



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA.**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES.

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA,
PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN
OTTER PERTENECIENTE AL ALA N° 11 FAE”

AUTOR: MARIO JAVIER SILVA PAYLLACHO

DIRECTOR: ING. PABLO RODRIGO ESPINEL TORRES

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

CERTIFICACIÓN

Ing. Pablo Espinel

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA Nº 11 FAE”** realizado por el Sr. MARIO JAVIER SILVA PAYLLACHO, ha sido guiado y revisado continuamente y cumple con todas las normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que el mismo se trata de una investigación y busca la motivación en el alumnado se recomienda su publicación. El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato de documento portátil (pdf). Autorizan a Sr. MARIO JAVIER SILVA PAYLLACHO que lo entregue al Ingeniero PABLO ESPINEL, en su calidad de Coordinador de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones.

Ing. Pablo Espinel
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, mayo del 2015.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Mario Javier Silva Payllacho

DECLARO QUE:

El presente proyecto de grado titulado, “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA Nº 11 FAE**”, ha sido desarrollado con una exhaustiva responsabilidad basada en una investigación insistente tanto en la teoría como en la práctica, manteniendo el correcto respeto hacia el intelecto de terceros, resaltando sus aportes teóricos en cada cita al pie y notándolo en la bibliografía y netgrafía. Por cuyas opiniones presentes me responsabilizo, así como todos los argumentos constantes en el proyecto.

Por lo antes mencionado este trabajo es de mi autoría, al cual me responsabilizo sobre contenido, legitimidad y peso científico, del presente proyecto de grado

Mario Javier Silva Payllacho
AUTOR DEL PROYECTO
171447883-9

Latacunga, mayo del 2015.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, Mario Javier Silva Payllacho

AUTORIZO A:

La Unidad de Gestión de Tecnologías sustentada en la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual y física de la institución el trabajo, **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA Nº 11 FAE”**, cuyo contenido, opiniones y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Mario Javier Silva Payllacho
AUTOR DEL PROYECTO
171447883-9

Latacunga, Mayo de 2015

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado primeramente a Dios, por regalarme una vida llena de bendiciones y permitirme culminar con su bendición esta hermosa carrera, a pesar de haberme brindado momentos de alegría así como de dificultades, pero de esos momentos he sabido valorar la vida y saber que todo esfuerzo al final vale la pena.

Quiero dedicar eternamente este trabajo a mis padres los que con mucho amor y sacrificio me han apoyado en todo este largo camino de estudio y los que me dieron fuerzas en los momentos más difíciles para continuar y no desmayar en la culminación de mi carrera y por enseñarme que no solamente ser profesional es importante sino que ser una buena persona también lo es.

A mis hermanos y mi tío que me han brindado más de una sonrisa para alegrarme la vida y darme fuerzas y aliento para seguir adelante.

A mi enamorada con la cual he compartido alegrías y tristezas y durante este proceso de culminación de mi carrera ha sabido apoyarme incondicionalmente y darme aliento en momentos difíciles.

A mis amigos, que más que mis amigos fueron mis hermanos y con los cuales nos hemos sabido apoyar en los momentos buenos y malos a lo largo de estos 3 años.

Y a mis docentes, gracias por la sabiduría, tiempo, comprensión y por sobre todas las cosas la entereza de transmitir sus conocimientos.

Mario Javier Silva Payllacho

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme bendecido a lo largo de mi carrera, por regalarme amor, salud, sabiduría, entendimiento para poder tomar cualquier decisión en mi vida y por protegerme en los momentos más difíciles y ahora permitirme finalizar mi carrera y ser un buen profesional.

Del mismo modo, agradezco de manera especial a mis padres por el apoyo, tanto económico como moral a lo largo de mi carrera, por sus valiosos consejos, la confianza, la paciencia y por todo el esfuerzo que han hecho por mí; así como también doy gracias a mis hermanos por alegrarme la vida y ser una parte fundamental en mi vida. De igual manera quiero agradecer a mis tías Gloria Pacheco, América Pacheco y Adelita Pacheco, quienes me acogieron y cuidaron en su hogar como a un hijo más durante el tiempo de estudio que pase con ellas y me demostraron que la familia siempre se apoya en todo momento de manera desinteresada. A mi abuelita y a mi tía quienes también me apoyaron en el transcurso de mi carrera.

Agradezco a los Sres. Ramiro Chanatagsi, Wilson Ocaña, Diego Quevedo, Iván Bedoya, Técnicos de Mantenimiento del Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMA-Latacunga, por su gran colaboración durante el proceso práctico del presente proyecto de grado sobre todo por su aporte técnico y predisposición. También debo agradecer al Ing. Pablo Espinel por ser mi tutor y aportar con su conocimiento que fue importante para el desarrollo de un buen trabajo investigativo.

Finalmente agradezco a la Unidad de Gestión de Tecnologías en especial a la carrera Mecánica Aeronáutica por permitirme haber iniciado y culminado mi carrera profesional, así como de su responsabilidad y gran nivel académico que he vivido durante toda la etapa de estudio.

Mario Javier Silva Payllacho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificación.....	ii
Declaración de autoría.....	iii
Autorización de publicación.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de figuras.....	xii
Índice de tablas.....	xiv
Índice cuadros.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
 CAPÍTULO I	
EL TEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Alcance.....	4
 CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Definiciones básicas.....	5
2.2 Fundamentos de la aeronave.....	8
2.2.1 Historia del Twin Otter.....	8
2.2.2 Historia del Twin Otter en la Fuerza Aérea Ecuatoriana.....	9
2.2.3 Características técnicas del DHC-6 "Twin Otter".....	11
2.2.4 Especificaciones técnicas del DHC-6 "Twin Otter".....	12
2.3 Neumáticos de aviación.....	12
2.3.1 Partes del neumático.....	14

2.3.2 Características generales del neumático.....	15
2.3.3 Propiedades de los neumáticos.....	16
2.4 Jaulas de seguridad.....	16
2.4.1 Manómetros.....	17
2.4.1.1 Rango de presiones.....	18
2.4.1.2 Tipos de manómetros.....	19
2.4.1.2.1 Manómetro de dos ramas abiertas.....	19
2.4.1.2.2 Manómetro truncado.....	20
2.4.1.2.3 Manómetro Bourdon.....	21
2.5 Materiales usados en la construcción.....	24
2.5.1 Descripción del acero.....	24
2.5.1.2 Clasificación de los aceros.....	25
2.5.1.2.1 Estructura del acero.....	27
2.5.1.2.2 Propiedades del acero.....	28
2.5.1.2.3 Ventajas del acero.....	28
2.5.1.2.4 Placa de acero comercial.....	29
2.5.1.2.5 Especificaciones.....	30
2.5.2 Tubos.....	30
2.5.2.1 Especificaciones.....	31
2.5.3 Platina de acero.....	32
2.5.3.1 Especificaciones.....	33
2.5.4 Lijas.....	33
2.5.4.1 Especificaciones de la lija número 60.....	34
2.5.5 Pintura amarilla esmalte.....	35
2.5.5.1 Descripción.....	35
2.5.6 Preparación de la superficie a pintar.....	35
2.5.6.1 Precauciones.....	36
2.5.7 Thinner.....	36
2.5.7.1 Especificaciones thinner.....	38
2.5.7.2. Precauciones.....	38
2.6 Soldadura.....	38
2.6.1 Tipos de soldadura.....	39

2.6.2 Suelta por arco eléctrico	39
2.6.2.1 Datos técnicos Electrodo 6011	41
2.6.2.2 Datos técnicos Electrodo 6013	41
2.6.2.3. Equipos.....	42
2.6.2.4 Ventajas.....	42
2.6.2.5 Limitaciones.....	43
2.6.3 Equipo de protección	43
2.7 Herramientas	44
2.7.1 Clasificación de las herramientas	45
2.7.1.1Herramientas manuales.....	45
2.7.1.2 Herramientas mecánica.....	45
2.8 Herramientas usadas en la construcción.....	46
2.8.1 Amoladora	46
2.8.1.1 Discos de corte y desbaste.....	47
2.8.1.1.2 Causa de Incidentes	48
2.8.2 Sierra manual	48
2.8.3 Flexómetro.....	49
2.8.4 Limas	50
2.8.4.1 Tipos de lima para metal	50
2.8.5 Escuadra metálica	52
2.8.6 Martillo	52
2.8.7 Cepillo de acero.....	53
2.8.8 Soplete o pistola de pintura	53
2.8.8.1 Funcionamiento	54
2.8.8.2 Técnicas de aplicación	55
2.8.8.3 Partes de pistola pintura	56
CAPÍTULO III	
DESARROLLO DEL TEMA	57
3.1 Introducción	57
3.2 Materiales a utilizar.....	59
3.3 Construcción.....	59
3.3.1 Consideraciones generales	59

3.3.2 Estudio de alternativas para la construcción de la jaula de inflado de neumáticos para el avión Twin Otter.....	60
3.3.2.1 Identificación de las propuestas.....	60
3.3.2.1.1 Primera alternativa.....	60
3.3.2.1.2 Segunda alternativa.....	60
3.3.2.2 Análisis de factibilidad	60
3.3.2.2.1 Primera alternativa.....	61
3.3.2.2.2 Segunda alternativa.....	62
3.3.2.3 Aspecto técnico	63
3.3.2.3.1 Parámetros de evaluación	63
3.3.2.4 Selección de la mejor propuesta.....	66
3.3.3 Construcción de la jaula de protección para el inflado de los neumáticos.....	66
3.3.3.1: Toma de medidas en los neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11.....	66
3.3.3.2: Elaboración de planos	67
3.3.3.3: Cálculos, cargas y fuerzas existentes en la jaula	67
3.3.3.4: Compra de materiales	72
3.3.3.5: Construcción de la base de la jaula de inflado	72
3.3.3.6: Construcción de la estructura de la jaula.....	74
3.3.3.7: Suelda en marcos de tubo y base	75
3.3.3.8: Construcción del soporte para el neumático.....	75
3.3.3.9: Soldado de tubos dentro de los marcos	76
3.3.3.10: Soldadura de la platina y placa seguridad	76
3.3.3.11: Construcción de la puerta de seguridad	77
3.3.3.12: Procesos de lijado pulido en bordes de suelda y filos cortantes	78
3.3.3.13: Pintado de la estructura.....	79
3.3.4 Diagrama de construcción y ensamblaje	79
3.3.4.1 Diagrama estructura principal tubo acero redondo 1 1/2"	81
3.3.4.2 Diagrama estructura puerta tubo acero redondo 1 1/2"	82
3.3.4.3 Diagrama de la base de plancha acero 1/2"	83

3.3.4.4 Diagrama de ensamblaje.....	84
3.4 Implementación	84
3.4.1 Situación actual del taller de hidráulica del Ala N°11 FAE.....	84
3.4.2 Implementación del nuevo componente	85
3.4.3 Resultados de la implementación e impacto positivo obtenido.....	85
3.5 Descripción de procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad	87
3.5.1 Manual de operación	87
3.5.2 Manual de mantenimiento	91
3.5.3 Manual de seguridad	93
3.6 Estudio económico	95
3.6.1 Estudio económico de construcción	95
3.6.2 Estudio económico de implementación	96
3.6.3 Estudio económicos varios	96
3.6.4 Estudio económico total.....	97
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
4.1 Conclusiones	99
4.2 Recomendaciones.....	99
GLOSARIO.....	101
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tres vistas del DHC-6 "Twin Otter".....	11
Figura 2. Partes del neumático	15
Figura 3. Manómetro.....	18
Figura 4. Manómetro de dos ramas abiertas	20
Figura 5. Manómetro truncado.....	21
Figura 6. Manómetro Bourdon	23
Figura 7. Láminas de acero	25
Figura 8. tubos acero cuadrado	29
Figura 9. Placas de acero	30
Figura 10. Tubos de acero	31
Figura 11. Platinas de acero	33
Figura 12. Lijas	34
Figura 13. Thinner.....	37
Figura 14. Elementos soldadura arco eléctrico.....	42
Figura 15. Equipo protección	44
Figura 16. Herramientas manuales.....	45
Figura 17. Herramientas mecánicas	46
Figura 18. Amoladora	47
Figura 19. Disco de corte y desbaste.....	47
Figura 20. Sierra manual.....	48
Figura 21. Flexómetro	49
Figura 22. Tipos de limas.....	51
Figura 23. Escuadra metálica	52
Figura 24. martillo de bola.....	53
Figura 25. Cepillo de acero	53
Figura 26. Soplete de gravedad.....	54
Figura 27. Partes de un soplete.....	56
Figura 28. Toma de medidas a neumáticos avión Twin Otter	67
Figura 29. Corte de la base de la jaula	73
Figura 30. Corte y soldadura de ángulos	73

Figura 31. Medición y corte de tubos de acero	74
Figura 32. Corte y encuadrado de tubos.....	74
Figura 33. Soldadura y formación marcos	75
Figura 34. Doblado y soldado de soporte	76
Figura 35. Soldadura de tubos en marcos	76
Figura 36. Soldadura de platinas y placa seguridad	77
Figura 37. Construcción puerta.....	78
Figura 38. Pulido de la estructura	78
Figura 39. Pintado de la estructura	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales a utilizar	59
Tabla 2: Matriz de evaluación y decisión	65
Tabla 3: Simbología de los diagramas de procesos	80
Tabla 4: Estudio económico de construcción.....	95
Tabla 5: Estudio económico de instalación.....	96
Tabla 6: Estudio económico varios	97
Tabla 7: Estudio económico total	97

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Diagrama proceso de construcción estructura principal.....	81
Cuadro 2. Diagrama construcción puerta.....	82
Cuadro 3. Diagrama construcción base de acero	83
Cuadro 4. Diagrama ensamblaje jaula de inflado	84

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado como equipo de apoyo con el objetivo de mejorar los procesos de inflado de los neumáticos del avión Twin Otter y precautelar la seguridad del personal técnico en el taller de hidráulica del Ala N° 11 FAE. El proyecto está enmarcado en la implementación de una jaula protectora para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N° 11 de FAE además de su instalación en el taller de hidráulica. Los materiales de acero estructural poseen buenas características de resistencia a los golpes, explosiones, etc. Después de haber realizado el respectivo estudio, se determinó que este material es apto para poder usarlo en la construcción de las estructuras de la jaula para el inflado de los neumáticos. La estructura metálica de la jaula posee un diseño sencillo, pero resistente a una explosión si ocurriera en los procesos de inflado de los neumáticos, además la jaula posee un soporte especialmente diseñado para el neumáticos de la aeronave el cual sirve de guía y soporte al realizar el inflado. Con la implementación de esta jaula el personal técnico podrá realizar prácticas de mantenimiento de manera segura , ya que con esta jaula el personal técnico ya no se encontraría expuesto a accidentes e incluso la muerte al realizar los procesos de inflado de los neumáticos de esta aeronave.

PALABRAS CLAVES:

- **Equipo apoyo**
- **Jaula de inflado**
- **Prácticas mantenimiento**
- **Estructura metálica.**

ABSTRACT

Structural steel materials possess good characteristics of resistance to shock, explosion, etc. After making the respective study, we determined that this material is suitable to use in building the structures of the cage for inflating tires. The research focuses in a support equipment in order to improve the Twin Otter aircraft tire inflation processes and safeguard the technical staff safety at hydraulics workshop in Ala No. 11 - FAE. The project frames in implementing a protective inflating cage for Twin Otter aircraft tires belonging to Ala No. 11 – FAE, in the hydraulics workshop. Structural steel materials have good characteristics to shock, explosion resistance, etc. After making the respective study, it is determined that this material is suitable for using in construction of cage structures for inflating tires. The metal cage structure has a strong, simple design, but if an explosion occurs in the inflation process of tire, the cage has a support especially designed for the aircraft tires, which provides guidance, and support to the inflation. With this cage, technical personnel would not be in accidents and even death by processes of aircraft tire inflation.

KEYWORDS:

- **SUPPORT EQUIPMENT**
- **INFLATING CAGE**
- **MAINTENANCE PRACTICES**
- **METAL STRUCTURE**

.....
Legalized by: MSc. Rosa E. Cabrera T.

CAPÍTULO I

EL TEMA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA N° 11 FAE

1.1 Antecedentes

La historia de la aviación militar ecuatoriana tiene sus más remotos orígenes en el año de 1912 pero fue iniciada oficialmente el 27 de octubre de 1920 (92 años) con la creación de la primera escuela de aviación militar, posteriormente y tras una trayectoria, a veces accidentada, logró un desarrollo institucional notable siendo una de las pocas fuerzas aéreas de la región latinoamericana que desarrolló combates internacionales (contra Perú en 1981 y en 1995) sin contar los conflictos internos en los que participó.

La FAE, al igual que las otras ramas de las FF.AA., cumple además de su rol militar, una función constitucionalmente reconocida de desarrollo económico a través de una incipiente industria aeronáutica con DIAF, participación en la aviación comercial con la empresa TAME y otras empresas relacionadas, ofrece también servicios educativos de nivel primario y medio con unidades educativas experimentales y educación superior como la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT), finalmente lleva a cabo una reconocida labor de ayuda y bienestar social con los programas Alas para la integración, Alas para la salud y Alas para la alegría.

