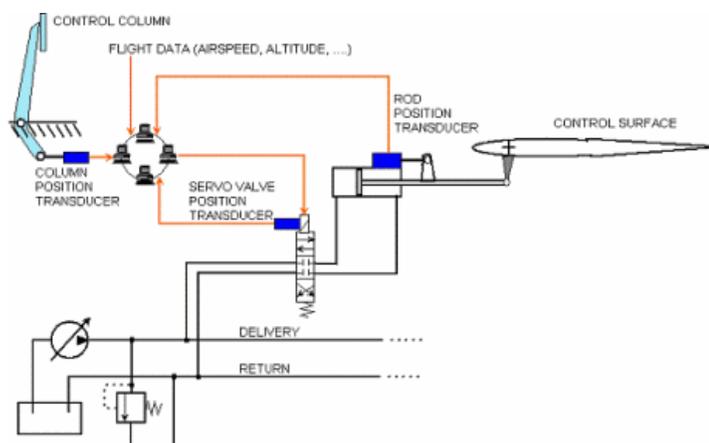
Componente	Propósito
Cable	Transmite el movimiento
Conector de cable	Unión de cable
Palanca de control	Transmite el movimiento humano a la maquina
Polea	Guía en dirección radial
Varilla de empuje y control	Permite el movimiento adelante ya hacia atrás según se requiera
Tensor	Ajusta la longitud del cable
Fair lead	Guía el cable

a) Fly By Wire

Fly by wire o vuelo por cables es la nueva innovación que hasta el día de hoy se ha mantenido en lo que respecta controles de vuelo, es un proyecto innovador para las aeronaves teniendo un vuelo más seguro y preciso al momento de tener vuelos a larga distancia, esta idea surge y fue elaborada en aviación militar para después entrar en vuelos y aeronaves comerciales tales como Airbus, Boeing que son las marcas de aeronaves que realizan el vuelo de sus aeronaves mediante el sistema bly by wire.

Figura 17.

Sistema Fly-By-Wire



Nota. En la figura podemos apreciar los componentes del sistema fly by wire. Tomado de (Pritamashutosh, 2012)

El sistema Fly by wire además de haberse creado para un vuelo más preciso y seguro fue considerado como una ayuda sumamente elevada en lo que respecta al físico del tripulante, debido a que las aeronaves demandaban de un esfuerzo físico alto ya que las aeronaves solo contaban con controles de vuelo mecánicos, lo que ponía al tripulante con los controles de vuelo en contacto directo y como sabemos la presión de

aire que ejercen los controles de vuelo primarios es demasiado alta por lo cual traía consecuencias graves al estado físico de la tripulación.

(Ortíz, 2020) Dice: “suponer que se quiera levantar la mancuerna de tu gimnasio con un número de kilos que sobrepasa tu nivel de fuerza; no se podría hacerlo porque sería demasiado pesada. Ahora, querer conectar un sistema eléctrico y computarizado que al momento de alzar ese mismo peso haga que sea lo más ligera posible, ¿ya estarían demás los cabos que se conectan a tu mancuerna, verdad? Es así como funciona y es lo que provee este sofisticado avance de la aviación moderna”.

Tabla 4.

Componentes de Fly By Wire

COMPONENTE	PROPOSITO
Comando de piloto	Recibir los movimientos requeridos del piloto y enviarlos a la Flight Control Computer.
Flight Control Computer	Es la encargada de recibir y enviar los datos ya sea a los controles de vuelo o dar un aviso a la tripulación de la función que está realizando.
Actuadores	Son los encargados de realizar la acción que emite la flight control computer a las superficies de vuelo
Sensores	Dan información a los tripulantes de lo que está ocurriendo en la aeronave.
Superficie de control	Realizan el movimiento de la aeronave en sus tres ejes principales.

2.7 Definición de Pintura

La pintura hablando generalmente para cualquiera fin que se la vaya a utilizar es un recubrimiento que tiene la finalidad de proteger y ayudar a tener un periodo de vida más larga a cualquier material que se lo aplique es por esta razón que a la pintura la encontramos en todas partes y su aceptación en la industria aeronáutica.

2.8 Pintura Aeronáutica

La pintura en la industria aeronáutica no solo se trata de estética sino de un recubrimiento importante para la estructura de la aeronave, la pintura tiene como finalidad proteger de los rayos UV y de la fricción que ejerce el viento al ponerse en contacto con la estructura de la aeronave, también tiene como finalidad evitar que la estructura tenga daños por corrosión sabiendo que es la peor enemiga en lo que se trata la estructura de cualquier tipo de aeronave. (García Vélez, 2021)

Figura 18.

Pintura Aeronáutica



Nota. En la figura podemos observar una aeronave finalizada la fase de pintura.
Tomado de (Sora Templates, 2017)

Consideramos una buena pintura aquella que cumple con buenas características tales como una buena adherencia, resistencia a la fricción del viento, periodo de durabilidad con el paso del tiempo, resistencia a los cambios bruscos de temperatura a la cual está sometida una aeronave. Así como la pintura es fundamental para la protección estructural de la aeronave también debemos tomar muy en cuenta de que puede ser dañina gracias a una aplicación excesiva de la misma causando que la aeronave tenga un peso adicional lo altera su aeronavegabilidad.

Los recubrimientos para poder ser aplicados a una aeronave deben pasar por estándares de calidad muy rigurosos para poder ser utilizados por los OEM (Original Equipment Manufacturer). Una aeronave correctamente pintada es beneficioso para el área de mantenimiento debido a que es más fácil de limpiar, el aceite, la suciedad y los líquidos hidráulicos no se adhieren tan fácilmente a la estructura de la aeronave y esto resulta gracias a la correcta aplicación de la pintura en la aeronave.

2.9 Tipos de Recubrimiento

Los recubrimientos de las aeronaves se clasifican en dos grupos:

2.9.1 Por su composición química.

Recubrimientos antiestáticos para radome

Recubrimientos para materiales compuestos

Recubrimientos para tanque de combustible

Recubrimientos epoxy

Recubrimientos polyester

Recubrimientos acrílicos

Recubrimiento para interiores

Lacas, (Flores, 2013).

En esta ocasión designaremos a los recubrimientos de materiales compuestos para detallarlo:

2.9.2 Recubrimiento de materiales compuestos.

Los recubrimientos de materiales compuestos son diferentes al recubrimiento de la estructura de aluminio de la aeronave, debido que los materiales compuestos están hechos de fibras de vidrio, carbono y keblar, estos materiales tienen en común su no conducción de energía y por lo tanto esto no conviene en la estructura de la aeronave por lo cual tenemos recubrimientos especiales para ellos. (Andrade, 2005)

2.9.3 Primer conductivo.

El primer conductivo es un recubrimiento especial para los materiales compuestos debido que este tiene la finalidad de ser conductor de energía, al momento de ser aplicado dicho primer cualquier tipo de material compuesto tendrá una buena

conducción de energía mediante la capa de recubrimiento, una de las características de este primer es su color ya que este es de color negro, este primer será aplicado como la primera capa de protección de cualquier componente de material compuesto.

Figura 19.

Primer Conductivo



Nota. En la figura podemos observar un envase de primer conductivo de Sherwin Williams. Tomado de (Sherwin Williams Co., 2020)

2.9.4 Por la especificación del fabricante

Se refiere a las empresas fabricantes de las aeronaves como, por ejemplo:

- Boeing
- Airbus
- General Electric
- Cessna
- Bombardier
- Fedex, etc.

Para poder realizar un proceso de pintura ideal y óptimo debemos seguir los pasos correspondientes, teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante de la aeronave y las especificaciones de los fabricantes de los químicos a usar en el proceso de pintado, estos dos deben ir de la mano, debido que:

El fabricante de la aeronave debe tener conocimiento de los productos químicos que contiene la pintura y que no sean dañinos para la estructura.

Por otra parte, el fabricante de los productos de recubrimiento debe tomar en cuenta de que material están hechas las aeronaves para que el mismo pueda entregar un producto que no tenga reacciones adversas con los materiales a recubrir.

