



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

“CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE LAVADO A PRESIÓN DEL COMPRESOR DEL MOTOR PT6A-42 DEL AVIÓN BEEHCRAFT DEL GAE-45 “PICHINCHA”.

CBOP. DE A.E. QUISPE TITUAÑA LUIS ANÍBAL

Trabajo de Graduación para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
“AVIONES”

Latacunga, Enero del 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **CBOP. DE A.E. QUISPE TITUAÑA LUIS ANÍBAL**, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

Latacunga, Enero del 2015

TLGO. ALEJANDRO PROAÑO
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

DECLARO QUE

EL proyecto de grado denominado “Construcción de un equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 “Pichincha”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero del 2015

QUISPE TITUAÑA LUIS ANÍBAL

C.C. 0401518287

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

YO, CBOP DE A.E. QUISPE TITUAÑA LUIS ANÍBAL

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Construcción de un equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 “Pichincha”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2015

QUISPE TITUAÑA LUIS ANÍBAL

C.C. 0401518287

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico especialmente a Dios a mi familia que me han apoyado incondicionalmente para culminar con éxito mi carrera.

A mis padres que con sus consejos, valores y motivación constante han guiado mis pasos para no cometer errores.

A la Aviación del Ejército por darme la oportunidad de superarme y obtener un título superior y aportar con mis conocimientos para el engrandecimiento de la Institución.

CBOP. DE A.E. LUIS ANÍBAL QUISPE TITUAÑA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud, y vida durante el transcurso de mi carrera como estudiante.

A mis padres que han dado todo el esfuerzo para que culmine esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida.

A la Brigada de Aviación del Ejército No. 15 "Paquisha", que me dio la oportunidad de prepararme académicamente y adquirir los conocimientos necesarios para formarme profesionalmente y alcanzar un título superior.

A la Unidad de Gestión de Tecnologías porque en sus aulas recibí las más gratas enseñanzas que nunca olvidaré.

A todos los docentes ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día.

CBOP. DE A.E. LUIS ANÍBAL QUISPE TITUAÑA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCIÓN	xx
RESUMEN	xxi
SUMMARY	xxii

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación e importancia	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 General	4
1.4.2 Específicos.....	4
1.5 Alcance	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Motor aeronáutico	6
2.1.1 Motores alternativos o de explosión.....	6
2.1.1.1 Clasificación de los motores alternativos	7
2.1.2 Motores de reacción.....	7
2.1.3 Clasificación de los motores de reacción	8
2.1.3.1 Motores cohete	8
2.1.3.2 Motores aerorreactores.....	9
2.1.3.2.1 Turborreactor	11
2.1.3.2.2 Turbofan.....	12
2.1.3.2.3 Turbohélice	13
2.1.3.2.4 Turboeje.....	15
2.2 Generalidades del avión Beechcraft	15
2.2.1 Características generales del avión Beechcraft B200.....	16
2.3 Motor PT6A.....	17
2.3.1 Características técnicas del motor PT6A-42.....	20
2.3.2 Accesorios que conforman el motor PT6A-42.....	20
2.3.3 Secciones del motor PT6A-42	20
2.4 Compresor	26
2.4.1 Etapa de compresión	28
2.4.1.1 Diagrama de velocidades.....	28
2.4.1.2 Características funcionales	29
2.4.1.3 Representación de las características y adaptación	29
2.4.2 Tipos de compresores.....	30

2.4.2.1 Compresor centrífugo	30
2.4.2.2 Compresores axiales	31
2.4.3 Lavado del compresor.....	32
2.4.4 Tipos de lavado.....	33
2.4.4.1 Lavado de desalinización (lavado con agua desmineralizada)	33
2.4.4.2 Lavado de recuperación de rendimiento (agente limpiador)	33
2.5 Sustancias para lavado del compresor	34
2.5.1 Ardrox	34
2.5.2 Alcohol isopropílico	34
2.5.3 Agua desmineralizada.....	35
2.5.4 Turco.....	36
2.6 Medidas de seguridad en el manejo de las sustancias químicas.....	36
2.7 Mantenimiento aeronáutico.....	37
2.7.1 Clases de mantenimiento aeronáutico	38
2.8 Herramientas utilizadas en la construcción del equipo	38
2.8.1 Herramienta	38
2.8.1.1 Dobladora de láminas	39
2.8.1.2 Roladora de láminas	39
2.8.1.3 Dobladora de tubos.....	39
2.8.1.4 Soldadora eléctrica	40
2.8.1.5 Amoladora.....	40
2.8.1.6 Arco de sierra.....	41
2.8.1.7 Lima	41
2.8.1.8 Taladro.....	41
2.8.1.9 Broca.....	42
2.8.1.10 Atornillador.....	42