El siguiente proyecto es la implementación de una jaula de inflado de neumáticos para el avión Twin Otter, este es uno de los aviones que posee la FAE para dar servicio de transporte en el Ecuador. El escuadrón de aviones Twin Otter se encuentra operando en la ciudad de Latacunga.

El tren de aterrizaje, es la parte de cualquier aeronave encargada de absorber la energía cinética producida por el contacto entre la aeronave y la pista durante la fase de aterrizaje.

El peso total del avión, su distribución sobre las ruedas principales, la velocidad vertical de aterrizaje, la cantidad de unidades de ruedas, las dimensiones y presión de las cubiertas y otros, son los factores que influyen sobre la amortiguación del choque y ésta debe ser tal que la estructura del avión no esté expuesta a fuerzas excesivas

1.2 Planteamiento del problema

En un país donde la mayoría de su extensión consta de terreno montañoso y tropical, es de vital importancia contar con aviones con buenos requerimientos STOL. Un avión con esas características es el De Havilland Canadá DHC-6-300 Twin Otter, esta aeronave es usada para transportar personas y suplementos a villas y pueblos remotos del Oriente. A menudo aterrizan y despegan en pistas creadas en medio del Oriente.

La Fuerza Área Ecuatoriana en su escuadrón del "Twin Otter" ubicado en el Ala N°11 de Latacunga, carece de una jaula protectora para inflar los neumáticos del avión Twin Otter, ya que este componente es de vital importancia ya que de manera segura se evitaría accidentes tanto a la aeronave como al personal técnico al momento de inflar los neumáticos en el lugar de trabajo.

Debido a este inconveniente se consideró de vital importancia implementar una jaula para el inflado de neumáticos del tren de nariz del Twin Otter, para de esta forma lograr que los Técnicos en Mantenimiento de este avión trabajen de manera segura y eficiente.

1.3 Justificación e importancia

Esta implementación se la podrá aplicar a todos los técnicos, para la seguridad que estos necesitan al realizar un inflado de neumáticos adecuado, ya que al realizar este trabajo se lo debe hacer cumpliendo con todos los procesos establecidos de seguridad los cuales son necesarios para evitar graves accidentes que pueden terminar con la muerte.

Al momento de aterrizar, el tren debe absorber toda la energía cinética producida por el impacto. La cubierta de la aeronave es el primer elemento que absorbe tal impacto, pero no es suficiente; así el tren de aterrizaje debe poseer un sistema de amortiguación para poder disminuir el impacto.

El sistema debe absorber la energía cinética, equivalente a la caída libre del peso del avión desde 80 cm de altura.

El peso total del avión, su distribución sobre las ruedas principales y la proa o popa, la velocidad vertical de aterrizaje, la cantidad de unidades de ruedas, las dimensiones, presión de las cubiertas, son los factores que influyen sobre la amortiguación del choque y ésta debe ser tal que la estructura del avión no esté expuesta a fuerzas excesivas.

La función del amortiguador del tren de aterrizaje es reducir la velocidad vertical del avión a cero, en tal forma que la reacción del suelo nunca exceda de un cierto valor, generalmente un múltiplo del peso del avión, en el aterrizaje.

Por lo anteriormente mencionado es importante la implementación de un equipo aeronáutico para el Escuadrón Twin Otter perteneciente a FAE, para poder realizar los trabajos de mantenimiento de los neumáticos con las normas de seguridad establecidas y de manera segura y confiable.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Implementar una jaula protectora para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N° 11 FAE, mediante la utilización de materiales resistentes a explosiones.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Indagar información sobre la situación actual de los equipos para el inflado de neumáticos y establecer su correcto funcionamiento.
- Determinar el equipo aeronáutico de inflado de neumáticos necesarios para los procesos de mantenimiento.
- Construir la jaula protectora para brindar seguridad al personal técnico del Ala N° 11 FAE.
- Realizar pruebas de ensayos no destructivos a la estructura de la jaula para determinar su resistencia.

1.5 Alcance

El presente proyecto está dirigido a la Fuerza Aérea Ecuatoriana, al escuadrón de Transporte "Twin Otter" y permitir a los técnicos y mecánicos realizar los procedimientos de inflado de los neumáticos del avión con total seguridad.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones básicas.

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

Banda de rodamiento: Es la parte del neumático que permite la adherencia al suelo. Su diseño debe proporcionar capacidad de frenado y tracción. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste.

Explotar: Romperse de forma violenta un cuerpo por la acción de un explosivo o por el exceso de presión interior, provocando un fuerte estruendo.

Fusible Térmico: Son elementos de protección que se rompen y desinflan el neumático al alcanzar una temperatura determinada.

Inflado: Aumentar el tamaño o volumen de un cuerpo al llenar su interior con un gas.

Innerliner: Es el revestimiento protector de la estructura en la parte interna del neumático. En el caso de los neumáticos radiales de acero sin cámara, éstas tienen impermeabilidad al aire y a la humedad.

Mantenimiento: Ejecución de los trabajos técnicos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas:

- Reacondicionamiento;
- Inspección;
- Reemplazo de piezas;
- Rectificación de defectos; e
- Incorporación de una modificación o reparación.

Manual de mantenimiento: Un manual de mantenimiento describe las normas que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Dicho manual eleva el papel del mantenimiento a un lugar muy importante de la organización, cuando los procesos se encuentran ordenados y son llevados a cabo de una manera satisfactoria.

Manómetro: (del gr. *μανός*, ligero y *μέτρον*, medida) es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

Neumático: Un neumático (del griego *πνευματικός*, 'relativo al pulmón', por el aire que lleva), también denominado cubierta o llanta en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos, aeronaves y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

Nitrógeno: El nitrógeno es un gas incoloro, inodoro, insípido e inerte por lo general (no reactivo). El gas nitrógeno se utiliza para rellenar los neumáticos de los aviones y los automóviles.

Pared Lateral: Es la parte de la estructura que va de la banda de rodamiento hasta el talón, siendo revestida por un compuesto de caucho con alta resistencia a la fatiga por flexión.

Talones: Están compuestos de cables de acero revestidos en cobre para evitar la oxidación, separados individualmente por compuestos de caucho para evitar el contacto entre ellos y revestidos de tejido tratado. Su función es amarrar el neumático a la llanta y tener alta resistencia a la rotura.

Telas: En la construcción radial, las cuerdas de la tela de carcasa corren de talón a talón en el sentido radial. Son ellas las que tienen la función de soportar la carga. Sobre las telas de la carcasa, en el área de la banda de rodamiento son montadas las telas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son las que mantienen la estabilidad del neumático.

Tren de aterrizaje fijo: Son trenes anclados directamente al fuselaje o a las alas, pero generaban una resistencia que implicaba menor velocidad y mayor gasto de combustible para conseguir la potencia necesaria.

Tren de aterrizaje: Se denomina tren de aterrizaje al conjunto de ruedas, soportes, amortiguadores y otros equipos que un avión utiliza para aterrizar o maniobrar sobre una superficie. Aunque por su denominación, el tren de aterrizaje parece sugerir una única función a este sistema, realmente cumple varias funciones: sirve de soporte al aeroplano, posibilita el movimiento del avión en superficie (incluyendo despegues y aterrizajes), y amortigua el impacto del aterrizaje. Las operaciones en superficie exigen del tren de aterrizaje capacidades de direccionamiento y frenado, y para amortiguar el aterrizaje debe ser capaz de absorber impactos de cierta magnitud.

2.2 Fundamentos de la aeronave

2.2.1 Historia del Twin Otter

En el año 1955 la De Havilland de Canadá realizó el estudio de factibilidad de un nuevo avión capaz de reemplazar al DHC-3 Otter, pero con el doble de capacidad. Los requerimientos de carga y peso máximo de despegue tenía que tener 5900 kg (13 000 lbs), bimotor y estar equipado con motores fuertes para lo cual eligieron a Pratt and Whitney R-1340 de 600 hp, la misma planta motriz que equipaba a los Otter.

En 1960 aparecen en el mercado canadiense los primeros turbohélices PT6, muchos de los problemas referentes a las plantas motrices fueron solucionados. El nuevo turbohélice de 579 eshp, poseía un diseño compacto con solamente 48,3 cm² de sección frontal, 157,5 cm de largo y 125 kg, lo cual era mucho menos que el peso de un motor a pistón de la misma potencia. El primer paso seguido por la DHC fue instalar dos PT6 en las alas de un Otter modificado para tal fin, que ofició durante un tiempo de banco de pruebas de la nueva planta de poder.

Se pone en desarrollo el transporte biturbohélice STOL (Despegue y aterrizaje cortos) de origen canadiense, totalmente metálico, Este avión de origen canadiense de transporte de carga y pasajeros, de puede aterrizar en pistas pequeñas como las de la amazonia ecuatoriana.

Los estudios de mercado llevados a cabo en 1962 por la DHC, demostraron que las necesidades de un avión bimotor liviano, estaban aún vigentes, por lo tanto se continuó firmemente con el proyecto, llegando a las siguientes condiciones de diseño:

La aeronave debería ser biturbina, y poder operar desde cualquier parte del mundo, sin necesidad de apoyo en tierra. Para adaptarse a la orografía canadiense tendría que tener características STOL. Los costos de

producción se mantendrían bajos, usándose preferiblemente la mayor parte de los utilajes y componentes existentes. El avión debería ser capaz de aterrizar en tierra, agua y nieve. Las capacidades de operación llegarían a ser un 60% mayores que las del Otter. El tren de aterrizaje sería del tipo tres ruedas, con el fin de proveer unas mejores características de operación sobre terrenos poco preparados. Sobre todo, resultaría fácil de construir, mantener y operar.

Los trabajos de diseño comenzaron en abril de 1963, tomando de base un avión de 10 000 lbs (4 540 kg) de peso máximo de despegue, capacidad para 5 400 lbs (2 450 kg) de carga y lugar para 12 ó 14 pax. Se lo bautizó DHC-6 "Twin Otter".

2.2.2 Historia del Twin Otter en la Fuerza Aérea Ecuatoriana

En 1974, la Fuerza Aerea Ecuatoriana adquirió los aviones Twin Otter, para ser destinados a cumplir misiones de "Acción Cívica" en la Región Litoral operando desde la Base Aérea Simón Bolívar de Guayaquil y en la Región Oriental desde la Base Aérea Mariscal Sucre de Quito.

El Twin Otter se caracteriza por ser un avión muy flexible para las tareas en la selva.

Estos aviones STOL se destacaron durante la guerra de 1995 por transportar gran cantidad de soldados y provisiones para el apoyo de las operaciones desde las Bases de Avanzada en la región oriental, así como también, desde un sin número de pistas no preparadas.

En jueves 12 de Noviembre del 2005 en la pista de la vía a Cumbaratza, la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) inauguró el servicio aéreo Guayaquil-Cumbaratza-Guayaquil.

Participaron delegaciones de las escuelas locales. También el comandante general de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, teniente general Edmundo Baquero; el comandante del Comando Aéreo de Transportes, Brigadier General Leonardo Barreiro Muñoz; y el comandante del Ala de Transportes N° 11, Coronel Óscar Jácome Fraga.

El avión en mención que prestará servicio es un Twin Otter de fabricación canadiense del año 1974, que está apto para operar en cualquier terreno pero requiere de una pista de 800 metros de largo. La que utilizará en Cumbaratza mide 3 kilómetros.

Los aviones stol DH Twin Otter se destacaron durante la guerra del Cenepa, transportando grandes cantidades de soldados y pertrechos desde la Base Rio Amazonas y desde la Base Simon Bolivar hacia puntos de despliegue ubicados en Patuca, Macas, Tena y otras pistas existentes en la region oriental ecuatoriana. Es necesario mencionar también, que dichas misiones se las realizaban con mucho riesgo, bajo la constante amenaza de los aviones de combate peruanos, que en varias ocasiones ingresaban al territorio ecuatoriano, luego de haber bombardeado los destacamentos fronterizos defendidos por los soldados del Ejército.

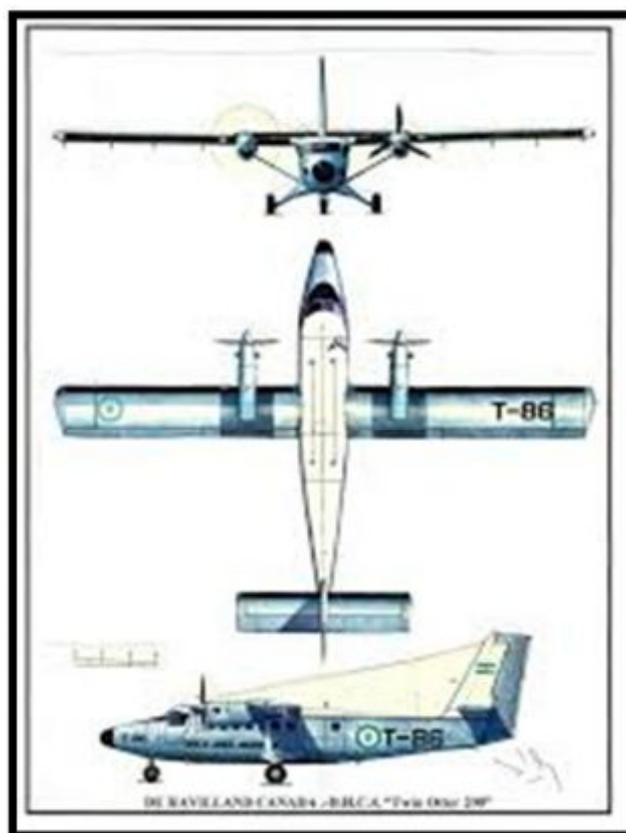


Figura 1. Tres vistas del DHC-6 "Twin Otter".

Fuente: (www.avionslegendaires.net, 2015)

2.2.3 Características técnicas del DHC-6 "Twin Otter"

El de Havilland Canada DHC-6 *Twin Otter* («doble nutria» en inglés) es un avión de pasajeros STOL y avión utilitario desarrollado por la compañía canadiense de Havilland Canadá. Es considerado a menudo el programa aeronáutico con más éxito de la historia de Canadá.

El tren de aterrizaje triciclo fijo, sus habilidades STOL y su relativamente alta tasa de ascenso lo han convertido en un exitoso avión de carga, de pasajeros regionales y de evacuación médica. Además, el Twin Otter es popular en las operaciones de paracaidismo, disponiendo de una capacidad para 22 saltadores (una carga relativamente grande respecto a otros

aviones). Actualmente, el Twin Otter es usado en paracaidismo en Suecia, Finlandia, Noruega, España, Australia y Estados Unidos.

2.2.4 Especificaciones técnicas del DHC-6 "Twin Otter"

Descripción general

- **Tripulación:** mínimo 1, comúnmente 2 (debe ir a bordo un asistente de vuelo si el avión lleva al menos 19 pasajeros)
- **Capacidad:** 19-20 pasajeros
- **Longitud:** 15,77 m
- **Envergadura:** 19,80 m
- **Altura:** 5,90 m
- **Superficie alar:** 39 m²
- **Peso vacío:** 3.200-3.628 kg
- **Peso máximo al despegue:** 5.670 kg
- **Planta motriz:** 2x turbohélice Pratt & Whitney PT6A-27.
- **Potencia:** 620-680 HP 460-507 kW cada uno.

Rendimiento

- **Velocidad nunca excedida (V_{ne}):** 472 km/h
- **Velocidad máxima operativa (V_{no}):** 340 km/h 210 mph
- **Velocidad crucero (V_c):** 266 km/h 165 mph
- **Alcance:** 1.690 km 1.050 mi
- **Techo de servicio:** 8.140 m 26.700 pies
- **Régimen de ascenso:** 8,1 m/s 1.600 pies/min

2.3 Neumáticos de aviación

Las aeronaves comerciales poseen neumáticos que están fabricados de hule, capas de nylon flexible o materiales similares y de alambre de fibras de acero y se inflan con nitrógeno. Operan a altas presiones de inflado y están

diseñadas para resistir cargas pesadas y altas velocidades durante el despegue y el aterrizaje.

Cuando los neumáticos se encuentran girando, se produce calor, principalmente por la fricción generada durante la deflexión de las mismas se produce un cambio en la distancia eje a piso después de haber instalado una llanta.

El Nitrógeno se usa para inflar neumáticos de aviación, ya que el aire comprimido, normalmente lleva aceite, es húmedo y contiene oxígeno, lo cual acelera el deterioro de los neumáticos. El aire contiene alrededor de 78% de Nitrógeno, 21% de Oxígeno y 1% de otros gases. El Nitrógeno es inerte y no corrosivo.

El trabajo requerido a los neumáticos de aviación es realmente duro; cuando están en el suelo deben soportar el peso del avión; durante el proceso de taxeo deben proporcionar un recorrido estable, confortable y ser capaces de soportar el calor, la abrasión y el desgaste; durante el despegue, la estructura del neumático debe resistir, además del peso, las fuerzas generadas por las elevadas velocidades angulares y, en el proceso de aterrizaje, se requiere de las ruedas que absorban el impacto mientras transmiten, además, la elevada fuerza de frenada al suelo.