2.10 Proceso de Inspección

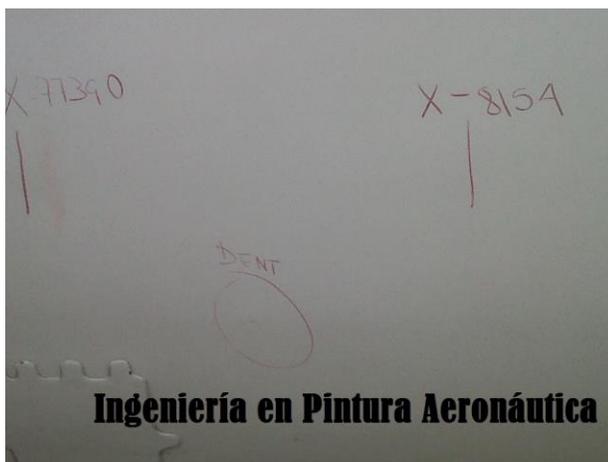
Antes de realizar cualquier tipo de trabajo en una aeronave debemos tomar en cuenta que siempre debemos realizar una inspección previa en el cual nos enfocamos a buscar fallas o daños en la estructura de la aeronave para posteriormente realizar el mantenimiento respectivo acorde al daño que presente la estructura. La inspección se la realiza acorde al manual de cada una de las aeronaves debido a que cada fabricante tiene su respectivo procedimiento y no de todos es el mismo.

En la inspección se busca lo siguiente:

- Rayaduras
- Detectar la hilera de remaches
- Detección de corrosión
- Hendiduras
- Derrame de combustible o liquido hidráulico
- Estado de la pintura

Figura 20.

Inspección de la Aeronave



Nota. En la figura podemos observar la señalización de defectos encontrados en la piel de la aeronave. Tomado de (Flores, 2013)

2.10.1 Ralladuras

Las ralladuras en las aeronaves son los daños más comunes que tiene la piel de la aeronave ya que estas se pueden ocasionar por un descuido por parte de los

técnicos o simplemente por el impacto de aire que contiene FOD al momento de estar a grandes velocidades.

2.10.2 Detectar Hilera de Remaches

La detección de hilera de remaches se lo puede realizar de dos formas: mediante el tacto y vista o de una forma más técnica dirigiéndonos al manual respectivo donde nos indica el lugar específico de la hilera de remaches.

2.10.3 Detección de corrosión

La corrosión a lo largo de la historia de la aviación ha sido uno de los factores más dañinos para la estructura de la aeronave y también para su recubrimiento de pintura debido que al tener presencia de corrosión en la estructura la pintura se desprende de la piel de la aeronave y esto llega a ocasionar graves daños. Esta es la razón por la cual debemos realizar un trabajo de detección de corrosión muy delicado, verificando cada lugar de la aeronave que está libre humedad o líquidos hidráulicos o combustible derramado ya que estos llevan a la creación de corrosión.

Para identificar la corrosión se debe enfocar en la estructura de la aeronave que tengan juntas o uniones, en lugares propensos a tener derrame de líquidos hidráulicos o combustible y en lugares que se concentre la humedad, para esto se necesita de una buena concentración visual y de una buena iluminación, siempre es recomendable tener una linterna y una lupa a la mano.

a. Tipos de corrosión.

Tabla 5.

Clasificación de la Corrosión

Corrosión		
Según el medio	Electroquímica	Química
Según la forma	Localizada	Uniforme
	Galvánicas, por fisuras, por picaduras, por cavitación.	Atmosférica, galvánica, metales líquidos, altas temperaturas.

Nota: Tomado de (Garzón Vera, 2017) y (Osorio Alzate, 2017)

2.10.4 Hendiduras

Las hendiduras en la piel de la aeronave se deben a golpes ocasionados por escaleras utilizadas en mantenimiento o por el descuido de un técnico, también son producidas con golpes ocasionados por FOD que se pueden encontrar en la pista de despegue, otras de las eventualidades más comunes son por el impacto de aves que se atraviesan mediante el vuelo y chocan en la estructura de la aeronave.

2.10.5 Derrame de Combustible y Líquido Hidráulico

Los derrames de combustible y líquido hidráulico son por lo general comunes debido a la alta vibración que las aeronaves producen, por esta razón los ductos de combustible y líquidos hidráulicos tienden a aflojarse en las uniones y estos derraman los líquidos ocasionando que la estructura tenga daños debido que este tipo de líquidos y combustibles son altamente químicos y perjudiciales.

2.10.6 Estado de la Pintura

Al momento de una inspección debemos tomar en cuenta el estado de deteriorado de la pintura como por ejemplo si la pintura perdió su brillo o esta amarillenta, la pintura tiene desprendimiento de la estructura, la pintura esta trizada o rayada, todos estos factores deben ser considerados para poder tener un punto de vista y mejorar la calidad de aplicación de pintura en la aeronave.

2.11 Proceso de Enmascarado

En este proceso lo que se busca es proteger aquellas partes que no deben tener contacto con el removedor de pintura que se le aplica a la aeronave, por ejemplo, micas de luces, ventanas, sistema pitot estático, cañerías hidráulicas o de combustible, llantas, materiales compuestos o acrílicos, debido a que si uno de estos componentes llegaría a tener contacto con el removedor la acción química del removedor podría dañar o hasta llegar a quemar los componentes debido a su alta reacción química.

2.11.1 Materiales para Enmascarado

Los materiales a utilizar para el proceso de enmascarado son los siguientes:

- Scraper plástico
- Cintas adhesivas

- Papel de enmascarado

a) Scraper plástico

El scraper plástico se lo utiliza para realizar multifunciones en lo que respecta el proceso de pintura, pero en esta ocasión hablamos del proceso de enmascarado, en este proceso el scraper realiza la función de dar un buen sellado de la cinta adhesiva hacia el material a proteger, esta función la realiza pasando el scraper sobre la cinta adhesiva de forma lenta y aplicando un poco de presión sobre el mismo, al momento de realizar este proceso evitamos que al realizar la aplicación de primer o pintura este penetre al área protegida.

Figura 21.
Scraper



Nota. En la figura podemos observar un scraper plástico utilizado en la industria aeronáutica. Tomado de (3M, 2021).

b) Cintas adhesivas

La cinta adhesiva tiene la función de adherirse al material a proteger para que la pintura no tenga opción a penetrarse a dicho material, obstaculizando todo tipo de entrada ya sea a la pintura, polvo o removedor.

Figura 22.

Cinta Adhesiva



Nota. En la figura podemos apreciar cintas adhesivas para enmascarado de diferentes medidas. Tomado de (3M, 2021)

c) Papel de enmascarado

Al igual que la cinta adhesiva el papel de enmascarado protege al material que no debe tener contacto de pintura, polvo o removedor, pero a diferencia de la cinta adhesiva de solamente cubrir superficies pequeñas este material protege superficies mucho más amplias, siendo así que la cinta adhesiva y el papel de enmascarado van de la mano en cuanto se trate de protección de superficies.

Figura 23.

Papel Enmascarado



Nota. En la figura podemos apreciar el papel de enmascarado apropiado para la aplicación de pintura. Tomado de (3M, 2021)

Figura 24.

Enmascarado de la Aeronave



Nota. Se debe enmascarar todos los materiales que estén compuestos de micas, cauchos o materiales compuestos. Tomado de (Armendáriz, 2019)

2.12 Aplicación de Removedor

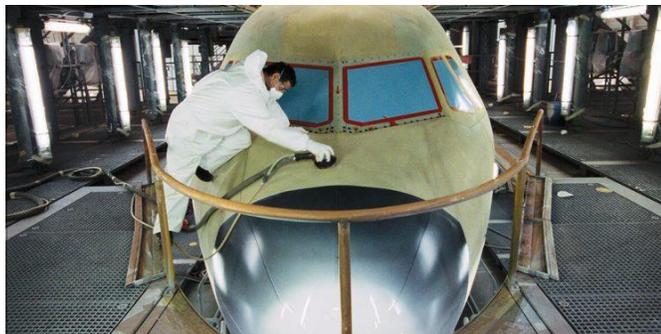
El removedor tiene como finalidad acortar el tiempo de lijado mediante el desprendimiento de pintura que se lo consigue cuando el removedor se aplica sobre el área de pintura llevando a una reacción química la cual hace que la pintura se desprenda fácilmente de la lámina de aluminio o de cualquier otro material, pero también debemos tener en cuenta que no es recomendable que el removedor este demasiado tiempo en la superficie debido que este puede llegar a dañar el recubrimiento de aluminio que lleva la estructura y esto conllevaría a tener un acabado de baja calidad.

2.13 Proceso de Lijado

Este proceso requiere de concentración y experiencia por parte del personal que vaya a realizar la actividad, el lijado tiene como finalidad desprender el recubrimiento de pintura de la aeronave que el removedor no pudo sacar, aunque en su mayoría se lo utiliza en lo que se trata materiales compuestos puesto que si le añadimos removedor este se podría dañar tal y como lo aviamos mencionado anteriormente, es por esta razón que el lijado es 100% utilizado en estos componentes.