El neumático, al contrario de lo que suele opinarse, no sustenta por sí mismo el peso del vehículo en el que va montado, sino que es el gas que lleva en el interior el que cumple dicha función, de ahí que el buen hinchado de la rueda sea tan importante para el trabajo que ésta debe realizar.

Si bien solía utilizarse el aire para los neumáticos de aviación, el nitrógeno ha ido abriéndose paso poco a poco hasta establecerse como primera opción en la mayoría de los casos. Las ventajas del nitrógeno son claras: mantienen la presión y la temperatura constante ante variaciones severas, impidiendo además que se produzca la congelación de los neumáticos a

elevadas altitudes y evitando también la formación de humedad interna de los mismos. Todo ello aumenta tanto la seguridad de los aviones como la vida útil de los neumáticos.

Desde que se comenzó a volar hasta hoy el camino ha sido largo, tanto, que el primer avión ni siquiera estaba dotado de ruedas. El avance ha sido notable y, ya sea en los neumáticos convencionales como en los radiales, los fabricantes ponen todo su empeño en hacer que la seguridad de los aviones sea, durante el tiempo que están en contacto con el suelo, la máxima posible.

2.3.1 Partes del neumático

Un neumático está constituido por las siguientes partes:

Telas. En la construcción radial, las cuerdas de la tela de carcasa corren de talón a talón en el sentido radial. Son ellas las que tienen la función de soportar la carga. Sobre las telas de la carcasa, en el área de la banda de rodamiento son montadas las telas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son las que mantienen la estabilidad del neumático.

Banda de rodamiento. Es la parte del neumático que permite la adherencia al suelo. Su diseño debe proporcionar capacidad de frenado y tracción. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste.

Pared Lateral. Es la parte de la estructura que va de la banda de rodamiento hasta el talón, siendo revestida por un compuesto de caucho con alta resistencia a la fatiga por flexión.

Innerliner. Es el revestimiento protector de la estructura en la parte interna del neumático. En el caso de los neumáticos radiales de acero sin cámara, éstas tienen impermeabilidad al aire y a la humedad.

Talones. Están compuestos de cables de acero revestidos en cobre para evitar la oxidación, separados individualmente por compuestos de caucho para evitar el contacto entre ellos y revestidos de tejido tratado. Su función es amarrar el neumático a la llanta y tener alta resistencia a la rotura.

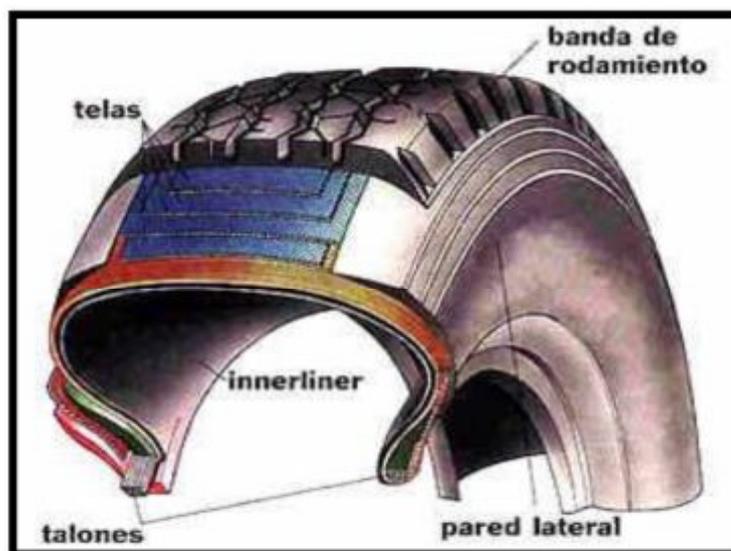


Figura 2. Partes del Neumático

Fuente: (www.neumaticosmedica.com.ar, 2014)

2.3.2 Características generales del neumático

Sus funciones generales son:

- Mantener la presión necesaria del aire para soportar el peso del avión, en vista que todo neumático está diseñado para soportar determinado peso y de acuerdo a este parámetro se considera la presión de trabajo y presión máxima.
- Transmitir fuerza de freno y de tracción, de esta manera ayuda al avión a transmitir y absorber las fuerzas que se generan en este.
- Ayudan a la adherencia sobre la pista seca y mojada.
- Baja resistencia a la rodadura.
- Resistencia a la fatiga, al desgaste, a la formación de grietas.

- Adecuada flexibilidad radial, circunferencial y transversal.

2.3.3 Propiedades de los Neumáticos

- **Flexibilidad:** Debido a su propia constitución, los neumáticos se deforman con la aplicación de fuerzas exteriores; se denomina flexibilidad a la facilidad con que se produce la deformación y su capacidad de recuperación.
- **Capacidad de Carga:** Es el peso máximo que puede soportar un neumático, depende de sus características constructivas, de la presión de inflado, de la velocidad del vehículo y de la clase de terreno por el que circula. La capacidad de carga viene determinada por el fabricante para la presión de inflado recomendada. Esta propiedad viene descrita en la parte lateral del neumático junto con las especificaciones del mismo.
- **Adherencia:** Es el agarre del neumático al suelo, este no depende únicamente de las fuerzas de rozamiento en la que solo intervienen la carga aplicada y el coeficiente de rozamiento. Cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el neumático y el pavimento, mayor será la cantidad de asperezas que deformen el neumático por lo tanto mayor será el agarre.

2.4 Jaulas de Seguridad

Los neumáticos de cualquier medio de transporte y maquinaria como aviones, automóviles, camiones, autobuses y tractores se encuentran inflados a diferentes presiones las mismas que son peligrosas ya que pueden llegar a explotar y causar graves daños a las personas e incluso la muerte.

Por esta razón es de vital importancia usar jaulas de seguridad al inflar los neumáticos, ya que la jaula tiene que aguantar la fuerza que recibe durante la separación del rin al 150% de la presión máxima especificada del neumático.

Un aspecto importante para el buen funcionamiento de la jaula de seguridad es mantener chequeos periódicos, inspeccionar si existe deterioro sobre la estructura, tubos, soldaduras, oxidación, golpes o cualquier otro indicio de que puede afectar a la resistencia de la jaula, de existir este indicio se debe inmediatamente quitar de servicio y no usarla hasta que esté completamente operativa.

La persona autorizada o el técnico debe cumplir los siguientes pasos para asegurarse un correcto funcionamiento de la jaula y proceso de inflado del neumático:

- Verificar que la jaula se encuentre en buenas condiciones para su uso.
- Usar equipo de protección personal (guantes, orejeras, gafas)
- Leer los manuales del fabricante del neumático para el inflado, límites de presión y condiciones del neumático.
- Trasladar los neumáticos mediante equipo mecánico.
- Colocar el neumático dentro de la jaula de la forma correcta para empezar los procesos de inflado.
- Cerrar y asegurar la puerta de seguridad de la jaula para empezar el proceso de inflado del neumático.

2.4.1 Manómetros

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.



Figura 3. Manómetro

Fuente: (www.kobold.de, 2013)

2.4.1.1 Rango de Presiones

Las presiones pueden variar entre 10^{-8} y 10^{-2} mm de mercurio de presión absoluta en aplicaciones de alto vacío, hasta miles de atmósferas en

prensas y controles hidráulicos. Con fines experimentales se han obtenido presiones del orden de millones de atmósferas, y la fabricación de diamantes artificiales exige presiones de unas 70.000 atmósferas, además de temperaturas próximas a los 3.000 °C.

En la atmósfera, el peso cada vez menor de la columna de aire a medida que aumenta la altitud hace que disminuya la presión atmosférica local. Así, la presión baja desde su valor de 101.325 Pa, al nivel del mar hasta unos 2.350 Pa a 10.700 m (35.000 pies, una altitud de vuelo típica de un reactor).

Por presión parcial se entiende la presión efectiva que ejerce un componente gaseoso determinado en una mezcla de gases. La presión atmosférica total es la suma de las presiones parciales de sus componentes (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y gases nobles).

2.4.1.2 Tipos de Manómetros

2.4.1.2.1 Manómetro de dos ramas abiertas

Estos son los elementos con los que se mide la presión positiva, estos pueden adoptar distintas escalas. El manómetro más sencillo consiste en un tubo de vidrio doblado en U que contiene un líquido apropiado (mercurio, agua, aceite, entre otros). Una de las ramas del tubo está abierta a la atmósfera; la otra está conectada con el depósito que contiene el fluido cuya presión se desea medir. El fluido del recipiente penetra en parte del tubo en U , haciendo contacto con la columna líquida. Los fluidos alcanzan una configuración de equilibrio de la que resulta fácil deducir la presión absoluta en el depósito: resulta:

$$p = p_{\text{atm}} + \rho_m g h - \rho g d \quad (1)$$

Donde ρ_m = densidad del líquido manométrico. ρ = densidad del fluido contenido en el depósito. Si la densidad de dicho fluido es muy inferior a la del líquido manométrico, en la mayoría de los casos se puede despreciar el término $\rho g d$, y se tiene:

$$P \approx p_{atm} + \rho_m g h \quad (2)$$

De modo que la presión manométrica $p - p_{atm}$ es proporcional a la diferencia de alturas que alcanza el líquido manométrico en las dos ramas.

Evidentemente, el manómetro será tanto más sensible cuanto menor sea la densidad del líquido manométrico utilizado.

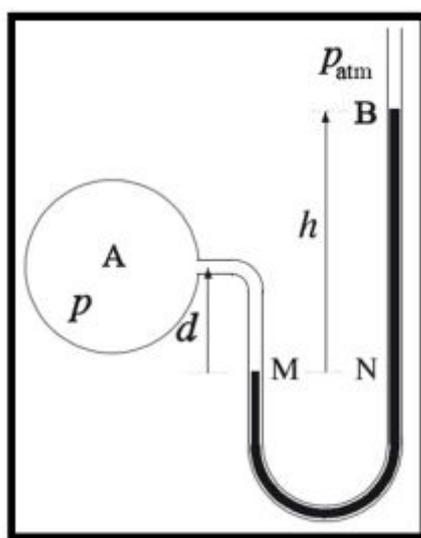


Figura 4. Manómetro de dos ramas abiertas

Fuente: (www.co.all.biz, 2013)

2.4.1.2.2 Manómetro truncado

El llamado manómetro truncado sirve para medir pequeñas presiones gaseosas, desde varios hasta 1 Torr. No es más que un barómetro de sifón con sus dos ramas cortas. Si la rama abierta se comunica con un depósito cuya presión supere la altura máxima de la columna barométrica, el líquido barométrico llena la rama cerrada. En el caso contrario, se forma un

vacío barométrico en la rama cerrada y la presión absoluta en el depósito será dada por

$$p = \rho_m g h + \rho g d \approx \rho_m g h \quad (3)$$

Obsérvese que este dispositivo mide presiones absolutas, por lo que no es un verdadero manómetro.

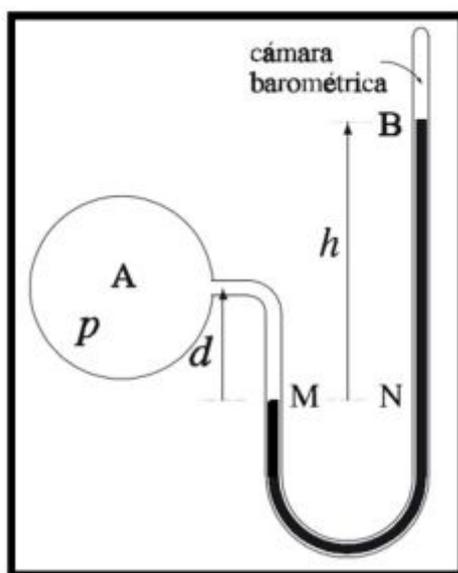


Figura 5. Manómetro truncado

Fuente: (www.bfz.biz, 2013)

2.4.1.2.3 Manómetro Bourdon

Instrumento mecánico de medición de presiones que emplea como elemento sensible un tubo metálico curvado o torcido, de sección transversal aplanada. Un extremo del tubo está cerrado, y la presión que se va a medir se aplica por el otro extremo. A medida que la presión aumenta, el tubo tiende a adquirir una sección circular y enderezarse. El movimiento del extremo libre (cerrado) mide la presión interior y provoca el movimiento de la aguja.

El principio fundamental de que el movimiento del tubo es proporcional a la presión fue propuesto por el inventor francés Eugene Burdon en el siglo XIX.

Los manómetros Burdon se utilizan tanto para presiones manométricas que oscilan entre 0-1 Kg/cm² como entre 0-10000 Kg/cm² y también para vacío.

Las aproximaciones pueden ser del 0.1 al 2% de la totalidad de la escala, según el material, el diseño y la precisión de las piezas.

El elemento sensible del manómetro puede adoptar numerosas formas. Las más corrientes son las de tubo en C, espiral y helicoidal.

El tubo en C es simple y consistente y muy utilizado con esferas indicadoras circulares. También se emplea mucho en algunos indicadores eléctricos de presión, en los que es permisible o deseable un pequeño movimiento de la aguja. El campo de aplicación es de unos 1500 Kg/cm².

Las formas espiral y helicoidal se utilizan en instrumentos de control y registro con un movimiento más amplio de la aguja o para menores esfuerzos en las paredes. Los elementos en espiral permiten un campo de medición de 0.300 Kg/cm², y los helicoidales hasta 10000 kg/cm².

A menudo se prefiere el tubo torcido, consistente y compacto, especialmente para los indicadores eléctricos de presión.

Los tubos Bourdon se presentan en una serie de aleaciones de cobre y en aceros inoxidable al cromo níquel. En ciertos aspectos las aleaciones de cobre dan mejor resultado, pero los aceros inoxidable ofrecen mayor resistencia a la corrosión. También se utilizan tubos de aleación hierro-níquel, debido a que tienen un coeficiente de dilatación muy pequeño, que

hace que la lectura de la presión no esté influida por la temperatura del instrumento.

Los instrumentos mecánicos y neumáticos con elementos Burdon permiten una aproximación del 0.5% de la escala. Si se precisa mayor exactitud se emplean indicadores eléctricos. Los manómetros Burdon miden la diferencia entre la presión interior y la exterior del tubo. Como la presión exterior suele ser la atmosférica, el manómetro indica la diferencia existente entre la presión medida y la presión atmosférica, es decir la presión manométrica.

El manómetro Burdon es el instrumento industrial de medición de presiones más generalizado, debido a su bajo costo, su suficiente aproximación y su duración.

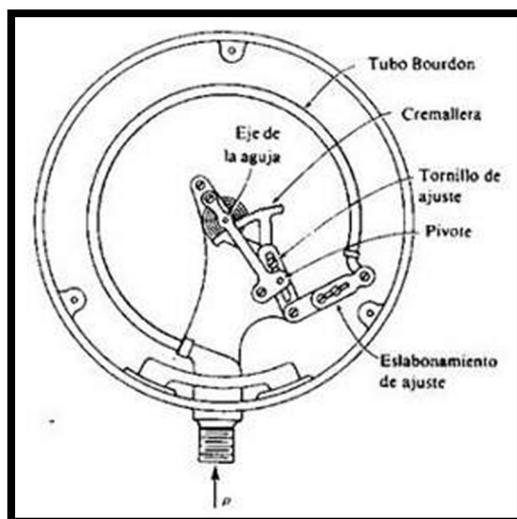


Figura 6. Manómetro Bourdon

Fuente: (www.bloginstrumentacion.com, 2013)

2.5 Materiales usados en la construcción

2.5.1 Descripción del Acero

El acero es una aleación del elemento hierro con otros elementos que pueden ser tanto metálicos como no-metálicos. Elementos no-metálicos que se utilizan normalmente en los aceros son, entre otros, carbono y silicio. Por otro lado, manganeso y cromo son elementos metálicos que también son usualmente utilizados. El elemento de aleación más importante para el acero es el carbono. Dependiendo de la cantidad y el tipo de los elementos de aleación de un acero se pueden obtener o resaltar características deseables y evitar aquellas que sean indeseables en ciertas aplicaciones.

Originariamente se utilizó la templabilidad como característica esencial para el término acero. Hoy en día este criterio no se utiliza más en ese sentido y se denominan como aceros a todos aquellos materiales de hierro, cuya parte de masa de hierro sea mayor que la de todos los otros elementos. Con la excepción de los aceros ricos en cromo, el acero contiene hasta un máximo de aproximadamente 2% en peso de carbono. Aceros con mayor contenido de carbono son designados como hierro fundido.

El acero es un material muy versátil y adaptable lo cual se demuestra sobre todo en su relativa facilidad de conformación tanto en caliente como en frío, su idoneidad para ser usados en aplicaciones donde se requiera soldadura, la posibilidad de ser maquinados mediante diferentes métodos, su buena resistencia a la corrosión, la posibilidad de crear piezas directamente desde la fundición, su resistencia térmica é incluso sus buenas propiedades mecánicas a altas temperaturas. Las propiedades de los aceros pueden ser, además, adaptadas a las exigencias de un componente mediante la adición de elementos de aleación y por su subsecuente procesamiento. Estas características convierten al acero en uno de los materiales más importantes, variables y adaptables. Por estas razones el

acero se mantiene en el interés tanto científico como tecnológico y seguirá jugando un papel muy importante en el futuro, (ver Anexo A).