Figura 25.

Lijado Exterior.



Nota. El lijado debe ser técnicamente correcto para no afectar la capa protectora de la piel de la aeronave. Tomado de (Aeroespacial, 2020)

Debemos ser cautelosos al momento de realizar el lijado y mucho más si utilizamos la lijadora, como sabemos la estructura de la aeronave tiene un recubrimiento de aluminio que no permite la corrosión en la estructura y si excedemos de este límite con la lijadora y penetramos dicho recubrimiento, la estructura se vuelve vulnerable ante la corrosión y esta podría con el tiempo causar un daño mucha más grande.

2.14 Proceso de Lavado

Dicho proceso se lo realiza después de haber removido la pintura de la aeronave sea con el removedor o con el proceso de lijado este proceso sirve para retirar los residuos de removedor o el polvo que se obtiene posteriormente al lijado, dejando la superficie de la aeronave completamente limpia para poder proceder al siguiente paso.

Figura 26.

Lavado de la Aeronave



Nota. La aeronave se tiene que lavar para eliminar impurezas en la piel de la aeronave. Tomado de (Flores, 2013)

2.15 Proceso Sellado

Con la superficie de la aeronave limpia procedemos a sellar las uniones de la piel de la aeronave, con el sellado de las láminas eliminamos la posibilidad de que se pueda formar humedad evitando la corrosión y prevenimos la fuga de aire en zonas de la aeronave que son presurizadas.

2.16 Aplicación de Primer

El proceso de aplicación del primer, tiene como finalidad inhibir la corrosión del metal y actuar con una buena adherencia entre el metal y la pintura. (Flores, 2013)

Figura 27.

Aplicación del Primer



Nota. La aeronave está cubierta con una capa de primer. Tomado de (Sora Templates, 2017)

2.17 Aplicación de Pintura

Para realizar el proceso de pintura en la piel de la aeronave debemos tener en cuenta diferentes factores que se consideran de gran importancia para obtener un acabado uniforme y sin ningún desperfecto.

Los factores a considerar son:

a) **Correcta iluminación.**

Una correcta iluminación al momento de realizar el proceso de acabado de pintura es sumamente importante debido que para poder aplicar una capa de pintura nuestra vista debe tener una óptima visión además de estar acorde a los estándares de calidad para poder realizar dicha actividad. Al momento de realizar el proceso de pintura la iluminación no debe permitir que la vista se incomode por ninguna situación ya sea por sombras cruzadas o por baja iluminación.

La luminaria a utilizar en puestos de trabajo de pinturas debe ser de luz fría debido que una alta temperatura causada por la luminaria llegaría a causar un incendio debido a su alto grado de inflamación que presentan los recubrimientos químicos o pinturas de acabado aeronáutico. Por esta razón es recomendable utilizar luz led para la iluminación de este tipo de lugares de trabajo ya que estos tienen un alto grado de luminosidad sin requerir un alto consumo de energía, esta conlleva a ser una luz fría

Tabla 6.

Tabla de Luminosidad en Industrias.

ÁREAS	MÍNIMO (LUX)	ÓPTIMO (LUX)	MÁXIMO (LUX)
Trabajos con requerimientos visuales limitados.	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales.	500	750	1000
Trabajo con requerimientos visuales recomendados.	1000	1500	2000

Nota: Tomado de (Galvis Estupiñan, 2008)

b) Extracción de vapores químicos.

Los vapores producidos por la aplicación de pinturas son muy dañinos debido que su composición es altamente química afectando a la salud del personal de pinturas al momento de cumplir su trabajo, es por esta razón que debemos tener un sistema de extracción de vapores bien diseñado y que extraiga todos los vapores de pintura posibles de la cabina de pintura.

c) Temperatura del ambiente.

Este es el factor que más debemos tener en cuenta a la hora de realizar la aplicación de pintura, debido que debemos tener una temperatura ambiente estable que no sea ni muy caluroso ni tampoco demasiado frío, esto se lo debe aplicar de acuerdo al fabricante de las diferentes marcas de pintura, si no tenemos el ambiente adecuado para la aplicación de la pintura corremos el riesgo de que la pintura sufra cualquier tipo de daño ya sea la de una mala adherencia de la pintura o se puede producir los llamados ojos de pescado que físicamente son parecidos a cráter de un volcán.

d) Temperatura de la superficie pintar.

Al igual que la temperatura ambiente la temperatura de la superficie a pintar también es sumamente importante debido que las dos pueden causar el mismo daño al momento de la aplicación de pintura.

e) Tratamiento de la superficie se haya culminado.

Antes de realizar el proceso de pintura debemos tomar en cuenta que se hayan cumplido a cabalidad todos los pasos de lijado, curado, lavado y limpieza del componente a pintar para proceder a la aplicación de pintura.

f) Correcta mezcla de la pintura.

Si vamos a realizar una mezcla de pintura debemos siempre dirigirnos a la hoja técnica del fabricante para poder obtener una correcta viscosidad de la misma.

La viscosidad de la pintura se la puede medir mediante un medidor de viscosidad o viscosímetro tipo taza en el cual determinaremos si la viscosidad de la pintura es la correcta para aplicar a la superficie a pintar.

La viscosidad se la mide de acuerdo al tiempo de vaciado de la taza del viscosímetro en segundos, a continuación, presentaremos una tabla de viscosidad, cabe recalcar que la taza de dicho viscosímetro es de un litro por lo que su tiempo de vaciado será un poco alargado.

Tabla 7.

Tabla de Viscosidad de Pinturas

TIPO DE PINTURA	TIEMPO DE VACIADO EN SEGUNDOS
Pintura acrílica	13 a 15 seg.
Pintura sintética	21 a 24 seg.
Poliuretano	35 a 40 seg.
Emulsiones	40 a 45 seg.

g) Presión adecuada para la aplicación de la pintura.

La presión en la pistola de pintura debe ser acorde a la capacidad de psi que un envase puede resistir cada una de las marcas fabricantes tienen su policia por lo cual este paso se deberá cumplir de acuerdo al tipo y marca de pistola de pintura que tengamos.

h) Cabina de pintura.

La cabina de pintura es un espacio designado para un solo propósito y es el de pintar, este espacio debe de estar libre de cualquier impureza que perjudique al acabado de pintura en un componente, como, por ejemplo: polvo, agua, insectos entre otros. Además, que esta deberá de contar con una buena iluminación. Cabina de pintura libre de impurezas tales como el polvo u otros factores que influyan para una mala aplicación de pintura.

Figura 28.

Aplicación de Pintura



Nota. En la figura podemos observar la aeronave pintada. Tomada de (Iberia, 2013)

2.18 Equipos de Protección Personal

Los equipos de protección personal o también llamados en su abreviatura EPP son considerados como los guardines de la salud de los trabajadores ya que estos brindan protección necesaria para que un trabajador no tenga ningún tipo de riesgo laboral ya sea este físico o mental, cumplen con la finalidad de evitar accidentes o incidentes que puedan causar daño al trabajador.

Figura 29.

Equipos de Protección Personal.



Nota. En la figura podemos observar a un trabajador con las medidas de seguridad respectivas. Tomado de (ACHS, 2013)

Los EPP se dividen según la protección que necesite el trabajador así tenemos:

- Protección para la cabeza.
- Protección visual
- Protección auditiva
- Protección para las manos
- Protección para los pies y piernas
- Protección respiratoria
- Protección facial
- Protección de cuerpo entero
- Trabajo en las alturas, (Asepal, 2021).

2.18.1 Protección para la Cabeza.

La protección de la cabeza es primordial debido a que un golpe en la cabeza podemos tener traumas severos o alguna enfermedad profesional, en muchas de las

veces un golpe en la cabeza nos puede llevar a la muerte. Para la protección de la cabeza tenemos:

- Casco de seguridad
- Cofia
- Gorros, (Andrade C. , 2018).

Figura 30.

Casco Protector



Nota. Este tipo de casco sostiene la parte de la mandíbula para que siempre se mantenga en la cabeza. Tomado de (Prolaboral, 2019)

La utilización de estos debe ser correctamente puestos en la cabeza, sin que afecte la percepción visual, que sea la talla adecuada para su cabeza.