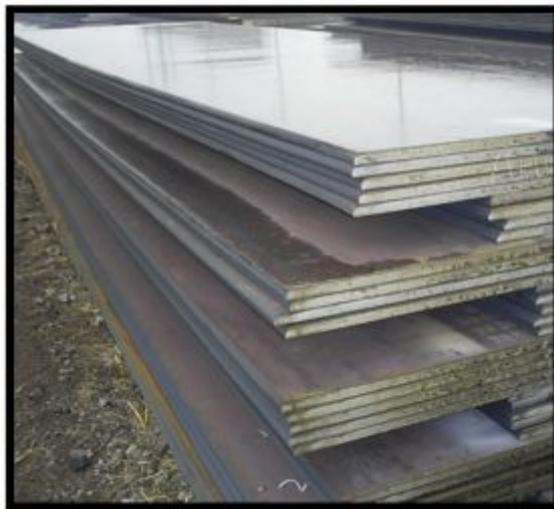


Figura 7. Láminas de Acero

Fuente: (www.arlam.com.mx, 2014)

2.5.1.2 Clasificación de los Aceros

Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultrarresistentes, aceros inoxidables y aceros de herramientas.

- **Aceros al carbono.**

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,6% de silicio y el 0,6% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques y horquillas o pasadores para el pelo.

- **Aceros aleados.**

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte.

- **Aceros de baja aleación Ultrarresistentes.**

Esta familia es la más reciente de las cinco grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono.

Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en cada caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

- **Aceros Inoxidables.**

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y a la oxidación que se encuentra expuesta, a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos

periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos.

El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resisten a la acción de fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos, los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurezca los alimentos y puede limpiarse con facilidad.

- **Aceros de Herramientas.**

Estos aceros se utilizan para fabricar muchos tipos de herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas empleadas en diversas operaciones de fabricación. Contiene wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que les proporciona mayor resistencia, dureza y durabilidad.

2.5.1.2.1 Estructura del Acero

Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono y de su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: ferrita, perlita y cementita. La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución. La cementita, un compuesto de hierro con 7% de carbono aproximadamente es de gran dureza y más quebradiza. La perlita es una profunda mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una estructura característica, y sus propiedades físicas son intermedias entre las de sus dos componentes.

La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de las proporciones de estos tres ingredientes. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está por completo compuesto de perlita. Al elevarse la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en una forma alotrópica de aleación de hierro y carbono conocida como austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y perlita, pero si el enfriamiento es repentino la austenita se convierte en martensita, una modificación alotrópica de gran dureza similar a la ferrita pero con carbono en solución sólida.

2.5.1.2.2 Propiedades del acero

- Resistencia a compresión y tracción.
- Dureza
- Resistencia al desgaste
- Ductilidad
-

Las propiedades del acero se pueden mejorar con la adición de elementos aleantes.

2.5.1.2.3 Ventajas del acero

- El Acero es un material de construcción de superior calidad, es 100% reciclable e inorgánico.
- No se tuerce, raja, rompe o cambia de forma, longitud; tiene el más alto ratio de fuerza a peso de cualquier material de construcción.
- Es invulnerable a termitas o cualquier tipo de fungí u organismo. Su alto nivel de fuerza resulta en estructuras más seguras; requiere menor mantenimiento.

- Acero es más liviano que cualquier otro material para enmarcados o paneles.
- Permite paredes rectas y esquinas cuadradas. Ventanas y puertas cierran como deben hacerlo.
- Produce hasta un 20% menos desperdicio o material no aceptable.
- Su calidad es consistente y constante, es producido dentro de estrictos estandartes nacionales, no variaciones regionales.
- Estabilidad de precio.



Figura 8. Tubos acero cuadrado

Fuente: (www.mallasdelasabana.com, 2014)

2.5.1.2.4 Placa de Acero Comercial

Por su gran variedad en espesores, acabados y dureza, los productos manufacturados a partir de la placa de acero comercial forman parte de nuestro entorno, ya que al voltear en cualquier dirección se encuentra productos transformados a partir de la placa de acero.

Se lo aplica en la manufactura de maquinaria ligera y pesada, tanques a presión, estructuras, herramientas y uso industrial, (ver Anexo A).



Figura 9. Placas de acero

Fuente: (www.acerotek.com.mx, 2014)

2.5.1.2.5 Especificaciones

- Espesor: 12,5 (milímetros)
- Peso: (kilogramos)
- Ancho: 2,4 (metros)
- Largo: 1,2 (metros)
- Límite de Fluencia: mínima 3.500 (kilogramos/centímetros²)
- Resistencia a la tracción: 4,080 – 5,610 (kilogramos/centímetros²)
- Elongación: mínima 20%.

2.5.2 Tubos

Los tubos más baratos se forman doblando una tira plana de acero caliente en forma cilíndrica y soldando los bordes para cerrar el tubo. En los tubos más pequeños, los bordes de la tira suelen superponerse y se pasan entre un par de rodillos curvados según el diámetro externo del tubo.

La presión de los rodillos es suficiente para soldar los bordes. Los tubos sin soldaduras se fabrican a partir de barras sólidas haciéndolas pasar entre

un par de rodillos inclinados entre los que está situada una barra metálica con punta, llamada mandril, que perfora las barras y forma el interior del tubo mientras los rodillos forman el exterior.

Los tubos de acero son utilizados principalmente para la fabricación de señalética vial, muebles, estructuras, piezas y partes automotrices, andamios, entre otros. (Ver Anexo C)



Figura 10. Tubos de acero

Fuente: (www.metalsandsupplies.com, 2015)

2.5.2.1 Especificaciones

- Espesor: 2.5mm
- Anchura: 1 ½" (pulgada)
- Largura: 6 (metros)
- Peso: 2 (kilogramos)
- Límite de fluencia mínimo: 205Mpa.
- Resistencia a la Tracción: 330Mpa.
- Alargamiento: 15.0% mínimo
- Soldabilidad: buena

2.5.3 Platina de Acero

Una platina es una placa de metal plana, también se le conoce como hojas rectangulares. Las platinas pueden fabricarse de acero o diversos materiales de la industria siderúrgica; son principalmente utilizadas para la manufactura y la fabricación en el mercado de perfiles.

Por lo general, las platinas se pueden cortar en diferentes tamaños estandarizados, esto depende de la forma en la que se quiera empezar a trabajar o en la contabilidad y la trasportación del material. Las platinas, son un material sumamente manejable ya que puede doblarse dependiendo de la medida que se requiera.

La calidad de una platina, depende en gran parte de la composición y la aplicación superficial a su formación, un ejemplo es cuando a las hojas se les añade aceite, lo cual provoca que la platina tenga una protección hacia la oxidación.

Cuando se pretende crear una forma específica para la platina, existen diferentes maneras de lograrlo, por ejemplo: cortándola, someténdola a un proceso abrasivo o deritiéndola; en estos procesos intervienen diferentes agentes, tales como: el corte con plasma, la añadidura de oxígeno y acetileno, el corte con láser o la deformación por exposición al chorro de agua. Uno de los procesos a los que puede ser expuesta la placa es el doblado y deformación.

Se utilizan para múltiples propósitos dentro del sector metal-mecánico, cerrajería ornamental, manufactura de muebles, carrocerías, herramientas manuales y trabajos de carpintería metálica en general, (ver Anexo B).

2.5.3.1 Especificaciones

- Espesor: 3/16" (pulgada)
- Anchura: 2" (pulgada)
- Largura: 6 (metros)
- Peso: 2 (kilogramos)
- Límite de fluencia mínimo: 2,530 (kilogramos/centímetros²)
- Resistencia a la Tracción: 4,080 - 5,620 (kilogramos/centímetros²)
- Alargamiento: 15.0% mínimo
- Doblado a 180°: bueno
- Soldabilidad: buena



Figura 11. Platinas de acero

Fuente: (www.aterfo.com, 2015)

2.5.4 Lijas

El papel de lija o simplemente lija, es una herramienta que consiste en un soporte de papel sobre el cual se adhiere algún material abrasivo, como polvo de vidrio o esmeril.

Se las usa para quitar pequeños fragmentos de material de las superficies para dejar sus caras lisas, a modo de preparación para pintar.

El lijado se puede hacer a mano o con ayuda de máquinas eléctricas (lijadoras y taladros con acoples, principalmente).

Las hojas de lija para lijar manualmente son generalmente de papel y en algunos casos de tela, siendo mejores éstas últimas en aplicaciones donde se necesita máxima flexibilidad. Según el número de grano, se puede hacer la siguiente clasificación de las hojas de lija:

- Grano de 40 a 50: muy gruesa
- Grano de 60 a 80: gruesa
- Grano de 100 a 120: media
- Grano de 150 a 180: fina
- Grano de 240 a 400: muy fina



Figura 12. Lijas

Fuente: (www.deluthiers.com, 2013)

2.5.4.1 Especificaciones de la lija número 60

- Material abrasivo de carburo de silicio
- Grano número 60
- Son lijas semi-gruesas, y que solo se usarán para la primera lijada
- Alta potencia de arranque de virutas, corrosiones superficiales.
- Especial para el tratamiento de pinturas.

2.5.5 Pintura Amarilla Esmalte

2.5.5.1 Descripción

Los esmaltes sintéticos están formulados a base de resinas químicas sintéticas, y se diluyen en solventes tales como aguarrás mineral, whitespirit o thinner. Es de mayor resistencia que otras pinturas cuando es correctamente aplicado, siendo su mayor característica la lavabilidad.

El thinner se emplea para pintar con soplete o pistola por su rápida evaporación favoreciendo al secado de la pintura.

La disolución recomendada oscilará entre el 5 y 15 por ciento al momento de la aplicación. En ciertas condiciones, por ejemplo cuando la temperatura ambiental es baja, es necesario diluir la pintura un poco más.

El secado entre manos es de 12 horas aproximadamente. Aplicando todas las manos que sean necesarias hasta cubrir, pudiendo ser estas entre 2 a 3 por lo general.

2.5.6 Preparación de la superficie a pintar

- Limpia la superficie de metal con alcoholes minerales, como el thinner. Esto quitará todos los rastros de aceite y grasa dejados por el proceso de fabricación.
- Aplica un removedor de óxido comercial de acuerdo con las instrucciones, o sino limpiar la superficie con una lija de existir rastros de óxido. La pintura no se adherirá al óxido.
- Lija la superficie empezando con un papel de lija grueso o un cepillo de alambre para remover virutas, rebabas, etc. Lija de nuevo con un

papel de lija más fino. Limpia con un trapo húmedo para quitar todos los rastros de polvo y empezar los procesos de pintura

2.5.6.1 Precauciones

- Evitar contacto con piel, ojos e inhalación mediante los equipos de protección personal.
- En caso de contacto con los ojos, lavarse con abundante agua y buscar atención médica.
- Colocar la pintura en un lugar ventilado y libre de humedad.
- Cerrar el envase en caso de ya no ocupar la pintura ya que puede contaminar y alejar del alcance de los niños.

2.5.7 Thinner

El thinner también conocido como diluyente o adelgazador de pinturas es una mezcla de solventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas.

El thinner está compuesto por un solvente activo, un cosolvente y un diluyente, sustancias que efectúan una función en particular. El solvente activo es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo, el cosolvente potenciará el efecto del solvente activo y el diluyente dará volumen al compuesto. El thinner tiene como solvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de solventes, sustancias todas ellas tóxicas para el hombre.

No todos los diluyentes tienen el mismo poder de dilución, por lo tanto con idénticas cantidades de diluyente se obtendrán distintas viscosidades de aplicación. Es decir que el poder de dilución de un thinner dependerá no sólo

de la composición del diluyente sino también, y fundamentalmente, de la del producto.

No existen normas ni criterios que definan sus características durante la elaboración de thinner de baja calidad. Por esta razón es imposible generalizar con exactitud sus propiedades tanto en sus aplicaciones comerciales como en los riesgos que representan su manipulación por trabajadores y su abuso por farmacodependientes.

Los principales componentes del thinner y sus porcentajes son:

- Tolueno 5 - 50 %
- Alcohol metílico 15 - 50 %
- Cetonas 5 - 40 %
- Hexano 5 - 30 %
- Alcoholes 5 - 40 %
- Xileno 5 - 20 %
- Ésteres 3 - 50 %

Las cantidades varían según el producto deseado.



Figura 13. Thinner

Fuente: (www.bennys.bz, 2013)

2.5.7.1 Especificaciones thinner

- Estado de agregación: Líquido.
- Apariencia: incoloro
- Punto de fusión: la menor es de -34 °C
- Temperatura de autoignición: 480 °C
- Punto de ebullición: 56 - 136 °C
- Densidad relativa: 0,77 - 0,83
- Solubilidad: insoluble en agua
- % de volatilidad por volumen: 100
- Gravedad: 0,9
- Presión vapor: 9 %
- viscosidad: n/d

2.5.7.2. Precauciones

- Es un líquido inflamable
- El vapor es más pesado que el aire y puede dispersarse distancias largas y acumularse en zonas bajas
- Manténgalo en sitio ventilado, lejos de fuentes de ignición, no fume cerca de él, evite la acumulación de cargas electrostáticas.
- No respire los vapores

2.6 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, generalmente metales, usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte, que al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar y al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.

La soldadura con frecuencia se realiza en un ambiente industrial, pero puede realizarse en muchos lugares diferentes, incluyendo al aire libre, bajo el agua y en el espacio. Independientemente de la localización, sin embargo, la soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descargas eléctricas, humos venenosos, y la sobreexposición a la luz ultravioleta.

2.6.1 Tipos de Soldadura

1. Soldadura ordinaria o de aleación
2. Soldadura por fusión
 - Soldadura por gas
 - Soldadura por arco
 - Soldadura por arco con electrodo recubierto
 - Soldadura por arco con protección gaseosa
 - Soldadura por arco con fundente en polvo
 - Soldadura aluminotérmica
3. Soldadura por presión
 - Soldadura por resistencia

2.6.2 Suelda por arco eléctrico

La característica más importante de la soldadura con electrodos revestidos, en inglés Shield Metal Arc Welding (SMAW) o Manual Metal Arc Welding (MMAW), es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y un electrodo metálico recubierto. El recubrimiento protege el interior del

electrodo hasta el momento de la fusión. Con el calor del arco, el extremo del electrodo se funde y se quema el recubrimiento, de modo que se obtiene la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el material base.

Estas gotas de metal fundido caen recubiertas de escoria fundida procedente de la fusión del recubrimiento del arco. La escoria flota en la superficie y forma, por encima del cordón de soldadura, una capa protectora del metal fundido.

Como son los propios electrodos los que aportan el flujo de metal fundido, será necesario reponerlos cuando se desgasten. Los electrodos están compuestos de dos piezas: el alma y el revestimiento.

La corriente alterna posibilita el uso de electrodos de mayor diámetro, con lo que el rendimiento a mayor escala también aumenta. En cualquier caso, las intensidades de corriente oscilan entre 10 y 500 amperios.

El factor principal que hace de este proceso de soldadura un método tan útil es su simplicidad y, por tanto, su bajo precio. A pesar de la gran variedad de procesos de soldadura disponibles, la soldadura con electrodo revestido no ha sido desplazada del mercado. La sencillez hace de ella un procedimiento práctico; todo lo que necesita un soldador para trabajar es una fuente de alimentación, cables, un porta electrodo y electrodos. El soldador no tiene que estar junto a la fuente y no hay necesidad de utilizar gases comprimidos como protección. El procedimiento es excelente para trabajos de reparación, fabricación y construcción. Su campo de aplicaciones es enorme: casi todos los trabajos de pequeña y mediana soldadura de taller se efectúan con electrodo revestido; se puede soldar metal de casi cualquier espesor y se pueden hacer uniones de cualquier tipo.

El soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiar el electrodo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar un electrodo nuevo. Sin embargo, aun con todo este tiempo muerto y de preparación, un soldador eficiente puede ser muy productivo.