2.18.2 Protección Visual

La vista es uno de los órganos sumamente delicados de la parte exterior del cuerpo humano por lo cual debemos cuidarlo de cualquier contacto con sustancias peligrosas que estas puedan atentar contra la vista. Para la protección visual tenemos:

- Mono gafas de seguridad
- Gafas de seguridad

Figura 31.

Gafas de Seguridad



Nota. En la figura podemos observar gafas que pueden cubrir en su totalidad la vista. Tomado de (Prolaboral, 2019)

Las gafas se las debe utilizar siempre en el lugar de trabajo debido a que en cualquier trabajo tenemos riesgos de contaminación visual.

2.18.3 Protección Auditiva.

La protección auditiva la debemos tener siempre en nuestras manos, sabiendo que en cualquier momento o lugar del trabajo podemos encontrarnos con ruidos sumamente altos que podrían afectar a nuestro sistema auditivo. Para la protección auditiva tenemos:

- Tipo tapón
- Media copa

Figura 32.*Protección Auditiva*

Nota. En el gráfico podemos observar los diferentes tipos de protección auditiva.
Tomado de (García Rodríguez, 2012)

Cada uno de los protectores auditivos tiene su función acorde al tipo de ruido que se origine.

2.18.3 Protección para las Manos

Como bien se sabe las manos son la parte del cuerpo que siempre va a estar en contacto con todo lo que se respecta al lugar del trabajo, por lo tanto, siempre deben estar con protección de cualquier tipo de contacto con los materiales de trabajo. Para la protección de manos tenemos:

- Guantes de cuero
- Guantes de látex
- Guantes de nitrilo
- Guantes poliuretano
- Guantes dieléctricos

Los guantes se los utiliza acorde al trabajo que se lo vaya a realizar.

2.18.3 Protección para los Pies y Piernas.

Los pies siempre van a estar en un peligro inminente dentro de un lugar de trabajo debido a que cualquier objeto sin previo aviso se cae y estos a su vez pueden causar daño en los pies, el daño puede ser mayor o menor todo esto dependerá del peso o la fuerza que impacte en los pies o piernas. Para la protección de pies y piernas tenemos:

- Botas de caucho
- Botas de cuero
- Botas de cuero con puntas de acero
- Botas de PVC

Cada una de las diferentes botas tiene su finalidad para el trabajo al que estén expuestos.

2.18.4 Protección Respiratoria.

La protección de la nariz y boca o llamada protección respiratoria claramente es fundamental debido a que por medio de estos dos órganos se puede afectar los

órganos internos del cuerpo tales como los pulmones, riñones, estomago, etc. Trayendo como consecuencia enfermedades irreversibles y dañinas para la salud del trabajador.

Para la protección respiratoria se tiene:

- Mascarillas desechables
- Respiradores con filtros

Figura 33.

Protección Respiratoria.



Nota. En la figura podemos observar diferentes tipos mascarillas para la protección respiratoria. Tomado de (García Rodríguez, 2012)

2.18.5 Protección Facial.

La protección facial hace referencia a todo el rostro, este tipo de protección es debido a que tenemos actividades laborales que no solo requiere cubrir los ojos, nariz y boca, sino también la protección de la piel facial. Para la protección facial se tiene:

- Careta de seguridad contra líquidos químicos
- Careta para esmerilar
- Careta de soldadura con filtro cular

Figura 34.

Careta de Seguridad Facial.



Nota. En la figura podemos observar como la protección facial es transparente para que no afecte a los ángulos de vista. Tomado de (Prolaboral, 2019)

Cada una de las caretas está diseñada con materiales específicos para la actividad a realizar.

2.18.6 Protección de cuerpo entero.

La protección de cuerpo entero hace referencia a overoles que tiene la capacidad de proteger a la piel del cuerpo en casi su totalidad, protegiéndonos de líquidos o sustancias peligrosas, limallas, chispas, etc. Para la protección de cuerpo entero se tiene:

- overoles de tela
- overoles de herméticos de partículas
- overoles herméticos contra gases
- overoles herméticos a líquidos

2.18.7 Trabajo en las alturas

En la industria aeronáutica los trabajos a menudo se los realiza en alturas considerables por lo cual necesitamos equipos de protección personal que ayuden a salvar nuestras vidas de cualquier tipo de accidentes en las alturas. Así tenemos los diferentes equipos de protección como son:

- línea de vida
- arnés de seguridad
- mosquetones
- eslingas

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del Tema

3.1 Preliminares.

Con la práctica realizada y concluida a cabalidad, procedemos a realizar el siguiente capítulo en donde se detalla los procedimientos realizados durante la tarea de limpieza y pintura de los controles de vuelo, este procedimiento se lo realiza con la finalidad de brindar una correcta protección a los controles de vuelo mediante el recubrimiento de pintura, cumpliendo los pasos a seguir del Aircraft Maintenance Manual (AMM), el control de vuelo para esta tarea fue un Ground Spoiler mismo que me fue asignado por el jefe del personal del área de pinturas. Durante el desarrollo de la práctica se contó con la ayuda del personal especializado de la sección de pinturas y con el personal administrativo de la prestigiosa empresa “OMA-DIAF”. Además, cabe recalcar que esta práctica se lo realizó con la supervisión y tutoría del Tlgo. Andrés Arellano docente de la UGT-ESPE cumpliendo también con la revisión e inspección de los procesos a seguir durante la práctica y desarrollo de dicho proyecto.

El proyecto final de tesis tuvo como finalidad adecuar a la cabina de pinturas para la correcta aplicación de recubrimientos y un mejor acabado estético a los componentes a pintar en dicha cabina, además de mejorar la ergonomía en el lugar de trabajo para el personal de pinturas, logrando así que cualquier componente a pintar tenga un acabado satisfactorio cumpliendo con todas las normas técnicas que solicita el fabricante, y es de esta manera que logramos no tener ningún tipo de dificultad al final de cualquier práctica de mantenimiento en la sección de pinturas.

3.2 Consideraciones Generales

Para realizar las actividades que detallaremos más adelante debemos tomar en cuenta que tipo de factores influirán en el transcurso del desarrollo de la practica a realizar, uno de estos factores es la correcta iluminación dentro de la cabida de pinturas debido que para tener una buena visibilidad para dicho trabajo se deberá contar con al menos 1000 lux de iluminación en cualquier punto de la cabina, también debemos tener en cuenta que dicha luz no debe crear una temperatura caliente debido que podría provocar incendios debido a los gases inflamables que emana la pintura, por lo cual es necesario de luminarias que sean de luz fría puesto que las mismas no crean calor además de no sofocar a la vista con reflejos muy tensos para la misma.

3.3 Inspección de factores a considerar en la cabina de pinturas de la OMA-DIAF

Para realizar la práctica de pintura correspondiente se procedió primero a verificar con el personal de pinturas y el jefe de personal de la misma área si la cabina de pintura contaba con todos los requerimientos óptimos para realizar dicha actividad, al momento de llevar a cabo la inspección se llegó a la conclusión que la cabina tenía un problema considerable y de mucha importancia, pues no contaba con la iluminación correspondiente ya que una cabina de pintura debería tener una iluminación de 1000 a 2000 lux para poder ser apta para la actividad a realizar, la iluminación que esta tenía era de un máximo de 273.7 lux es decir una iluminación sumamente baja que no correspondía para una actividad como la de pintura.

3.4 Solución al Problema.

El problema encontrado en la cabina de pinturas se lo solucionaría con luminarias que cumplan con las características correspondientes, es de esta manera que se procedió a realizar investigaciones y consultas a expertos en la materia de luminosidad, para lo cual la solución sería cambiar totalmente las luminarias antiguas por luminarias nuevas que lleguen a obtener más de 1000 lux en cualquier punto de la cabina.

3.5 Implementación del Sistema de Iluminación

Con la ayuda del personal del área de pinturas y del personal de la empresa OMA-DIAF en la parte técnica, asesoría y documentación se procedió a la instalación de la nueva luminaria en la cabina de pinturas. **(ANEXO A)**

Figura 35.

Nueva Luminaria



Tabla 8.*Lista de Equipos y Herramientas*

Materiales	Herramientas	Equipos
Cable #12	Desarmador estrella	Taladro
Manguera corrugada	Alicate	Equipos de protección personal
Interruptores	Estilete	
Aislante eléctrico	Broca 1/8	
Reflectores y bobillos led	Copa 5/16	
Tuercas	Cortador de cable	
Pernos autorroscables	Extensión eléctrica	
Aislantes	Escalera metálica	

3.6 Prueba de Funcionamiento

Al culminar con la instalación de las luminarias se procedió a realizar las pruebas correspondientes con la presencia del personal de pinturas, teniendo el resultado de conformidad del personal, esta prueba se la realizo con el luxómetro mismo que mide la cantidad de lux que cuenta la luminaria superando los 1000 lux en cualquier sitio dentro de la cabina de pinturas.