2.6.2.1 Datos técnicos Electrodo 6011

- Presentación: Electrodo (SMAW)
- Resistencia a la Tensión: 73,500 Libras/Pulg²
- Tipo de Corriente: CA ó CD Electrodo Positivo (Polaridad Inversa)

- **Diámetros y amperajes:**

3/32" (2.4 mm)	40 - 80 amperes
1/8" (3.2 mm)	75 - 125 amperes
5/32" (4.0 mm)	110 - 170 amperes
3/16" (4.8 mm)	140 - 215 amperes

2.6.2.2 Datos técnicos Electrodo 6013

- Presentación: Electrodo (SMAW)
- Resistencia a la Tensión: 74,000 Lb/Pulg²
- Tipo de Corriente: CA o CD Electrodo Negativo (Polaridad Directa)

- **Diámetros y amperajes:**

3/32" (2.4 mm)	50 - 90 amperes
1/8" (3.2 mm)	90 - 130 amperes
5/32" (4.0 mm)	120 - 160 amperes
3/16" (4.8 mm)	150 - 190 amperes

2.6.2.3. Equipos

- Fuente de poder
- Cable electrodo
- Cable de la pieza
- Conexión cable de la pieza
- Porta electrodos

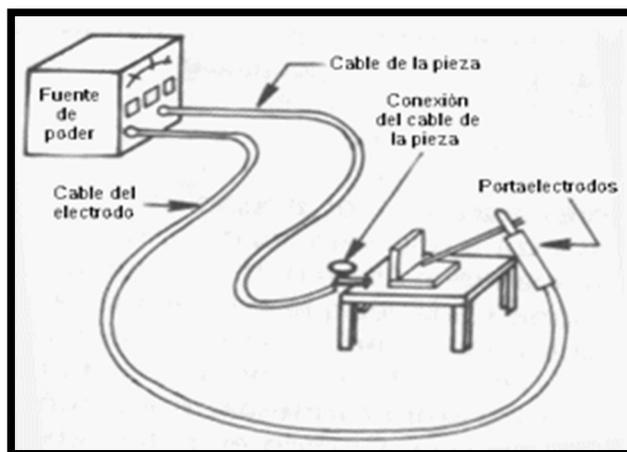


Figura 14. Elementos soldadura arco eléctrico

Fuente: (www.taringa.net, 2014)

2.6.2.4 Ventajas

- Índices de deposición elevado (más 45 kg/h).
- Factores de funcionamiento en las aplicaciones de mecanizado.
- Penetración de la soldadura.
- Se realizan fácilmente soldaduras robustas (con un buen proceso de diseño y control)
- Profundidad.
- Prácticamente no es necesaria una preparación previa de los bordes.
- El proceso es adecuado para trabajos de interior o al aire libre.
- Distorsión mucho menor.
- Las soldaduras realizadas son robustas, uniformes, resistentes a la ductilidad y a la corrosión y tienen muy buen valor frente a impacto.

- El arco siempre está cubierto bajo un manto de flux, por lo tanto no hay posibilidad de salpicaduras de soldadura

2.6.2.5 Limitaciones

- Limitado a materiales férreos (acero o acero inoxidable) y algunas aleaciones de base níquel.
- Por lo general se limitan a cordones largos rectos, tubos de rotatorios o barcos.
- Requiere relativas molestias en el manejo del flujo.
- Los fluxes y la escoria puede presentar un problema para la salud y la seguridad.
- Requiere eliminar la escoria, entre la pre y la post operación.

2.6.3 Equipo de Protección

La radiación de un arco eléctrico es enormemente perjudicial para la retina y puede producir cataratas, pérdida parcial de visión, o incluso ceguera. Los ojos y la cara del soldador deben estar protegidos con un casco de soldar homologado equipado con un visor filtrante de grado apropiado.

La ropa apropiada para trabajar con soldadura por arco debe ser holgada y cómoda, resistente a la temperatura y al fuego. Debe estar en buenas condiciones, sin agujeros ni remiendos y limpia de grasas y aceites. Las camisas deben tener mangas largas, y los pantalones deben ser largos, acompañados con zapatos o botas aislantes que cubran.

Deben evitarse por encima de todo las descargas eléctricas, que pueden ser mortales. Para ello, el equipo deberá estar convenientemente aislado (cables, tenazas, porta electrodos deben ir recubiertos de aislante), así como seco y libre de grasas y aceite. Los cables de soldadura deben permanecer alejados de los cables eléctricos, y el soldador separado del suelo; bien

mediante un tapete de caucho, madera seca o mediante cualquier otro aislante eléctrico. Los electrodos nunca deben ser cambiados con las manos descubiertas o mojadas o con guantes mojados.



Figura 15. Equipo protección

Fuente: (es.slideshare.net, 2013)

2.7 Herramientas

Una herramienta es un objeto elaborado a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica que requiere de una aplicación correcta de energía.

Las herramientas de mano trabajan gracias a la fuerza de los músculos de que las utiliza, pero las herramientas modernas están impulsadas por otra fuente de energía, como la electricidad o el aire comprimido.

2.7.1 Clasificación de las herramientas

Las herramientas se clasifican en dos grandes grupos que son:

2.7.1.1 Herramientas manuales

Las herramientas manuales se pueden definir como utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual y que únicamente requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana. Existe multiplicidad de herramientas manuales, las más corrientes se pueden subdividir en:

- Herramientas de golpe (martillos, cinceles, etc.).
- Herramientas con bordes filosos (cuchillos, hachas, etc.).
- Herramientas de corte (tenazas, alicates, tijeras, etc.).
- Herramientas de torsión (destornilladores, llaves, etc.).



Figura 16. Herramientas manuales

Fuente: (anexoscr.com, 2014)

2.7.1.2 Herramientas Mecánicas

En las herramientas mecánicas se aplica la fuerza de un motor o máquina. Estas herramientas también se conocen como de poder; ya que hacen su trabajo con mayor potencia o alcance. Su diversidad se nota en lo complejo de su mecanismo. De la misma manera que en las herramientas

manuales en las mecánicas existen herramientas de corte, perforación, lijado, etc.



Figura 17. Herramientas mecánicas

Fuente: (www.monografias.com, 2015)

2.8 Herramientas usadas en la construcción

2.8.1 Amoladora

Las amoladoras son máquinas eléctricas portátiles que se utilizan para cortar, desbastar y pulir, especialmente en los trabajos de mampostería y metal. Los trabajos de materiales en superficies grandes, o los trabajos intensivos en superficies duras, se suelen realizar con amoladoras y discos grandes que permiten, por ejemplo, cortes más rectos y limpios.



Figura 18. Amoladora

Fuente: (www.ferrovicmar.com, 2015)

2.8.1.1 Discos de corte y desbaste

Los discos de corte vienen en diferentes tamaños y se los utiliza para realizar cortes de cualquier tipo de material según la necesidad del técnico. El disco de desbaste se lo utiliza para desbastar o pulir el material.

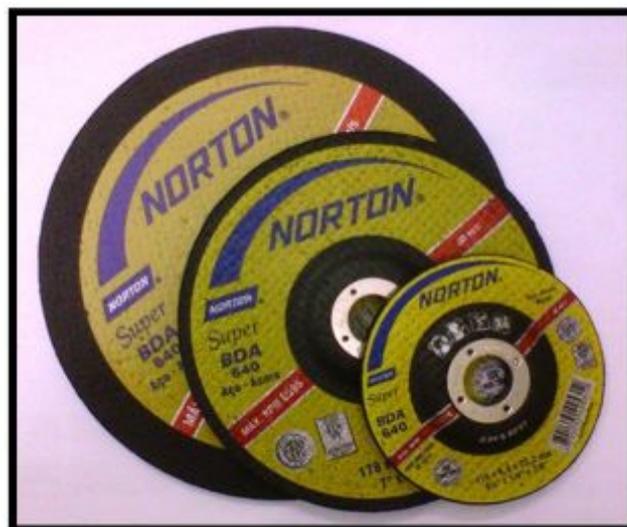


Figura 19. Disco de corte y desbaste

Fuente: (www.logismarket.es, 2015)

2.8.1.1.2 Causa de Incidentes

- Usar discos inadecuados para realizar las tareas de corte o desbaste.
- Exceder la velocidad indicada en la amoladora al usar el disco
- Instalaciones eléctricas en mal estado o inexistente.
- Mala colocación del disco.
- Malas condiciones de la amoladora.

2.8.2 Sierra manual

Una sierra manual es una herramienta manual de corte formada por una hoja de sierra montada sobre un arco tornillos tensores. La hoja de sierra es la que proporciona el corte, mientras que el soporte incluye un mango que permite que la sierra pueda realizar su función. Se utiliza generalmente para realizar pequeños cortes en piezas metálicas, plásticas o madera. Dependiendo del uso que se le quiera dar, la hoja presenta diversos dentados y calidad.

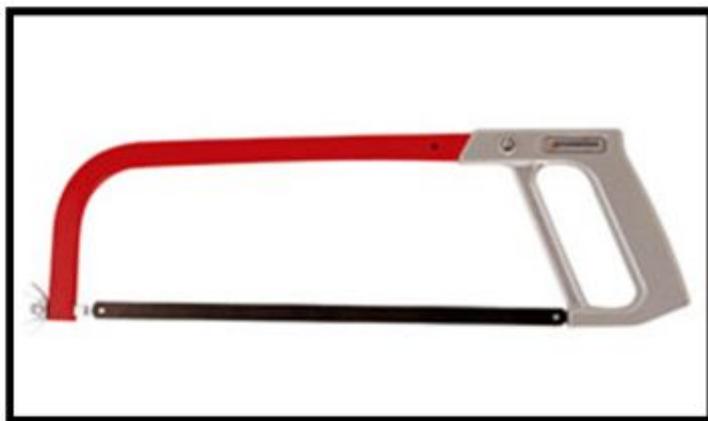


Figura 20. Sierra Manual

Fuente: (www.impeqs.com, 2014)

2.8.3 Flexómetro

El flexómetro es un instrumento de medición el cual es coincido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico. En el exterior de esta carcasa se dispone de disponen de un sistema de freno para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

Se suelen fabrican en longitudes comprendidas entre uno y cinco metros. La cinta metálica está subdividida en centímetros y milímetros enfrente de escala se encuentra otra escala en pulgadas.

Su flexibilidad y el poco espacio que ocupan lo hacen más interesante que otros sistemas de medición, como reglas o varas de medición. Debido a esto, es un instrumento de gran utilidad, no sólo para los profesionales técnicos, cualquiera que sea su especialidad (fontaneros, albañiles, electricistas, arqueólogos, etc.).



Figura 21. Flexómetro

Fuente: (ferreteria-t.com, 2014)

2.8.4 Limas

La lima es una herramienta manual de corte utilizada en el desgaste y el afinado de piezas de distintos materiales como metal, plástico o madera. Está formada por una barra de acero al carbono templado (llamada caña de corte) que posee unas ranuras llamadas dientes y que en la parte posterior está equipada con una empuñadura o mango.

Según la longitud de la caña de corte las limas pueden tener distintos tamaños, que normalmente se expresan en pulgadas, existiendo un baremo de 3 a 14 pulgadas.

También el granulado de las limas varía en función del trabajo o ajuste a realizar, existiendo limas de basto, entrefinas, finas y extrafinas. Relacionado con el tipo de granulado está el picado del dentado que puede ser cruzado, recto o fresado.

Cuando se trabaja con las limas es normal que los dientes queden saturados de las pequeñas partículas de metal desprendidas. En estos casos existe un cepillo (carda) con púas metálicas que sirve para la limpieza y extracción de estas partículas. Las limas deben protegerse de golpes y mal uso porque se deterioran con facilidad.

2.8.4.1 Tipos de lima para metal

- **Limas planas:** tienen el mismo ancho en toda su longitud o la punta ligeramente convergente. Pueden tener superficies de corte por ambas caras, las caras y los cantos, o sin corte en los cantos, es decir lisos, y que permiten trabajar en rincones en los que interesa actuar tan sólo sobre un lado y respetar el otro. La lima si la ves desde la punta hacia el mango tiene forma rectangular

- **Limas de media caña:** Tienen una cara plana y otra redondeada, con una menor anchura en la parte de la punta. Se pueden utilizar tanto para superficies planas como para rebajar asperezas y resaltes importantes o para trabajar en el interior de agujeros de radio relativamente grande.
- **Limas redondas:** se usan para pulir o ajustar agujeros redondos o espacios. La lima si la ves desde la punta hacia el mango tiene forma circular
- **Limas triangulares:** sirven para ajustar ángulos entrantes e inferiores a 90° . Pueden sustituir a las limas planas. La lima si la ves desde la punta hacia el mango tiene forma triangular
- **Limas cuadradas** Se utilizan para mecanizar chaveteros o agujeros cuadrados. La lima si la ves desde la punta hacia el mango tiene forma cuadrada.

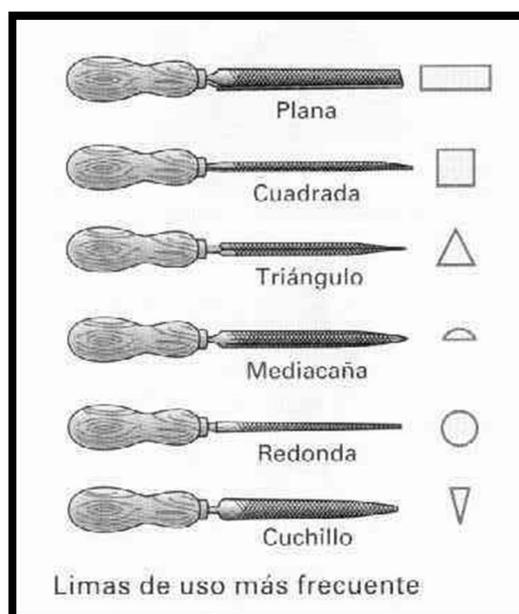


Figura 22. Tipos de limas

Fuente: (www.tecnologia-tecnica.com.ar, 2014)

2.8.5 Escuadra metálica

Es un elemento metálico que se usa para asegurarse la perpendicularidad entre dos superficies, es decir, que entre ambas formen un ángulo de 90° . Está formada por dos partes, la primera de ellas es un pie, que suele apoyarse en la superficie horizontal, y la segunda suele ser una regla graduada, por lo que también puede usarse para realizar medidas.

Existen diferentes tipos de escuadras en función del material del cual están fabricadas, aunque lo más común es que sean metálicas.

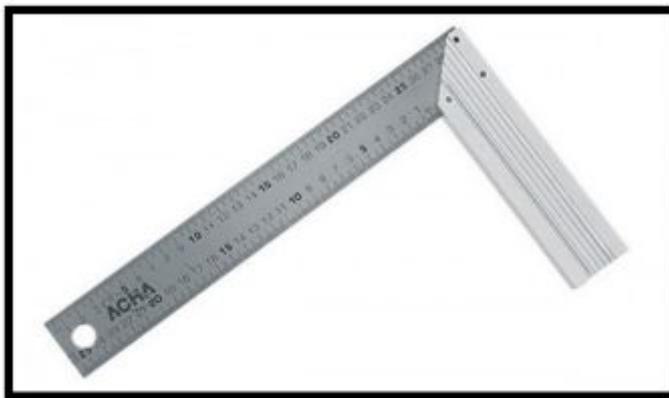


Figura 23. Escuadra metálica

Fuente: (www.infer.com.mx, 2014)

2.8.6 Martillo

El martillo es una herramienta de percusión utilizada para golpear directa o indirectamente una pieza, causando su desplazamiento o deformación. Los martillos son a menudo diseñados para un propósito especial, por lo que sus diseños son muy variados.



Figura 24. Martillo de bola

Fuente: (www.taringa.net, 2015)

2.8.7 Cepillo de acero

Los cepillos de alambre de acero son una herramienta que los fabricantes utilizan para dar un acabado a los diferentes tipos de metales. Los cepillos se utilizan para quitar la pintura descascarada, óxido, los arañazos, la suciedad y las pequeñas imperfecciones de superficies de concreto, metal, piedra y madera.



Figura 25. Cepillo de acero

Fuente: (www.macode.es, 2014)

2.8.8 Soplete o pistola de pintura

Es una herramienta importante para realizar trabajos de acabado sobre las superficies de un material, de manera fácil, rápida y eficaz.

Las pistolas de pintura pueden funcionar por gravedad o por succión. Esta última hace referencia a cómo obtiene la pintura desde su cámara de reserva, que es un simple contenedor plástico que sirve para retenerla. En una que funciona por gravedad, estará en la parte superior, de forma invertida para que la pintura caiga naturalmente en la pistola. En una de succión, la reserva está usualmente debajo y depende de un pequeño tubo para impulsarla hacia arriba. Otra de las partes más importantes es la cápsula de aire, que es una de las cámaras principales de la pistola y tiene hoyos en los extremos, que controlan el patrón de rocío de ésta. Dentro de la cápsula se encuentra la boquilla de fluido, que es una extensión interna de la reserva de pintura y sostiene una aguja de fluido, la cual está conectada al gatillo. Cuando se tira de éste, la aguja se retrae dentro de la boquilla de fluido, creando un espacio donde la pintura puede fluir y ser eyectada desde la pintura.



Figura 26. Soplete de gravedad

Fuente: (www.wargen.com.ar, 2013)

2.8.8.1 Funcionamiento

La pintura suele ser un fluido, pero las pistolas de pintura la convierten en pequeñas gotas, como si fueran una niebla. Ésta es atomizada, haciendo

que sea fácil de aplicar una delgada capa, en un corto período. La pistola utiliza aire comprimido, en una presión de entre 10 y 20 PSI (del inglés Pounds per Square Inch, una unidad de presión cuyo valor equivale a 1 libra por pulgada cuadrada), para atomizar y eyectar la pintura. Ésta posee dos caminos que conducen a su cámara principal, uno para el aire y otro para la pintura. El gatillo está conectado a ambos, causando simultáneamente que el aire y la pintura fluyan en la cápsula. En las que funcionan por succión, el flujo de aire causado por tirar el gatillo crea un área de baja presión que la impulsa hacia arriba de la reserva. Como consecuencia, la pintura se vuelve atomizada y expulsada por el extremo de la cápsula, donde hay un agujero que permite que se escapen, tanto ésta como el aire.

2.8.8.2 Técnicas de aplicación

Los sopletes están diseñados para usarse con técnicas adecuadas de rocío, en la que la calidad del acabado depende de su correcta aplicación de la técnica, las cuales son:

- Ajustar de rocío, el flujo del aire y líquido debe ajustarse para obtener la atomización adecuada y las características de rocío adecuadas.
- Se debería sostener la pistola en una distancia de 6 a 8 pulgadas del objeto a pintar para tener una correcta aplicación.
- Se debe mantener la misma distancia, velocidad y mantenerse perpendicular con la superficie.
- El gatillado correcto de la pistola de pintar es difícil de aprender, y solo se puede lograr por medio de la práctica. Debe empezar su recorrido antes de apretar el gatillo y debe soltar el gatillo antes de terminar el recorrido.
- Se debe aplicar las capas que sean necesarias dependiendo del trabajo o a su vez del tipo de pintura pero se recomienda dar de 2 a 3 manos de pintura.

2.8.8.3 Partes de Pistola Pintura

1. Anillo retenedor de la boquilla
2. Boquilla de abanico
3. Boquilla de punto
4. Tobera
5. Agujas de fluido
6. Empaque de la aguja
7. Tornillo hexagonal para empaque de la aguja
8. Resorte
9. Tubo de fluido
10. Tornillo regulador de fluido
11. Vaso con refuerzo
12. Empaque del vaso
13. Gatillo
14. Vástago del gatillo
15. Candado sujetador del vástago

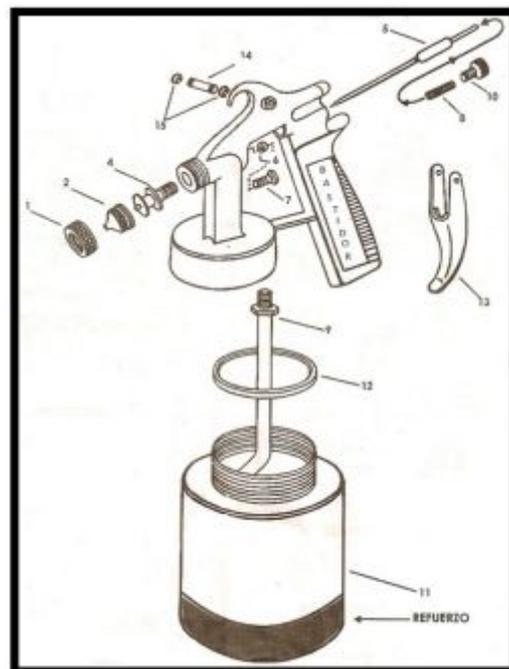


Figura 27. Partes de un soplete

Fuente: (www.pistolascane.com.ar, 2013)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA Nº 11 FAE

CAMPO:	Mecánica aeronáutica
ÁREA:	Aviones
ASPECTO:	Construcción e implementación de jaula protectora como equipo protección.
TEMA:	Implementación de una jaula protectora, para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala Nº11 FAE
BENEFICIARIOS:	Técnicos escuadrón Twin Otter
INSTITUCIÓN EJECUTORA:	Unidad de Gestión de Tecnologías
UBICACIÓN:	Base Aérea Cotopaxi (BACO)
COSTO:	\$ 793.00

3.1 Introducción

En este capítulo está detallado el trabajo de investigación donde se explica el proceso desde el inicio hasta el final de las etapas de construcción e implementación de la jaula protectora, para el inflado de los neumáticos del avión Twin Otter de FAE en beneficio para los técnicos pertenecientes al escuadrón Twin Otter del Ala Nº11, ubicado en los talleres de hidráulica de la Base aérea Cotopaxi.

Luego de revisar los talleres de hidráulica del avión Twin Otter, donde se realizan los procedimientos de inflado de los neumáticos, fue evidente que no cuenta con equipo apropiado para los procedimientos de inflado de los neumáticos, la jaula que existe en los talleres no es la adecuada ya que su diseño no es el apropiado para el neumático y al realizarse los procedimientos de inflado el personal técnico podría sufrir accidentes e incluso la muerte debido a la inexistencia de una jaula apropiada para los neumáticos del avión Twin Otter.

Una vez de identificar que la jaula para el inflado es necesario en este taller se inició con la investigación a los manuales del avión, personal técnico y personal perteneciente al escuadrón y percatándonos que la jaula debería tener un diseño especial para los neumáticos de dicha aeronave y las debidas seguridades.

Durante el proceso de investigación centrándose en la falta del equipo para el inflado de neumáticos y mediante la aeronave Twin Otter modelo DHC-6 perteneciente al Escuadrón Twin Otter del Ala 11 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se procedió a tomar las medidas respectivas de los neumáticos y en base a esas medidas realizar el diseño y empezar con la construcción de la jaula apropiada para este neumático.

De esta manera se logró obtener datos más exactos para empezar la construcción de la jaula y tener una mejor idea de las dimensiones adecuadas para que el neumático se acople de manera fácil y eficiente a la jaula.

El contenido de la realización de la investigación se desarrolla siguiendo un conjunto de procedimientos paso a paso para que luego las partes descritas encajen de manera adecuada para la realización del proyecto mencionado.

3.2 Materiales a utilizar

Tabla 1.

Materiales a utilizar

Materiales para la etapa de construcción			
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE
1	1	EA	Lámina de acero de 1/2" de 2x1.2 mts.
2	1	MTR	Platina de acero de 2"x 3/16" de 6mts
3	8	MTR	Tubo redondo acero estructural de 1 1/2" 6mts
4	5	EA	Discos de corte para amoladora eléctrica
5	1	EA	Discos de desbaste para amoladora eléctrica
6	1	MTR	Varilla de 1" 1.20mts
7	1	MTR	Tubo redondo de 1" 1.2mts
8	2	EA	Sierras diente fino
9	3	EA	Gonces de acero de 1"
10	4	LTR	Pintura color amarillo esmalte anticorrosivo
11	2	GAL	Thinner laca
12	3	EA	Lijas N°.80
13	1	EA	Cepillo de acero
14	6	lbs	Electrodos AGA 6011

3.3 Construcción

3.3.1 Consideraciones Generales

Para el desarrollo de esta investigación basado en la construcción e implementación de una jaula protectora para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE, es necesario recalcar y tener en cuenta que el equipo a construir está tomado en cuenta como equipo de seguridad y para facilitar los procedimientos de inflado de los neumáticos por parte del personal técnico del Escuadrón Twin Otter, de esta

manera se evita la posibilidad de que ocurra algún accidente o la muerte de cualquier personal técnico y se realice los procedimientos de manera segura.

3.3.2 Estudio de alternativas para la construcción de la jaula de inflado de neumáticos para el avión Twin Otter.

A continuación se busca detallar las propuestas y consideraciones relevantes de los procesos de construcción e implementación, para llevar a cabo la construcción de la jaula protectora para el inflado de neumáticos del Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE.

3.3.2.1 Identificación de las propuestas

3.3.2.1.1 Primera alternativa

En la primera alternativa en la construcción de la jaula de inflado de neumáticos se menciona la utilización de tubo redondo de acero estructural para formar la estructura de la jaula y de base una placa de acero de ½”.

3.3.2.1.2 Segunda alternativa

En la segunda alternativa en la construcción de la jaula de inflado de neumáticos se menciona la utilización de tubo cuadrado de acero estructural para formar la estructura de la jaula y de base una placa de acero de 3/8”, ya que al inflar neumáticos de automóviles se usa este tipo de tubo.

3.3.2.2 Análisis de factibilidad

En esta parte se analiza las ventajas y desventajas existentes de cada una de las alternativas expuestas para así poder determinar la más idónea y analizar los requerimientos técnicos de la misma, con la finalidad de construir la jaula de protección para el inflado de neumáticos del Twin Otter.

3.3.2.2.1 Primera alternativa

Construcción de la jaula de inflado de neumáticos se menciona la utilización de tubo redondo de acero estructural para formar la estructura de la jaula y de base una placa de acero de ½”.

Ventajas:

Placa de acero comercial ½”:

- El acero es el material más utilizado en la construcción de componentes, estructuras, partes y demás.
- El material puede someterse a distintos esfuerzos y resistir.
- El acero tiene una alta resistencia a la explosión, abrasión e impacto.
- Posee buenas características de corte
- Es relativamente un material fácil de encontrar y no demanda mayor costo económico.

Tubo de acero redondo estructural:

- Estado de la superficie lisa, resultante de la laminación.
- Estado de la superficie poco calaminada y bien adaptada a la pintura.
- Regularidad del espesor
- Conservación de la estructura granular fina conseguido con el laminado
- Los tubos estructurales tienen gran versatilidad para la fabricación de estructuras, porque pueden ser doblados, soldados, perforados, punzados y requieren menos pintura.
- El gran éxito del acero se basa en las relativas ventajas que presentan en cuanto a su resistencia a distintos esfuerzos
- Atractivo económicamente.

Limitaciones:

- La mayoría de los aceros tienden a ser corroídos al exponerse al agua, al aire, ambientes salinos y, por consiguiente, deben realizarse

periódicamente chequeos para verificar el estado del material y en caso de verificar corrosión dar mantenimiento y pintar la superficie para que no se dañe el material y afecte a las propiedades del mismo.

3.3.2.2.2 Segunda alternativa

Construcción de la jaula de inflado de neumáticos se menciona la utilización de tubo cuadrado de acero estructural para formar la estructura de la jaula y de base una placa de acero de 3/8", ya que al inflar neumáticos de automóviles se usa este tipo de material.

Ventajas:

Placa de acero comercial 3/8":

- El acero de este espesor es utilizado en la construcción de componentes, estructuras.
- El material puede resistir distintos esfuerzos dependiendo del tipo de fuerza aplicada.
- El acero tiene una alta resistencia a la explosión, abrasión e impacto.
- Es relativamente un material fácil de encontrar y de bajo costo económico.

Tubo de acero cuadrado estructural:

- Estos tubos tienen una excelente resistencia a la compresión y a la torsión
- Los tubos estructurales son utilizados en la fabricación de vehículos para la agricultura, vehículos para la construcción y vehículos industriales. También son utilizados para la construcción en general y para hacer cilindros telescópicos.

Limitaciones:

- La placa de acero de este tipo puede sufrir graves daños o deformaciones en su estructura al momento de recibir un impacto demasiado fuerte.
- Los tubos cuadrados se podrían ver mayormente afectados que los tubos redondos al recibir una fuerza de explosión ya que por su forma cuadrada limitaría a la fuerza del aire comprimido que sale de la llanta a escapar de manera más rápida que un tubo redondo.

3.3.2.3 Aspecto técnico

3.3.2.3.1 Parámetros de evaluación

Para evaluar cada alternativa, se asignó un valor X a los parámetros de selección considerando los más importantes que permitirán elegir la mejor alternativa.

La asignación de los valores X dependerá del parámetro en el que su valor de ponderación estará entre:

$$0 - X - 1$$

Dónde: 0 corresponde al valor mínimo;

X es el valor asignado, y; 1 es el valor máximo

En función de las ventajas y limitaciones que presentan las alternativas, a continuación se evaluarán varios parámetros, y la alternativa que obtenga el puntaje más alto en la calificación efectuada, al final será seleccionada para utilizar en la construcción de esta tesis. Estas alternativas tendrán una calificación comprendida entre cero y uno. A continuación se especifica cada uno de los parámetros:

- **Funcionabilidad.-** Habla acerca de las características que debe tener la jaula de protección de inflado de los neumáticos, y que se cumplan los objetivos para los que fue construido. Por la importancia de este parámetro se da un valor de 0.8.
- **Rendimiento.-** Este parámetro se basa en tener un alto grado de seguridad para que la jaula de protección de inflado de los neumáticos trabaje y cumpla la función para la que fue construida, por lo que se le asigna un valor de 0.8.
- **Facilidad de movilización.-** La jaula de protección de inflado de los neumáticos, debe constituir en la facilidad para moverlo y operarlo. Este parámetro es asignado con un valor de 0.7.
- **Mantenimiento.-** Este parámetro es muy importante para que la jaula de protección de inflado de los neumáticos se mantenga en un buen estado de funcionamiento, a su vez realizar cheques periódicos para verificar el buen estado de la estructura. Luego de haber tomado en cuenta lo anterior se le asigna un valor de 0.7.
- **Materiales.-** Este parámetro se trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la jaula de protección de inflado de los neumáticos sea el correcto. A este parámetro se le asigna un valor de 0.5.
- **Procesos de Construcción.-** Todas las alternativas, requieren de elementos con tolerancia de construcción y a su vez necesita de maquinaria adecuada que permitan obtenerla. Este parámetro tiene un valor de 0.6.
- **Fiabilidad.-** Este factor es considerado importante ya que evalúa el funcionamiento y confiabilidad de los materiales de cada una de las alternativas tomadas, y su valor asignado es de 0.8.
- **Costo de fabricación.-** El parámetro indicado tiene una gran importancia para tomar una decisión adecuada en base a la selección del material de la jaula de protección de inflado de los neumáticos, puesto que se trata de buscar la alternativa más eficiente y económica por lo que se le asigna con un valor de 0.6.

- Tamaño.- Este se trata sobre el espacio ocupado por la jaula de protección de inflado de los neumáticos, y su valor es de 0.2.
- Forma.- Este punto toma en cuenta la apariencia de la estructura de la jaula, por lo que se le ha designado un valor de 0.3.

Como guía para la selección de la mejor alternativa, se realizó una entrevista dirigida al Tlgo. Víctor Chanatasig, supervisor del taller de soldadura del Centro de Mantenimiento Aeronáutico y quien cuenta con una amplia experiencia en la construcción de estructuras metálicas.

Tabla 2.

Matriz de evaluación y decisión

Ítem	Parámetros de alternativas de evaluación	F. Alternativas		
		POND		
		Xi	1	2
1	Funcionabilidad	0.8	0.7	0.7
2	Rendimiento	0.8	0.7	0.6
3	Factor movilización	0.7	0.6	0.6
4	Mantenimiento	0.7	0.6	0.6
5	Materiales	0.5	0.5	0.5
6	Proceso de construcción	0.6	0.4	0.4
7	Fiabilidad	0.8	0.6	0.6
8	Costo de fabricación	0.6	0.6	0.5
9	Tamaño	0.2	0.2	0.2
10	Forma	0.3	0.2	0.2
TOTAL		0.6	<u>0.51</u>	0.49

3.3.2.4 Selección de la mejor propuesta

Una vez realizado el análisis de cada alternativa, el estudio técnico y la evaluación de los parámetros, se llega a determinar que la primera alternativa presenta mejores condiciones de operación, diseño, precio, facilidad de construcción y maniobrabilidad para la construcción de Jaula de protección para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE.

3.3.3 Construcción de la jaula de protección para el inflado de los neumáticos.

Para cumplir de mejor manera el objetivo de esta investigación basada en la implementación de una Jaula protectora para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE, se crearon varias etapas a cumplir para así llegar al fin descrito, las mismas que se detallan a continuación.

3.3.3.1: Toma de medidas en los neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11.

Mediante la referencia real de los neumáticos del avión Twin Otter modelo DHC-6 ubicado en el escuadrón del Ala 11 de la FAE, y utilizando un flexómetro se tomó las medidas requeridas, además de permitir una visualización y una idea más precisa sobre cómo se va a realizar la construcción de este equipo.



Figura 28. Toma de medidas a neumáticos avión Twin Otter

3.3.3.2: Elaboración de planos

Basado en las medidas tomadas del neumático del Twin Otter perteneciente a la FAE, en esta etapa se elaboró planos que ayudarán a la construcción de la jaula por partes para luego ser ensamblada y dar la forma correcta a nuestro equipo, se realizó planos de las siguientes partes:

- Puerta de seguridad de la jaula (ver Anexo D)
- Soporte interno del neumático (ver Anexo E)
- Estructura de la jaula (ver Anexo F y G)

3.3.3.3: Cálculos, cargas y fuerzas existentes en la jaula

Datos:

Neumático

- Presión normal neumático: 34PSI
- Presión máxima neumático: 120PSI

Acero estructural ASTM A36

- Resistencia cedencia: 250Mpa
- Resistencia máxima: 400-550Mpa

Tubo de acero

- Resistencia cedencia: 205Mpa
- Resistencia máxima: 330Mpa

Platina

- Resistencia cedencia: 250Mpa
- Resistencia máxima: 400Mpa

Formulas:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dónde:

σ = *esfuerzo normal de diseño*

F= *carga directa*

A= *área de sección sometida a F*

Factor de Diseño

$$\sigma = \frac{Sy}{N} \quad \text{Resistencia cedencia}$$

$$\sigma = \frac{Su}{N} \quad \text{Resistencia máxima}$$

Esfuerzos normales directos

Forma carga	Material dúctil	Material frágil
Carga estática	$\sigma d = \frac{Sy}{2}$	$\sigma d = \frac{Su}{6}$
Carga repetida	$\sigma d = \frac{Su}{8}$	$\sigma d = \frac{Su}{10}$
Carga de impacto o choque	$\sigma d = \frac{Su}{12}$	$\sigma d = \frac{Su}{15}$

Nota: Para los cálculos se tomará en cuenta los datos de la carga para choque o impacto.