La entrega del sistema de luminaria al personal de pinturas y autoridades de la OMA-DIAF se lo realizo en día 1 de febrero de 2021, dejando en constancia el antes y después de la cabina de pinturas en cuanto a iluminación pertenece.

3.7 Spoilers Descripción

Los spoilers son controles de vuelo secundarios que se encuentran en la superficie alar exactamente en los extradós del ala, estos controles secundarios se los denomina como Aero frenos. Las aeronaves de Boeing 737-300/400/500 constan de 5 spoilers en cada una de sus alas de las cuales 3 son ground spoilers y 2 son flight spoilers, estas cumplen su función según la aeronave lo necesite es por esta razón que tenemos spoilers de tierra y de vuelo. Los spoilers de tierra sirven para ayudar a disminuir la velocidad de la aeronave en cuanto aterriza, por otro lado, los spoilers de vuelo o flight spoilers nos sirven para compensar la estabilidad en el ala cuando la aeronave va a realizar un cambio de dirección pronunciada. En el siguiente anexo podremos observar la descripción y operación de los spoilers. **(Anexo B)**

Figura 36.

Componente Spoiler



Nota. En la imagen podemos observar el spoiler de vuelo asignado para realizar la tarea de mantenimiento

Tenemos que recalcar que el componente tiene impregnado en la parte inferior izquierda sus datos de identificación, el número de parte y número de serie como lo veremos en la siguiente imagen.

Figura 37.

Datos de Identificación del Spoiler



Nota. En la imagen podemos apreciar sus datos de identificación.

Debido a la poca visibilidad de los datos de identificación del componente se procederá a detallarla en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Datos Técnicos del Componente.

Modelos de la aeronave	737
Numero de parte	65C25242-16 A
Número de serie	1131G
Código MFR	BN

3.8 Medidas de Seguridad

Para realizar cualquier tipo de trabajo se debe tomar en cuenta las medidas y normas de seguridad que se debe aplicar para proteger nuestra integridad personal tanto física como salud mental y de nuestros órganos internos, es por esta razón antes de realizar cualquier tipo de trabajo debemos saber qué tipos de EPP (Equipo de Protección Personal) debemos utilizar y para qué sirven cada uno de ellos como lo aviamos detallado en el anterior capítulo.

3.9 Materiales y Herramientas

Los equipos y herramientas deberán ser utilizados correctamente y de acuerdo a su función, es decir no se debe utilizar a las herramientas con un fin o trabajo que no sea el apropiado para dicha herramienta o equipo de trabajo, ahora pasaremos a observar los materiales, herramientas, EPP, y manuales utilizados en la práctica.

Tabla 10.

Materiales, Herramientas, EPP, y Manuales.

Materiales	herramientas	EPP (Equipos de Protección Personal)	Manuales
MEK	Líneas neumáticas	Gafas	Aircraft Maintenaice Manual
Guaípe	Lijadora neumática	Botas puntas de acero	
Ferretería	Pistola de presión	Guantes	
Cinta de aluminio	Scraper	Orejas	
Lijas N° 240, 80, 140.	Espátula de plástico	Mascarilla de filtros	
Cinta de enmascarado	Estilete	Overol anti fluidos	
Scotch brake	Equipo de iluminación		
Disolventes	Llaves 9/16		
Primer	Martillo de goma		
Servilletas industriales			
Pintura			

3.10 Reconocimiento del Área de Trabajo

Antes de realizar una actividad debemos familiarizarnos con el área de trabajo ya que es de suma importancia saber para qué sirve cada una de las aéreas que contiene la sección en la cual se vaya trabajar, la OMA-DIAF consta de una sección de pinturas que está muy bien distribuida debido que en esta sección encontraremos un lugar específico para cada actividad ya sea un área de lijado, área de mezcla de pinturas, área de almacenamiento de pinturas, área de pintado, área de almacenamiento de herramientas e incluso un área de casilleros para los EPP, entonces debemos primer conocer nuestro entorno de trabajo e inclusive la normativa de bienestar del personal que tiene dicha sección.

Figura 38.

Charla de Familiarización del Área de Trabajo



3.11 Practica de Mantenimiento

Después de avernos familiarizados con nuestro entorno de trabajo y de tener en claro las normativas del mismo, procederemos a realizar nuestra práctica correspondiente. **(ANEXO C)**

3.12 Limpieza del Componente Spoiler

Antes de realizar cualquier actividad en el componente se deberá hacer la correcta limpieza del área a tratar o de todo el componente para poder obtener una mejor visualización de cualquier tipo de daño que podría existir, la limpieza por otra parte también nos sirve para poder obtener un buen lijado al momento de realizar el decapamiento de la pintura.

La limpieza se lo realizo con MEK utilizando brocha y guaipe para su aplicación, la brocha se la utilizo en superficies planas y el guaipe en superficies donde no tenía acceso la brocha.

Figura 39.

Limpieza del Spoiler



3.13 Inspección del Spoiler.

Después de haber realizado el proceso de limpieza se realizó una inspección visual del spoiler para verificar que no tenga ningún tipo de daño superficial, llegando a la conclusión que dicho spoiler no contaba con ningún daño estructural, pero si con daño de la pintura, es decir encontramos ralladuras, desprendimiento, y envejecimiento de la pintura.

Figura 40.

Desprendimiento de Pintura.

**3.14 Proceso de Enmascarado**

Después de realizar la limpieza e inspección del spoiler, se procedió a cubrir los empaques y ejes móviles o bujes para no dañarlos debido al siguiente paso que es el proceso de lijado y pintura, este es un paso de prevención, porque al ponerse en contacto el polvo y la pintura con los ejes tienen la posibilidad de dañarse, por otra parte la protección de los empaques es debido que al momento de lijar se podrían dañar ya que trabajaremos con una máquina neumática y siempre existe la posibilidad de rozar con los empaques.

Figura 41.*Enmascarado de Spoiler***3.14.1 Proceso de Lijado**

Al culminar con el proceso de enmascarado se procedió a realizar el proceso de lijado, cabe recalcar que el componente debía ser decapado en su totalidad es decir toda la pintura debía ser removida, pero no se debía utilizar ningún tipo de removedor o componente químico para su decapamiento, debido que el componente está hecho de material compuesto y no es admisible la aplicación de materiales químicos.

Entonces debíamos recurrir al proceso de lijado el cual cumple con la finalidad de desprender la pintura del componente sin causar ningún tipo de reacción química, esta actividad debe ser realizada con cautela, la lijadora se la utilizara hasta llegar a la capa de primer, en el momento de llegar a dicha capa el lijado se lo debe realizar a mano. El lijado a mano deberá contar con la ayuda de un scotch brite de esta manera obtendremos un lijado uniforme.

Figura 42.*Lijadora*

Nota. Al utilizar la lijadora debemos tomar en cuenta la presión de nuestra mano sobre ella para no casar ningún tipo de daño al componente que se esté lijando.

Tabla 11.*Lijas Utilizadas según su Función*

N° de lija	Función
Lija N° 80	La función de dicha lija es desprender en su mayoría la primera capa de pintura.
Lija N° 140	Esta lija nos servirá para desprender el resto de la capa de pintura hasta llegar a la capa de primer.
Lija N° 240	La función de esta lija es desprender la capa de primer y obtener un superficie lisa.

3.14.2 Limpieza del Polvo

Posteriormente de realizar el proceso de lijado se realizó la limpieza respectiva del spoiler quitando todo el polvo de la superficie causado por la lijada del componente, este proceso se lo realizo con una brocha y soplete de aire mismos que limpian el polvo en un 90%.

Figura 43.

Limpieza de Spoiler



Para realizar una limpieza de un 99% se deberá realizar con toallas industriales y con la ayuda de thinner mismo que ayuda a las toallas a tener más adherencia al polvo, la limpieza se deberá realizar en forma recta ya sea de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha para que al final el polvo este acumulado en un solo lugar.

Figura 44.

Limpieza con Toallas Industriales



Al culminar con la limpieza del componente con toallas industriales podemos observar en la siguiente imagen claramente la diferencia que tiene una toalla antes de usar en la limpieza y la otra después de haber realizado la limpieza. **(ANEXO D)**

Figura 45.