Factor de Diseño

Forma carga	Material dúctil	Material frágil
Carga estática	N=2	$\tau d = \frac{Sy}{4}$
Carga repetida	N=4	$\tau d = \frac{Sy}{8}$
Carga de impacto o choque	N=6	$\tau d = \frac{Sy}{12}$

Nota: Para el factor de diseño se usará los datos de choque o impacto N=6 y para el esfuerzo cortante $Td=Sy/12$.

Desarrollo:

1 lbf (libra-fuerza) = 0.45359237 kp ó kgf
(kilopondios o kilogramos-fuerza)

1 kp = 9.80665 N

1 pulgada = 1 in = 2.54 cm = 0.0254 m

1 Pa = 1 N / m²

1 MPa = 10⁶ Pa

Ahora se relaciona lo anterior:

1 PSI = 1 lbf / in²
 = (0.45359237 kgf * 9.80665 N/kgf) / (0.0254 m)²
 = 6894.757293 N/m² = 6894.757293 Pa

1 PSI = 0.006894757293 MPa

aproximando se tiene:

$$1 \text{ PSI} \approx 0.0069 \text{ Mpa}$$

Del mismo modo:

$$1 \text{ Pa} = (1 / 6894.757293) \text{ PSI} = 0.000145038 \text{ PSI}$$

$$1 \text{ MPa} = 1\,000\,000 \text{ Pa} = 145.038 \text{ PSI}$$

aproximando se tiene:

$$1 \text{ MPa} \approx 145 \text{ PSI}$$

Así:

Para convertir de PSI a MPa:

$$x \text{ PSI} = (x/145) \text{ MPa} = 0.0069 x \text{ MPa}$$

Para transformar presión neumático:

- Presión normal

Unidades		total
1 psi	0.0069 Mpa	
34 psi	X	<i>0.2346 Mpa</i>

- Presión máxima

Unidades		total
1 psi	0.0069 Mpa	
120 psi	X	<i>0.828 Mpa</i>

FACTOR DE DISEÑO

PLATINA Y PLANCHA ACERO

- Resistencia cedencia:

$$\sigma d = \frac{S_y}{N} = \frac{250Mpa}{6} = 41.6Mpa$$

- Resistencia máxima

$$\sigma d = \frac{S_u}{N} = \frac{400Mpa}{6} = 66.6Mpa$$

TUBO ACERO

- Resistencia cedencia:

$$\sigma d = \frac{S_y}{N} = \frac{205Mpa}{6} = 34.1Mpa$$

- Resistencia máxima

$$\sigma d = \frac{S_u}{N} = \frac{330Mpa}{6} = 55Mpa$$

ESFUERZOS NORMALES DIRECTOS

PLATINA Y PLANCHA ACERO

$$\sigma d = \frac{S_u}{12} = \frac{400Mpa}{12} = 33.3Mpa$$

TUBO ACERO

$$\sigma d = \frac{S_u}{12} = \frac{330Mpa}{12} = 27.5 Mpa$$

ESFUERZO CORTANTE

PLATINA Y PLANCHA ACERO

$$\tau d = \frac{Sy}{12} = \frac{250Mpa}{12} = 20.83Mpa$$

TUBO ACERO

$$\tau d = \frac{Sy}{12} = \frac{205Mpa}{12} = 17.08Mpa$$

CONCLUSIÓN:

Como se puede ver la presión del neumático de la aeronave es de *0.2346 Mpa*, el cual es un valor menor en comparación de los cálculos de esfuerzo cortante, esfuerzos normales directos y al factor de diseño por lo tanto el material es resistente a una explosión.

3.3.3.4: Compra de materiales

Con una idea más real sobre los materiales a utilizar expuestos anteriormente en base también al estudio de alternativas, la compra de materiales se realizó a medida que fue avanzando el proyecto donde su estudio económico se muestra al final de este capítulo.

3.3.3.5: Construcción de la base de la jaula de inflado

De la plancha de acero de ½", y con la ayuda de la amoladora con el disco de corte se procede a cortar un pedazo el cual va a ser la base para la jaula, la cual mide 1.2mtrs x 0.8mtrs, se corta la base y luego con la ayuda

de la amoladora, se desbasta los filos y bordes de la plancha para que no tenga filos cortantes y en ciertas partes se tiene que limar para dar un mejor acabado y poder trabajar.



Figura 29. Corte de la base de la jaula

Luego de tener la base de la jaula lista, se procede a cortar 6 ángulos de acero tipo "C", los cuales van a ser unidos a la base mediante suelda eléctrica en la parte inferior de la misma y su función es la poder mover la jaula mediante el montacargas y tener una facilidad de transporte.



Figura 30. Corte y Soldadura de ángulos

3.3.3.6: Construcción de la estructura de la jaula

Para formar la estructura de la jaula, se toma las medidas correspondientes y luego se tiene que cortar los tubos de acero estructural de 1 1/2" de acuerdo a los planos, este procedimiento se lo realiza mediante la sierra cortadora de banco, la cual nos ayuda a tener ángulos rectos al momento de cortar tubos.



Figura 31. Medición y corte de tubos de acero

Luego de tener todos los tubos cortados a la medida que se necesita para formar la estructura, se procede a cortar los bordes de los tubos a un ángulo de 45° , marcando líneas con la ayuda de la escuadra y usando la sierra de mano, este procedimiento se lo realiza para formar los marcos y obtener la estructura.



Figura 32. Corte y encuadrado de tubos

3.3.3.7: Suelda en marcos de tubo y base

Luego de tener los tubos listos para formar los marcos de la jaula, se empieza con el proceso de suelda de estos marcos, y estos a su vez se los va soldando en la base de la jaula para formar la estructura.



Figura 33. Soldadura y formación marcos

3.3.3.8: Construcción del soporte para el neumático

Para formar el soporte del neumático se corta un tubo de acero de acuerdo a la medida planificada y se lo lleva a una máquina dobladura de tubo para que tenga la forma de acuerdo a las dimensiones del neumático y se procede a soldarlo en la base de la jaula.



Figura 34. Doblado y soldado de soporte

3.3.3.9: Soldado de tubos dentro de los marcos

En este punto se empieza a soldar los tubos que van dentro de las estructuras de los marcos, se los coloca rectos y de acuerdo a los espacios dimensionados en los planos, los cuales van a proveer soporte y resistencia a la estructura, este proceso se realiza en los 3 lados de la jaula ya que en el lado faltante va la puerta.



Figura 35. Soldadura de tubos en marcos

3.3.3.10: Soldadura de la platina y placa seguridad

Al finalizar el proceso de suelda de los tubos dentro de los marcos, se procede a cortar la platina de 2" x 3/16" la cual va a ser soldada a los tubos en la parte externa para reforzar su resistencia y evitar menos daño en los tubos.

Luego de soldar las platinas de seguridad, se suelda un pedazo de la plancha de acero en la parte frontal de la jaula, la cual va a servir como protección al personal que está inflando el neumático en caso de una explosión.



Figura 36. Soldadura de platinas y placa seguridad

3.3.3.11: Construcción de la puerta de seguridad

En esta etapa se construye la puerta de la jaula, al tener los tubos ya cortados de las dimensiones correctas, se procede a soldar el marco de la puerta y luego los tubos que van dentro de él.

De la misma manera que en la estructura de la jaula se suelda pedazos de platina en la puerta, luego se procede a fijar la estructura de la puerta mediante gonces de acero de 1" y finalmente se suelda la varilla con sus respectivos elementos a la estructura de la puerta para que sea la aldaba de seguridad.



Figura 37. Construcción puerta

3.3.3.12: Procesos de lijado pulido en bordes de suelda y filos cortantes

Como último proceso de construcción de la jaula se tiene que realizar el pulido y lijado de las sueldas en las uniones de tubos, y bordes cortantes existentes, esto se lo realiza mediante la amoladora y el disco de desbaste.



Figura 38. Pulido de la estructura

3.3.3.13: Pintado de la estructura

Al finalizar el proceso de construcción de la jaula de inflado de los neumáticos es de vital importancia darle un acabado a la estructura ya que si no se coloca un material protector como la pintura ésta se deteriorará con el tiempo y podría verse afectada por la corrosión, la pintura aplicada a la estructura es pintura amarilla esmalte anticorrosiva para su protección.



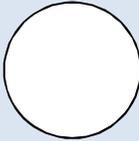
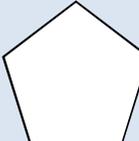
Figura 39. Pintado de la estructura

3.3.4 Diagrama de construcción y ensamblaje

Los diagramas de procesos tienen como objetivo describir cada uno de los procedimientos realizados mediante el uso de símbolos. En la siguiente tabla se puede observar las figuras que serán utilizados en los diagramas.

Tabla 3.

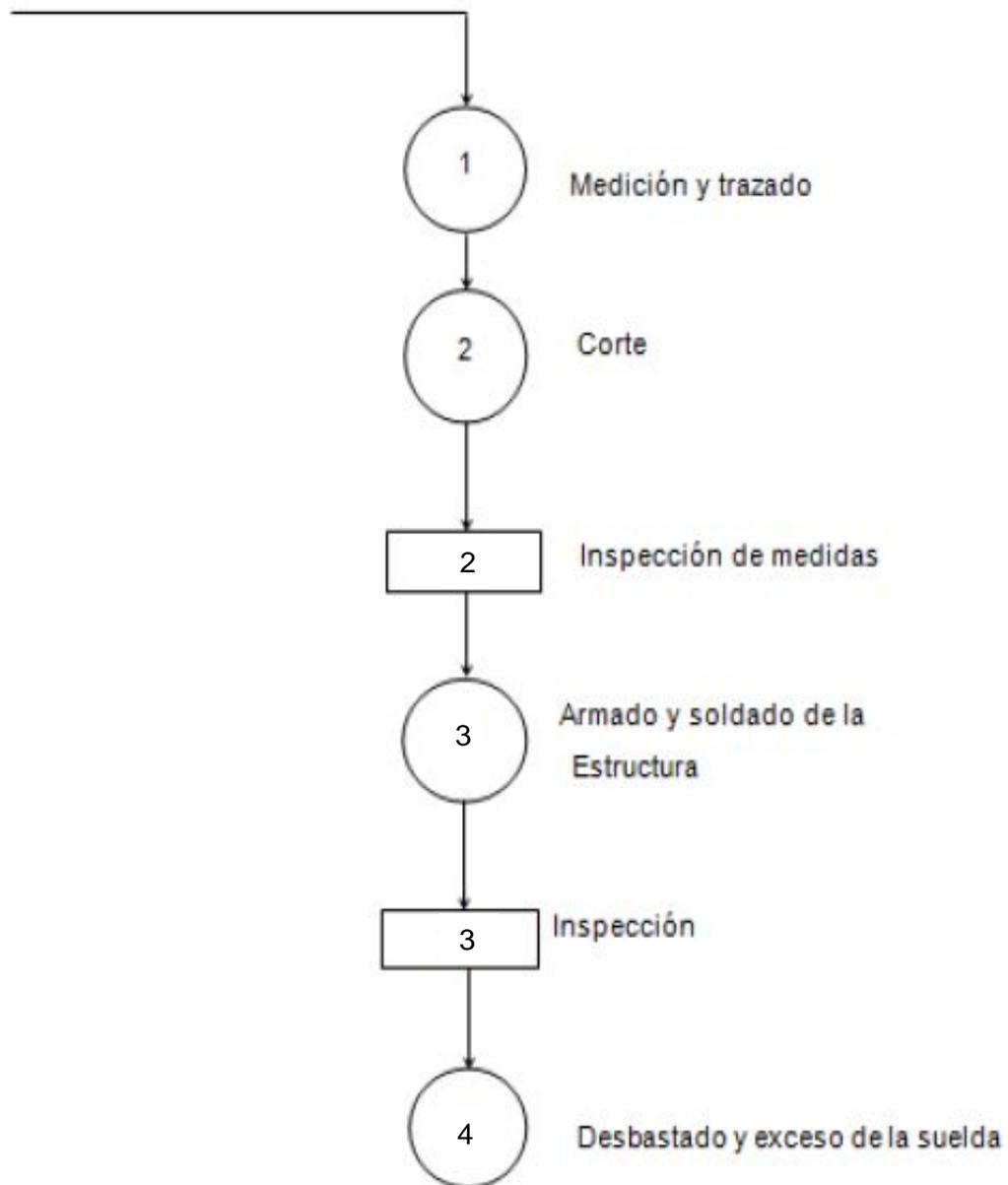
Simbología de los diagramas de procesos

ITEM	ACTIVIDAD	FIGURA	DETALLE
1	Operación		Se realiza una acción o se fabrica algo
2	Inspección o comprobación		Se verifica o se inspecciona cada uno de los detalles
3	Ensamble		Proceso terminado
4	Conector		Secuencia del proceso

3.3.4.1 Diagrama estructura principal tubo acero redondo 1 1/2"

Cuadro 1.

Diagrama proceso de construcción estructura principal



3.3.4.2 Diagrama estructura puerta tubo acero redondo 1 1/2"

Cuadro 2.

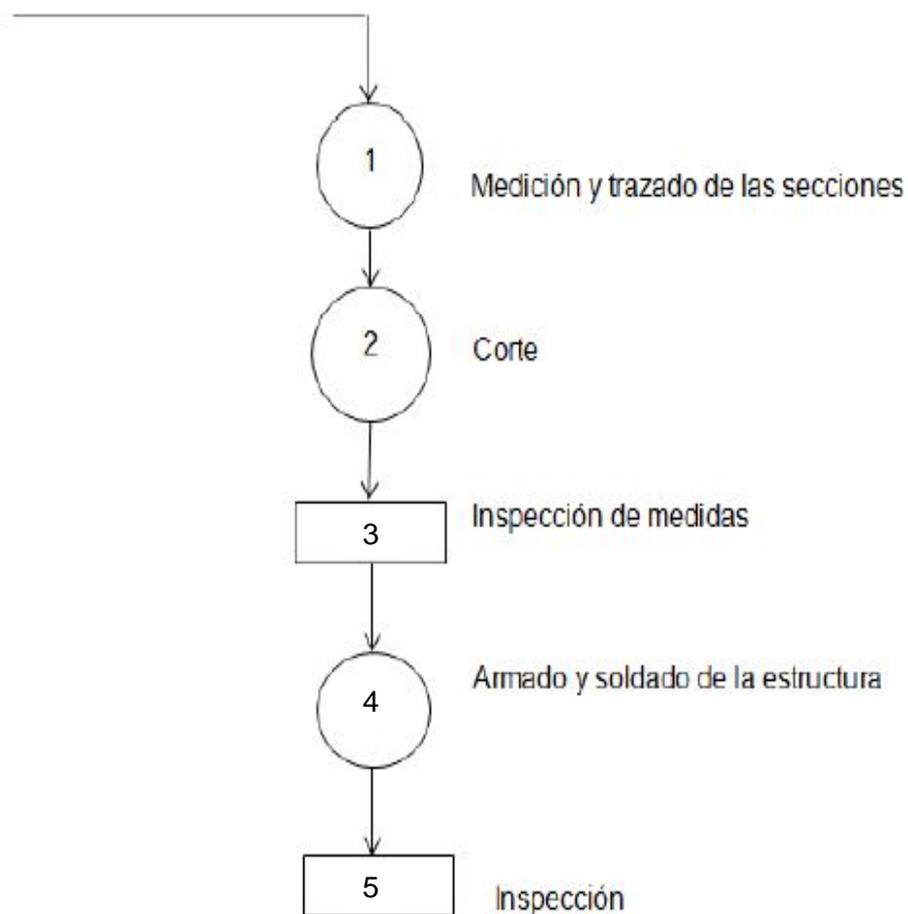
Diagrama construcción puerta



3.3.4.3 Diagrama de la base de plancha acero 1/2"

Cuadro 3.

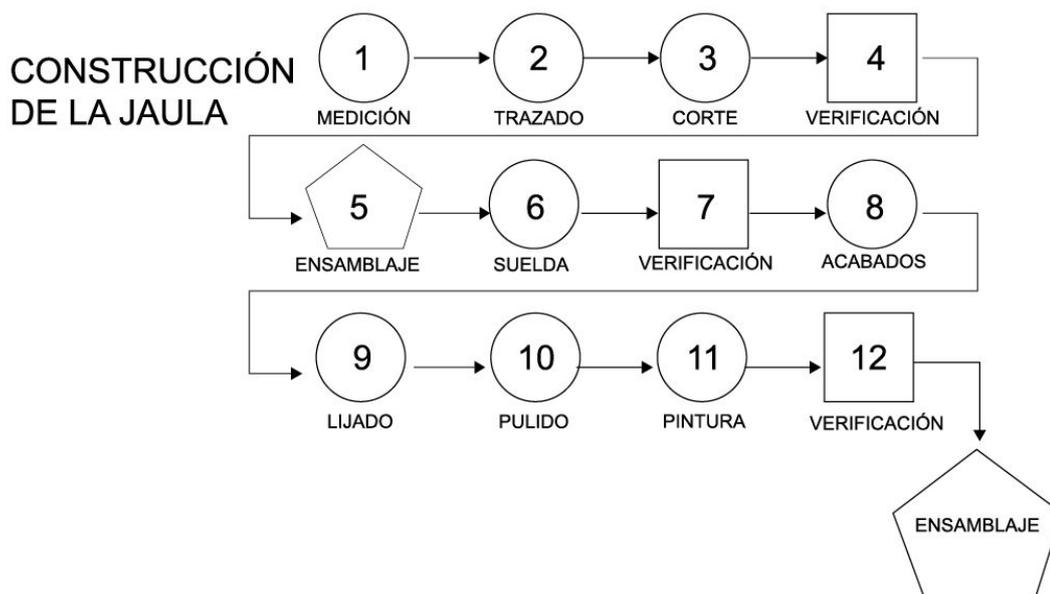
Diagrama construcción base de acero



3.3.4.4 Diagrama de ensamblaje

Cuadro 4.

Diagrama ensamblaje jaula de inflado



3.4 Implementación

3.4.1 Situación actual del taller de hidráulica del Ala N°11 FAE

El taller de hidráulica del Ala N°11 perteneciente a FAE se encuentra dentro de las instalaciones de la Base Aérea Cotopaxi, este taller cuenta con equipo para el inflado de neumáticos de aviones y poseen una jaula que no es aplicable para los neumáticos del Twin Otter.

Por este motivo es que los procesos de inflado de los neumáticos del avión Twin Otter se los realiza de manera insegura y esto podría causar accidentes e incluso la muerte dentro del personal técnico encargado del Escuadrón Twin Otter.

3.4.2 Implementación del nuevo componente

Al finalizar la construcción de la jaula protectora para el inflado de los neumáticos del avión Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE, como primer paso el equipo requiere ser transportado de los talleres de Soldadura del Cema hacia los talleres de hidráulica de la Base Aérea Cotopaxi.

Este procedimiento se lo hace mediante un montacargas, el cual va a transportar el equipo al taller de hidráulica.

Una vez que la jaula de inflado de neumáticos se encuentra en el taller, esta jaula es colocada en un lugar apropiado para que pueda ser utilizada de la mejor manera en los procesos de inflado de los neumáticos, la jaula de inflado cuenta con todas las señaléticas correspondientes para su debido uso y prevenir accidentes.

3.4.3 Resultados de la implementación e impacto positivo obtenido

Con la jaula de protección para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter del Ala N°11 perteneciente a FAE ubicado en el taller de hidráulica de la Base Aérea Cotopaxi, los resultados y el impacto que ha tenido la implementación del equipo ha logrado dar solución a los diferentes problemas planteados y que existían con respecto a los procesos de inflado de los neumáticos.

Es así que la implementación de la jaula de protección para el inflado de neumáticos del avión Twin Otter del Ala N°11 perteneciente a FAE nos servirá para proteger al personal técnico durante los procesos de inflado de los neumáticos y permite al taller de hidráulica ser más eficiente y seguro al momento de realizar los procesos de inflado con nitrógeno.



Figura 40. Implementación de la jaula en taller de hidráulica

3.5 Descripción de procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad

3.5.1 Manual de Operación

UGT - ESPE	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN	Código: VID-MO-01
	IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA N° 11 FAE	Revisión N°: 01
	Elaborado Por: Mario Javier Silva Payllacho	Fecha: Mayo 2015
	Aprobado Por: Ing. Pablo Espinel	

I. Objetivo

Indicar los procedimientos que se deben realizar al momento de inflar los neumáticos del avión Twin Otter de manera correcta y segura.

II. Manual de operación

1. Alcance:

Personal técnico del taller de hidráulica del Ala N°11 FAE

2. Procedimiento:

- Abrir la puerta de la jaula y verificar su buen estado.



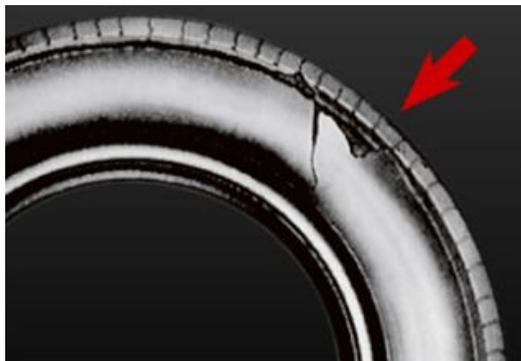
- Verificar la toda estructura interna y externa de la jaula.



- Verificar que el soporte del neumático se encuentra en buenas condiciones.



- Verificar que el neumático se encuentre en buenas condiciones y no presente cortes o rajaduras en los costados del neumático.



- Verificar que el conector de la válvula del neumático este alojado correctamente en el neumático.



- Verificar la presión interna que existe en los neumáticos a ser inflados.



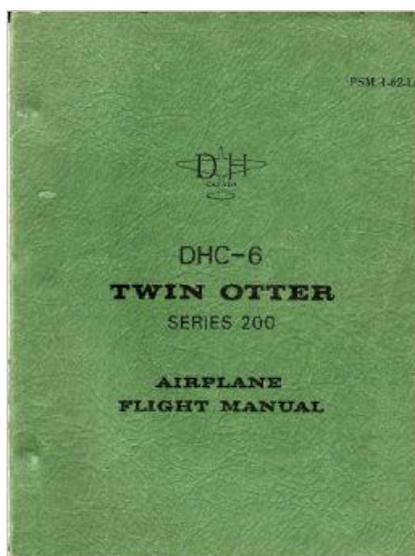
- Chequear la presión de la botella de nitrógeno.



- Verificar los manómetros a ser utilizados en el inflado.



- Verificar en la información técnica la presión a utilizarse en el inflado de los neumáticos.



Mario Silva Payllacho.
Responsable

3.5.2 Manual de Mantenimiento

UGT - ESPE	INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	Código: VID-MO-01
	IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA N° 11 FAE	Revisión N°: 01
	Elaborado Por: Mario Javier Silva Payllacho	Fecha: Mayo 2015
	Aprobado Por: Ing. Pablo Espinel	
<p>I. Objetivo</p> <p>Indicar los procedimientos que se deben seguir para dar el mantenimiento respectivo a la jaula de inflado de neumáticos.</p> <p>II. Manual de mantenimiento</p> <p>1. Alcance:</p> <p>Personal técnico del taller de hidráulica del Ala N°11</p> <p>2. Procedimiento:</p> <p>El siguiente mantenimiento debe ser realizado por el personal que utilice el componente:</p> <p>2.1 Mantenimiento (cada proceso de inflado)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una limpieza del equipo, evitando que se encuentren polvo, grasas, etc. • Realizar una inspección visual de las superficies de los tubos para verificar golpes, hundimientos, desgaste de la solda. • Una inspección visual de los gonces de la puerta de la jaula de tal forma que se encuentre limpias y engrasadas. • Realizar una inspección visual de la aldaba de seguridad, que no esté con golpes ni hundimientos. <p style="text-align: right;">Pág 1 de 2</p>		

Mantenimiento Anual

- Realizar la remoción de pintura de acuerdo al procedimiento del fabricante del producto.
- Mediante el método de líquidos penetrantes realizar la inspección de los cordones de soldadura de la jaula.
- En caso de presentar defectos, repare la suelda de acuerdo a los procedimientos establecidos.
- Realice el proceso de pintura a la jaula.

Mario Silva Payllacho.

Responsable

3.5.3 Manual de Seguridad

UGT - ESPE	INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	Código: VID-MO-01
	IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA PROTECTORA, PARA EL INFLADO DE NEUMÁTICOS DEL AVIÓN TWIN OTTER PERTENECIENTE AL ALA N° 11 FAE	Revisión N°: 01
	Elaborado Por: Mario Javier Silva Payllacho	Fecha: Mayo 2015
	Aprobado Por: Ing. Pablo Espinel	
<p>I. Objetivo</p> <p>Indicar los procedimientos que se deben seguir para dar el mantenimiento respectivo a la jaula de inflado de neumáticos.</p> <p>II. Manual de mantenimiento</p> <p>1. Alcance:</p> <p>Personal técnico del taller de hidráulica del Ala N°11</p> <p>2. Procedimiento:</p> <p>El siguiente mantenimiento debe ser realizado por el personal que utilice el componente:</p> <p>2.1 Mantenimiento (cada proceso de inflado)</p> <p>Realizar una limpieza del equipo, evitando que se encuentren polvo, grasas, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección visual de las superficies de los tubos para verificar golpes, hundimientos, desgaste de la solda. • Una inspección visual de los gonces de la puerta de la jaula de tal forma que se encuentre limpias y engrasadas. • Realizar una inspección visual de la aldaba de seguridad, que no esté con golpes ni hundimientos. <p style="text-align: right;">Pág 1 de 2</p>		

2.2 Mantenimiento Anual

- Realizar la remoción de pintura de acuerdo al procedimiento del fabricante del producto.
- Mediante el método de líquidos penetrantes realizar la inspección de los cordones de soldadura de la jaula.
- En caso de presentar defectos, repare la suelda de acuerdo a los procedimientos establecidos.
- Realice el proceso de pintura a la jaula.

Mario Silva Payllacho.

Responsable

3.6 Estudio Económico

Una vez que se ha concluido este proyecto es necesario realizar un estudio económico de todos los gastos hechos durante el desarrollo de la implementación de la Jaula protectora para el inflado de neumáticos del Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE. Para una mejor comprensión del detalle del rubro total se dividió en varios cuadros tanto para el proceso de construcción, de implementación, y sin olvidar gastos varios; donde se especifican todos los costos de los materiales, accesorios y demás materiales que se necesitaron para realizar este proyecto.

3.6.1 Estudio económico de construcción

Para la Implementación de la Jaula protectora para el inflado de neumáticos del Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE existieron los siguientes gastos que se detallan a continuación. Así en el presente rubro se da conocer los materiales utilizados para la construcción de la estructura de la jaula.

Tabla 4.

Estudio económico de construcción

Estudio económico de construcción						
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL	
1	1	EA	Lámina de acero de ½” de 2x1.8 mts.	240.00	240.00	
2	1	MTR	Platina de 2”x1/16”	15.00	15.00	
3	8	MTR	Tubos acero estructural redondeo de 1 1/2”	14.00	112.00	
4	5	LBS	Electrodos AGA 6011	2.50	12.50	
5	8	EA	Discos corte para acero 7”	2.50	20	

CONTINÚA



6	3	EA	Gonces acero 1"	2.50	7.50
7	1	EA	Tubo de acero 1"	3.50	3.50
8	1	EA	Varilla de 1"	4.00	4.00
9	1	GAL	Pintura amarilla esmalte	18.00	18.00
10	2	GAL	Thinner laca	13.50	13.50
11	4	EA	Lijas de hierro N°60	0.75	3.00
TOTAL					449.00

3.6.2 Estudio económico de implementación

Aquí se detallan los costos de los accesorios que necesita la Jaula protectora para el inflado de neumáticos del Twin Otter perteneciente al Ala N°11 de FAE.

Tabla 5.

Estudio económico de instalación

Estudio económico de instalación					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	8	EA	Señaléticas varias	3.00	24.00
TOTAL					24.00

3.6.3 Estudio económicos varios

En este estudio económico se detallan los gastos varios de todos los aspectos secundarios necesarios para realizar el desarrollo y culminación del proyecto tanto práctico como escrito, incluyendo los honorarios cancelados a los dos técnicos que colaboraron con la elaboración práctica de este proyecto.

Tabla 6.

Estudio económico varios

Estudio económico varios					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	1	RESMA (500 hojas)	Impresiones	0.10	50.00
2	1	HONORARIO	Pago al técnico de soldadura aeronáutica	250.00	250.00
3	1	HONORARIO	Pago al técnico en pintura aeronáutica	20.00	20.00
TOTAL					320.00

3.6.4 Estudio económico total

En la tabla a continuación se explica el costo total del proyecto que incluye a los valores del estudio económico de construcción, implementación, y sumado el de los rubros varios.

Tabla 7.

Estudio económico total

Estudio económico total		
ITEM	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Estudio económico de construcción	449.00
2	Estudio económico de instalación	24.00
3	Estudio económico varios	320.00
TOTAL		793.00

Una vez realizado todo el estudio económico del proyecto, el costo total del mismo fue de setecientos noventa y tres dólares. (**\$ 793.00**).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se indagó en la información sobre la situación actual de los equipos para el inflado de neumáticos y establecer su correcto funcionamiento.
- Se determinó el equipo aeronáutico de inflado de los neumáticos necesarios para los procesos de mantenimiento.
- Se construyó la estructura de la jaula de inflado de los neumáticos, la cual posee una alta resistencia en caso de explosión, para que de esta manera pueda brindar mayor seguridad al personal técnico al momento de realizar los procedimientos de inflado de los neumáticos del avión Twin Otter.
- Se realizó pruebas de ensayo no destructivas a la estructura de la jaula para verificar su resistencia.

4.2 Recomendaciones

- Se debe recopilar la información necesaria sobre los equipos para el inflado de los neumáticos para aplicar un correcto funcionamiento.
- Se debe tener todo el equipo aeronáutico necesario para poder realizar los procesos de mantenimiento e inflado de los neumáticos.
- Se debe dar mantenimiento a la estructura metálica de la jaula ya que podría sufrir corrosiones, golpes, hundimientos, rajaduras, etc., y esto

podría afectar a la resistencia de la misma y no podría dar seguridad al personal técnico.

- Se debe chequear mediante ensayos no destructivos el estado de las soldaduras de la estructura, para verificar que esta sigue en buenas condiciones.

GLOSARIO

Abrasión: Se conoce a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

CEMA: Centro de Mantenimiento Aeronáutico.

Deflexión: Se entiende por deflexión aquella deformación que sufre un elemento por el efecto de las flexiones internas. Para determinar la deflexión se aplican las leyes que relacionan las fuerzas y desplazamientos utilizando dos tipos de métodos de cálculo: los geométricos y los de energía.

Escoria: Sustancia vítrea que flota en el crisol los hornos de fundir metales, que procede de las impurezas.

Flexible: También considerado como elástico, dúctil y maleable, es algo que tiene la capacidad de doblarse con facilidad sin romperse.

Fluctuaciones: La palabra fluctuación se utiliza en diversos contextos y ámbitos cuando se quiere expresar una situación dominada por la oscilación variación o el cambio de algo.

Fricción: Se conoce como fuerza de fricción a la que realiza una oposición al desplazamiento de una superficie sobre otra, o a aquella opuesta al comienzo de un movimiento.

Lavable: Que puede ser limpiado con agua sin sufrir deterioro

Oxidación: La oxidación es el proceso y el resultado de oxidar. Este verbo refiere a generar óxido a partir de una reacción química. El óxido, por otra parte, es lo que se produce cuando el oxígeno se combina un metal o con los elementos conocidos como metaloides.

Resistencia: Tiene que ver con la capacidad de un sólido para soportar presiones y fuerzas aplicadas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros.

STOL (Short Take-Off and Landing): Es el concepto usado en aviación para referirse a capacidades especiales de los aviones, gracias al aprovechamiento directo de las leyes de la inercia. Las capacidades para un despegue y aterrizaje cortos se caracterizan por un vuelo lento, el peso del aparato y la potencia disponible. Los aviones con mayor empuje por peso serán capaces de tomar tierra a velocidades más bajas, dejando menos inercia que disipar durante el aterrizaje. Cuanto más ligero es un avión, más fácil es frenarlo, y cuanto más potente es, más fácil será acelerarlo a su mínima velocidad de vuelo.

Tracción: Acción de tender a mover una cosa hacia el punto de donde procede el esfuerzo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- Hibbeler, R. (2008). Mecánica de materiales Sexta Edición. Uniandes.
- Johnston, B. (2006). Mecánica de materiales 4 Edición. ELT.
- PISARENKO. (1985). Manual de Resistencia de materiales Primera Edición. Moscú: Mir.
- Valencia, J. (2005). Fundamentos de Neumática Básica Tercera Edición. Castellanos.
- Scribd. (20 de enero de 2015). Acero ASTM A36. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36#scribd>
- Tecnología. (10 de junio de 2013). Herramientas Mecánicas. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/herramientas/herramientas-mecanicas.html>
- Ferrocortes. (13 de marzo de 2013). Acero ASTM A 36. Obtenido de <http://www.ferrocortes.com.co/laminas/lamina-calidad-estructural-astm-a36#top>
- Ingemecánica. (24 de febrero de 2013). Propiedades Mecánicas del Acero. Obtenido de Tutorial semanal: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

ANEXOS