Diferencia del antes y después de la Limpieza

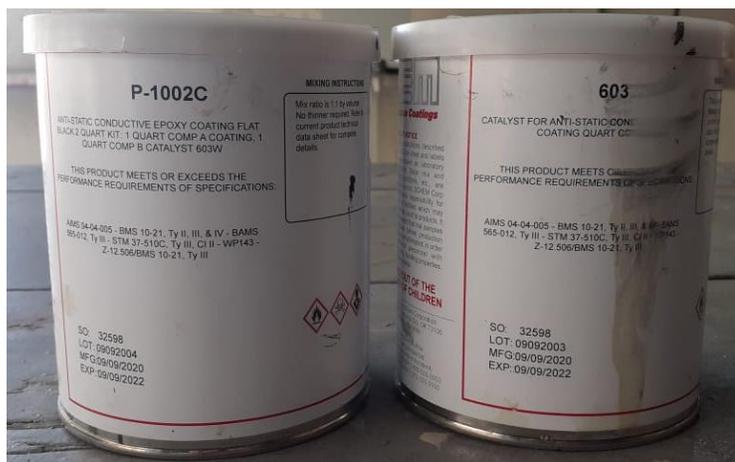


3.15 Aplicación de Primer Conductivo

El primer conductivo está compuesto por dos partes el componente A y B, el componente A (603W) es el Catalizador Antiestático y el componente B (P-1002C) es la Base. **(ANEXO E)**

Figura 46.

Componente A y B



3.15.1 Preparación del Primer Conductivo

La preparación de este recubrimiento es de 1/1 es decir en porciones iguales de los dos componentes, para esto necesitamos de las siguientes herramientas.

Tabla 12.

Herramientas Utilizadas para la Preparación del Primer Conductivo.

Herramientas	Uso
Regleta	Medir la porción del recubrimiento en partes iguales.
2 Frascos de dimensiones iguales	Colocar el componente A y B en cada uno de ellos.
Trozos de cartón	Limpieza de los frascos que contienen los componentes en caso de derrame.

Figura 47.

Medición en Porciones Iguales.



Precaución. Antes de realiza la aplicación del primer conductivo se debe tomar en cuenta que la pistola que ocupemos deberá de estar completamente limpia y libre de impurezas, al igual que la cabina de pinturas deberá realizarse una limpieza previa a la

aplicación de cualquier recubrimiento, esto evitará que al momento que se cure el primer o cualquier recubrimiento la superficie no se encuentre áspera.

3.15.2 Probeta de Abanico y Chorro.

Posteriormente al haber realizado los pasos mencionados se deberá realizar una probeta con la pistola para comprobar que la apertura del abanico sea el correcto y que no tenga ningún inconveniente la boquilla como se observa en la siguiente figura.

Figura 48.

Probeta de Abanico.



3.16 Aplicación.

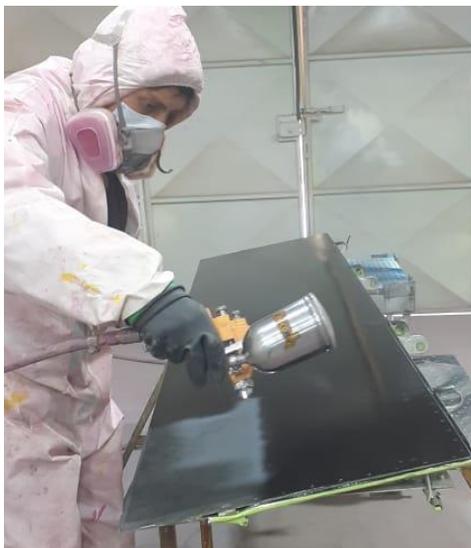
La primera capa a aplicar es el primer conductivo, debido a que el spoiler este hecho de materiales compuestos como es la fibra de vidrio, se debe aplicar primer

conductor esto es debido a que la aeronave esta propensa a tener descargas eléctricas y por lo tanto los spoilers deben ser conductores para que estos desprendan la energía, en caso de no serlos estos podrían llegar a incendiarse.

Cabe recalcar que el primer conductico es de color negro.

Figura 49.

Aplicación de Primer Conductivo



Al terminar el tiempo de curado la capa de primer conductor tendrá un brillo reluciente el cual se lo deberá quitar con una mano de lijada en toda la superficie para poder realizar el siguiente paso.

3.16.1 Aplicación de Primer Verde.

Con la culminación del proceso anterior se aplicará una capa de primer verde la cual servirá para una buena adherencia de la pintura, el spoiler deberá estar sujeto a dos colgantes que se encuentran en la cabina de pinturas para de esta manera poder aplicar el primer en la parte frontal y trasera del spoiler teniendo un acabado uniforme en todo el componente.

Figura 50.

Aplicación de Primer Verde



3.17 Proceso de pintado

Como siguiente paso tenemos el proceso de aplicación de pintura el cual se da a cabo después de una hora de curado de la aplicación del primer, esto se debe a que en este tiempo el primer tendrá una mejor adherencia a la pintura. Pero antes de su aplicación veremos su preparación. **(ANEXO F)**

3.17.1 Preparación de la Pintura.

La pintura al igual que los anteriores recubrimientos tiene una preparación similar que a continuación detallaremos un poco más a fondo.

1. Para empezar, tenemos que adquirir el respectivo kit de pintura según mande el manual ya que tenemos diferentes tipos para cada una de las superficies de las aeronaves el cual detallaremos en la siguiente tabla.

Tabla 13.

Tipos de Pinturas de Revestimiento según AMM

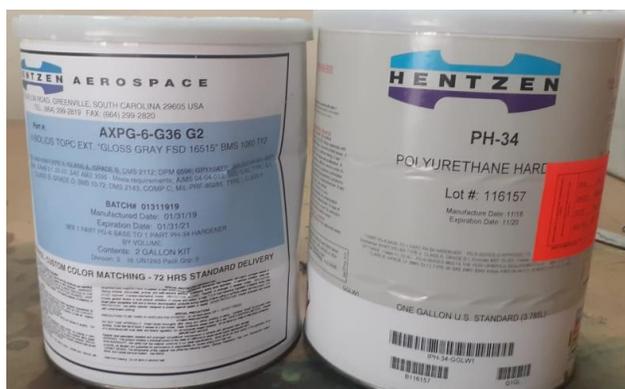
Descripción	Revestimiento	Especificación
Acabados resistentes a Químicos y Solventes	BMS 10-11	BAC 5736
Acabados resistentes a la corrosión para tanques de combustible	BMS 10-20	BAC 5793
Esmalte de poliuretano	BMS 10-60	BAC 5845
Pintura decorativa exterior	BMS 10-72 o AMS3095	D6-1816
Imprimación con primer compatible	BMS 10-79	BAC 5882

2. Con esta tabla procedemos a identificar el tipo de revestimiento que necesitamos para nuestro componente, el cual es un spoiler que se encuentra

en los extradados del ala, esto no lleva a la conclusión que se debe aplicar la pintura decorativa exterior BMS 10-72 o AMS 30-95. **(ANEXO G)**

Figura 51.

Kit de Pintura.



3. Con la adquisición de pintura ya en nuestras manos procedemos a realizar un batido de la pintura en el mezclador "Paint Shaker" debido que dentro del envase las partículas de pintura se encuentran en reposo normalmente al asiento del frasco que lo contiene, es por esta razón que se debe batirla por un lapso de 10 minutos.

Figura 52.

Agitador de Envases de Pintura



4. Concluida la agitación de la pintura continuamos con el siguiente paso que es la mezcla de la pintura entre la base y el catalizador, de igual manera la proporción de estos dos componentes es de 1/1 en porciones iguales.

Figura 53.

Mezcla de Base y Catalizador



5. Como siguiente paso tenemos poner la mezcla de la pintura en el envasé de la pistola, una vez que la pintura este en el envase procedemos a realizar la prueba de viscosidad de dicha pintura, se lo realizará utilizando la copa ZAHN misma que nos permitirá saber si la viscosidad es la correcta.

Figura 54.

Copa Zahn



Nota. El medidor de viscosidad se lo realiza mediante el vaciado del mismo y el tiempo se lo mide en segundos, para este tipo de pintura se deberá vaciará en un lapso de 18 a 22 segundos.

6. Después de haber culminado con los anteriores pasos se procede a realizar un último paso antes de aplicar la pintura al componente, este paso es realizar una probeta de abanico y chorro de la pintura que expulsa la pistola.

Figura 55.

Probeta de Abanico y Chorro



3.18 Aplicación de Pintura

La aplicación de pintura se lo realizara cumpliendo a cabalidad todos los pasos anteriormente mencionados sin dejar de lado ninguno de ellos, pero antes de todo deberemos tomar en cuenta lo siguiente:

- Contar con todos los Equipos de Protección Personal

Figura 56.

EPP para Pintura



- La cabina de pintura debe estar libre de polvo u objetos que pudiesen afectar a la pintura, se debe realizar una limpieza previa a la aplicación de pintura.

Figura 57.

Limpieza Previa



- Debemos tomar en cuenta la humedad del ambiente sea la correcta para la aplicación de pintura.

Figura 58.

Medidor de Humedad



- La iluminación debe tener como mínimo 1000 lux

Figura 59.

Lúmenes en la Cabina de Pintura



Después de haber tomado en cuenta lo mencionado se procederá a aplicar la primera capa de pintura, para posteriormente en un lapso de 60 minutos proceder a dar una segunda mano de pintura, de esta manera tendremos un acabado satisfactorio y duradero.

El proceso de aplicación se lo realizará con un movimiento de mano de izquierda a derecha procurando aplicar en todo el componente, esto lo lograremos ubicándonos exactamente a la mitad del spoiler como lo observamos en la figura, el cruce de betas de la pintura será de 1/4 en lo que corresponde a la apertura del abanico, de esta manera obtendremos un acabado uniforme en toda el área del spoiler.

Figura 60.

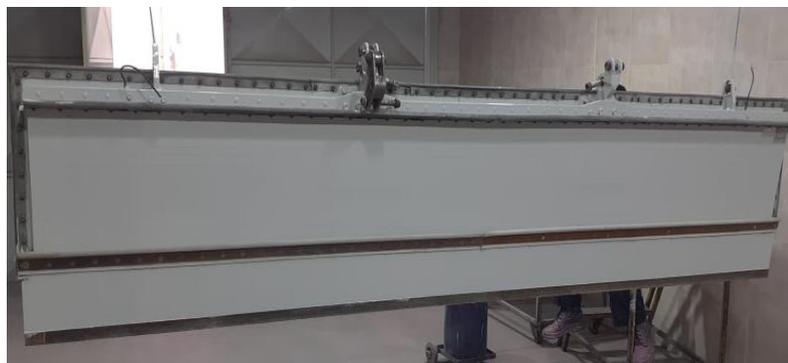
Aplicación de Pintura



Al culminar el proceso de pintado se lo deberá tener en reposo sin manipulación y a puerta cerrada de la cabina de pintura aproximadamente por 2 días en este tiempo la pintura tendrá el curado necesario para poderlo manipular.

Figura 61.

Spoiler Culminado



Después de culminar el proceso de pintura del spoiler y de haber pasado la revisión por parte del supervisor del área de pinturas, se procedió a la entrega respectiva del componente, en este momento se realiza la entrega respectiva de la carta de conformidad por parte del Coronel encargado de la OMA-DIAF. **(ANEXO H)**

3.19 Análisis Económico del Proyecto

Con el proyecto culminado y entregado se procede a realizar un análisis económico de los gastos realizados dentro y fuera de la empresa, los gastos internos en la empresa se los adquirió mediante la aprobación del departamento Recursos Humanos y Financiero de la OMA-DIAF, y los gastos fuera de la empresa serán de mi autoría en lo que corresponda.

3.19.1 Costos Internos

Tabla 14.

Costos Internos

N°	Descripción	Cantidad	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Lijas disco N° 80,140,240	26 unidades	\$0,50	\$13
2	MEK	1 galón	\$15	\$15
3	Thinner	1 galón	\$12	\$12
4	Toallas Industriales	1 caja	\$10	\$10

N°	Descripción	Cantidad	VALOR	VALOR
			UNITARIO	TOTAL
5	Cintas adhesivas	4 unidades	\$8	\$32
6	Scraper	2 unidades	\$2,50	\$5
7	Guaípe	2 libras	\$2	\$4
8	Brocha	2 unidades	\$4	\$8
9	Primer conductivo	2 unidades	\$14,55	\$29,10
10	Primer verde	2 unidades	\$15	\$30
11	Pintura BMS 10-60	2 unidades	\$50	\$100
12	Equipos EPP	1 unidades	\$145	\$145
13	Caja de guantes	1 unidad	\$9,50	\$9,50
14	Caja de papel industrial	1 unidad	\$10	\$10
15	Pistola de pintura	1 unidad	\$45	\$45
16	Sistema de iluminación	1 unidad	\$500	\$500
17	Protección eléctrica	3 unidades	\$10	\$30
18	Desengrasante	1 unidad	\$12	\$12
19	Mano de obra	2 días	\$80	\$160
20	Transporte	1 día	\$40	\$40
VALOR TOTAL				\$1209,60

Nota. En la tabla que acabamos de detallar son todos los valores económicos que se representa en cuantos costos internos, cabe recalcar que en los precios ya está sumado el valor agregado del IVA que es del 12% a nivel del Ecuador. Elaborado por Daniel Vasco.

3.19.2 Gastos Fuera de la Empresa.

En la siguiente tabla detallaremos los gastos que se realizó en cuanto se debe a impresiones de manuales, papelería, etc.

Tabla 15.

Gastos Fuera de la Empresa

N°	Descripción	VALOR
1	Impresión del AMM	\$12
2	Papelería	\$8
3	Internet	\$6
4	Asesoría técnica	\$20
5	Supervisión técnica	\$12
VALOR TOTAL		\$58

Nota. En la tabla antes vista se da a conocer los gastos fuera de la empresa, cabe recalcar que en los precios ya está sumado el valor agregado del IVA que es el 12% a nivel del Ecuador. Elaborado por Daniel Vasco

3.19.3 Gasto Total del Proyecto

El gasto total se lo obtendrá por medio de la suma de los gastos dentro de la empresa y los gastos fuera de la empresa como lo observaremos a continuación.

Tabla 16.*Gastos totales*

N°	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	Gastos dentro de la empresa	\$1209,60
2	Gastos fuera de la empresa	\$58
	VALOR TOTAL	\$1267,60

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Lo aprendido durante los años de estudio en la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones fue de gran ayuda debido a las materias emitidas por los docentes, ya que en un futuro nos servirán de mucho para nuestra vida laboral.
- Los revestimientos de pintura aplicados a la aeronave no son solo cuestión de estética, sino más bien es una forma de protección para la piel de la aeronave contra diversos factores ambientales que pueden provocar daños en la estructura.
- Para obtener un acabado de pintura sin ningún manifiesto negativo debemos tener una buena iluminación dentro de la cabina de pintura, debido que esto ayuda a que la visibilidad sea la adecuado permitiendo así una aplicación de pintura uniforme.

4.2 Recomendaciones

- Antes de realizar cualquier tipo de actividad primero debeos tener el respaldo escrito de loa manuales de mantenimiento de la aeronave tomando en cuenta que los mismos estén actualizados.
- Al realizar una tarea de mantenimiento de cualquier tipo se deberá asesorar primero con el personal calificado y que tenga experiencia e dicha área, esto nos facilitará y librárá de cualquier tipo de inconvenientes.
- Cuando realicemos cualquier tipo de actividad debemos tomar en cuenta la visibilidad, ya que de esta manera evitamos que al momento de realizar cualquier inspección no se nos pase por alto un daño y que este con el tiempo se perjudicial para la aeronavegabilidad de la aeronave.

Bibliografía

- 3M. (2021). *3M® Scotch® Cinta de Enmascarar de Alto Rendimiento 233+*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/inicio/todos-los-productos-3m/~3M-Scotch-Cinta-de-Enmascarar-de-Alto-Rendimiento-233-/?N=5002385+8709962+3293194146&rt=rud
- 3M. (2021). *3M™ Papel para enmascarar*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de https://www.3m.com.es/3M/es_ES/empresa-es/todos-productos-3m/~3M-Papel-para-enmascarar/?N=5002385+3290927295&rt=rud
- 3M. (2021). *Equipo de mezcla y dispensación de 3M™: herramientas de aplicación*. Recuperado el 10 de Enero de 2021, de 3M Science. Applied to Life: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-Mix-Dispense-Equipment-Application-Tools/?N=5002385+3292667528&rt=rud
- ACHS. (21 de Junio de 2013). *¿Por qué son importantes los Elementos de Protección Personal?* Recuperado el 11 de Enero de 2021, de Asociación Chilena de Seguridad: <https://www.achs.cl/portal/ACHS-Corporativo/newsletters/pymes-achs-al-dia/Paginas/EPP.aspx>
- Aeroespacial. (19 de Junio de 2020). *Los riesgos para la salud en la industria aeronáutica y sus remedios*. Recuperado el 18 de Enero de 2021, de Industria: <https://actualidadaeroespacial.com/los-riesgos-para-la-salud-en-la-industria-aeronautica-y-sus-remedios/>
- Andrade, C. (27 de Febrero de 2018). *Principales Elementos de Protección Personal*. Recuperado el 07 de Febrero de 2021, de Tag - elementos de protección personal: <https://mundoocupacional.com/tag/elementos-de-proteccion-personal/>

- Andrade, V. (2005). *Análisis del comportamiento mecánico de materiales compuestos con desarrollo de modelos para validación de resultados*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/724>
- Armendáriz, R. (06 de Marzo de 2019). *¿Cómo se pinta un avión?* Recuperado el 12 de Enero de 2021, de Transponder 1200: <https://www.transponder1200.com/como-se-pinta-un-avion/>
- Asepal. (2021). *Uso de los Equipos de Protección Individual en la Obra Pública*. Recuperado el 17 de Febrero de 2021, de Construmática: https://www.construmatica.com/construpedia/Uso_de_los_Equipos_de_Protecci%C3%B3n_Individual_en_la_Obra_P%C3%BAblica
- Blogger. (23 de Enero de 2015). *Mandos y controles de vuelo*. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de El vuelo de la Gran Avuntarda: <https://greatbustardsflight.blogspot.com/2015/01/mandos-y-controles-de-vuelo.html>
- Blogspot. (31 de Octubre de 2015). *Aviación para todos*. Recuperado el 13 de Enero de 2021, de <https://aviacionparatodos1.blogspot.com/2015/10/controles-secundarios.html>
- Bucker Book. (09 de Abril de 2019). *La historia del Boeing 737 – El avión más vendido del mundo*. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de <https://www.buckerbook.es/blog/la-historia-del-boeing-737-el-avion-mas-vendido-del-mundo/>
- Corredor Garzón, J. (15 de Enero de 2018). *Ejes del avión y superficies de control*. Recuperado el 31 de Enero de 2021, de Aerodinámica: <https://aerocomandoaerodinamica.blogspot.com/2015/01/ejes-del-avion-y-superficies-de-control.html>

- Cutler, C. (26 de Julio de 2018). *Así es como los listones de vanguardia le ayudan a despegar del suelo*. Recuperado el 29 de Enero de 2021, de Bold Method:
https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/aircraft-systems/here-is-how-leading-edge-slats-work-to-get-you-off-the-ground/?fb_comment_id=1897076006982358_1898157360207556
- Dave, J. (01 de Mayo de 2013). *Todo en una solapa*. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de Comunidad de datos de vuelo: <https://www.flightdatacommunity.com/all-in-a-flap/>
- Dert-16. (13 de Diciembre de 2013). *Pistas de aviación*. Recuperado el 01 de Febrero de 2021, de <http://voyaserpiloto.blogspot.com/2013/12/>
- Emptyleg. (2019). *BOEING 737-300 / 400/500*. Recuperado el 30 de Enero de 2021, de <https://www.emptyleg.com/en/planes/boeing-737-300--400--500>
- En El Aire. (10 de Noviembre de 2019). *Un vistazo a la historia del avión comercial más famoso del mundo: Boeing 737*. Recuperado el 15 de Enero de 2021, de <http://enelaire.mx/un-vistazo-a-la-historia-del-avion-comercial-mas-famoso-del-mundo-boeing-737/>
- Flores, J. (13 de Noviembre de 2013). *Recubrimientos Aeronáuticos*. Recuperado el 16 de Enero de 2021, de Ingeniería en Pintura Aeronáutica:
<http://pinturaingenieriaaeronautica.blogspot.com/>
- Galvis Estupiñan, A. (2008). *Influencia de la iluminación en la agudeza visual de los trabajadores de la empresa de estampados "Estampados Arte Ltda."*. Bogotá: Universidad de La Salle. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1208&context=optometria>
- García Rodríguez, A. V. (11 de Mayo de 2012). *Curso de EPP (1/2)*. Recuperado el 21 de Enero de 2021, de EPP Equipos de Protección Personal: <http://cursosepp.blogspot.com/>

García Vélez, A. (24 de Enero de 2021). *Máxima exigencia para recubrimientos aeronáuticos*.

Recuperado el 12 de Febrero de 2021, de Inpra Latina:

<https://www.zonadepinturas.com/201105242114/articulos/pinturas-y-recubrimientos/maxima-exigencia-para-los-recubrimientos-aeronauticos.html>

Garzón Vera, C. A. (2017). *Grado de corrosión de una aleación de cromo-cobalto sometida a cuatro tipos de soluciones químicas. Estudio in vitro*. Quito: Universidad Central del

Ecuador. Recuperado el 09 de Febrero de 2021, de

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12510/1/T-UCE-0015-735.pdf>

Iberia. (16 de Diciembre de 2013). *¿Influye la pintura de los aviones en el consumo de combustible?* Recuperado el 17 de Enero de 2021, de

<https://megustavolar.iberia.com/2013/12/influye-la-pintura-de-los-aviones-en-el-consumo-de-combustible/>

INSST. (23 de Abril de 1997). Real Decreto 486/1997. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 29 de Enero de 2021, de

http://www.ffis.es/ups/prl/real_decreto_sobre_disposiciones_minimas_sobre_lugares_de_trabajo.pdf

Larenas, N. (18 de Marzo de 2019). *Aviones – Partes móviles del ala*. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de Aviación: <https://www.nlarenas.com/2019/02/aviones-partes-moviles-del-ala/>

Muñoz Navarro, M. A. (2020). *Superficies de mando y control*. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de Principios Básicos:

https://www.manualvuelo.es/1pbav/15_supma.html#:~:text=%C3%A1ngulo%20de%20ataque.-

,Tim%C3%B3n%20de%20direcci%C3%B3n,avi%C3%B3n%20sobre%20su%20eje%20verti

cal.&text=Al%20pisar%20el%20pedal%20izquierdo,y%20morro%20a%20la%20izquierda

Ortíz, J. (29 de Enero de 2020). *Sistema Fly-by-wire, una apuesta a la tecnología y la seguridad*.

Recuperado el 20 de Enero de 2021, de Aeronauticapry:

<https://aeronauticapry.com/2020/01/29/sistema-fly-by-wire-una-apuesta-a-la-tecnologia-y-la-seguridad/>

Osorio Alzate, D. M. (2017). *Estudio de la corrosión sufrida a altas temperaturas por sales*

fundidas en aceros para caldera tipo ASTM A193 y ASTM A53. Pereira: Universidad

Tecnológica de Pereira. Recuperado el 09 de Febrero de 2021, de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8401/66028304O83.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Out of the Box Models. (16 de Febrero de 2021). *Boeing 737*. Recuperado el 28 de Febrero de

2021, de Pinterest: <https://www.pinterest.com/pin/670051250781899324/>

Pritamashutosh. (17 de Noviembre de 2012). *Sistema de control de vuelo*. Recuperado el 22 de

Enero de 2021, de <https://pritamashutosh.wordpress.com/2012/11/17/flight-control-system/>

Prolaboral. (29 de Mayo de 2019). *Tipos de protección para la cabeza: casco, orejeras*.

Recuperado el 23 de Enero de 2019, de <http://workwear.prolaboral.es/proteccion-para-cabeza/>

Sherwin Williams Co. (2020). *GP3525 Static Control*. Recuperado el 24 de Enero de 2021, de

Industria: <https://www.sherwinca.com/tienda/industria/gp3525-static-control/>

Sora Templates. (04 de Marzo de 2017). *Nueva pintura para los aviones Falcon 900 del 45 Grupo*

del Ejército del Aire. Recuperado el 14 de Enero de 2021, de LQT Defensa:

<https://www.lqtdefensa.es/2017/03/nueva-pintura-para-los-aviones-falcon.html>

Take Off Briefing. (27 de Noviembre de 2012). *Aerodinámica*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de <http://www.takeoffbriefing.com/mandos-de-vuelo-y-superficies-de-control/>

Todo Aviones. (2000). *Boeing 737*. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de http://www.todo-aviones.com.ar/usa/boeing737/ficha_737.htm

ANEXOS