2.8.1.11 Flexómetro	43
2.8.1.12 Pie de rey o calibrador	43
2.9 Materiales utilizados en la construcción del equipo	43
2.9.1 Acero.....	43
2.9.1.1 Ventajas del acero como material estructural	44
2.9.1.2 Tipos de aceros.....	44
2.9.2 Acero inoxidable 304.....	46
2.9.3 Tanque de acero inoxidable.....	47
2.9.3.1 Distinción entre tanques a presión de pared delgada y gruesa	48
2.9.3.2 Esfuerzo longitudinal.....	50
2.9.3.3 Esfuerzo anular.....	51
2.9.3.4 Esfuerzo de diseño	53
2.9.4 Acople de 2 pulgadas para la entrada de la solución.....	54
2.9.5 Acoples para entrada de aire	54
2.9.6 Tapas para la entrada principal del tanque.....	55
2.9.7 Manómetro.....	55
2.9.8 Regulador de presión.....	56
2.9.8.1 Elementos que componen un regulador	56
2.9.9 Válvula de alivio de presión	56
2.9.10 Válvulas de bola.....	57
2.9.11 Manguera.....	57
2.9.12 Cañerías de cobre.....	58
2.10 Materiales utilizados para la construcción del soporte del equipo	58
2.10.1 Tubos estructurales de hierro	58
2.10.1.1 Ventajas de los tubos estructurales	59
2.10.2 Garrucha.....	59

2.11 Materiales utilizados para el pintado del equipo y el soporte	60
2.11.1 Compresor de aire	60
2.11.2 Pistola para pintar	60
2.11.3 Las Pinturas sintéticas	61
2.11.4 Diluyente	61
2.11.5 Lijas.....	62
2.12 Soldadura.....	62
2.12.1 Soldadura por arco.....	63
2.12.1.1 Proceso de soldadura	63
2.12.1.2 Zona afectada térmicamente	64
2.12.1.3 Seguridad en soldadura	65
2.12.2 Electrodo.....	67
2.12.2.1 Designación de los electrodos	67

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares	70
3.1.1 Estudio de alternativas.....	71
3.1.2 Estudio de factibilidad	71
3.1.2.1 Factor técnico	71
3.1.2.2 Factor económico.....	72
3.1.2.3 Factor operacional	72
3.1.3 Facilidad de operación y control	73
3.1.4 Mantenimiento	73
3.1.5 Material	73

3.1.6 Transporte.....	73
3.2 Aspecto económico.....	73
3.3 Construcción del equipo para el lavado a presión del compresor	74
3.3.1 Descripción del equipo.....	74
3.3.2 Orden a seguir para la construcción del equipo.....	74
3.3.3 Codificación de máquinas, y herramientas	75
3.3.4 Diagrama de proceso.....	76
3.3.5 Simbología	76
3.3.6 Diagrama de proceso construcción de los tanques	77
3.3.7 Diagrama de proceso de construcción del soporte	78
3.3.8 Diagrama de proceso de construcción de la placa del panel de control.....	79
3.3.9 Diagrama de proceso de ensamblaje del compresor eléctrico.....	80
3.3.10 Diagrama de proceso de ensamblaje final del equipo.....	80
3.4 Construcción de los tanques del equipo	81
3.4.1 Proceso de trazado de las medidas en la lámina de acero.....	84
3.4.2 Proceso de corte de la lámina de acero inoxidable.....	85
3.4.3 Proceso de rolado de la lámina de acero inoxidable.....	85
3.4.4 Proceso de suelda de las juntas del tanque.....	86
3.4.5 Proceso de trazado de los orificios en las tapas del tanque	86
3.4.6 Proceso de perforación de los orificios en los tanques	86
3.4.7 Proceso de suelda de las uniones en los tanques	87
3.4.8 Proceso de comprobación de las uniones de suelda.....	87
3.4.9 Montaje de los componentes del tanque.....	88
3.5 Construcción del soporte del equipo	89
3.5.1 Proceso de trazado del tubo de hierro para el soporte del equipo.....	89
3.5.2 Proceso de corte del tubo de hierro	89

3.5.3	Proceso de doblado del tubo de hierro	90
3.5.4	Proceso de suelda del tubo de hierro para el soporte.....	91
3.5.5	Proceso de pulido de los puntos de unión	91
3.5.6	Proceso de fijación de las garruchas al soporte.....	91
3.5.7	Proceso de pintado del soporte	92
3.6	Construcción de la placa del panel de control.....	93
3.6.1	Proceso de trazado del material para la placa del panel de control.....	93
3.6.2	Proceso de corte de la placa del panel de control	94
3.6.3	Proceso de doblado de la placa del panel de control.....	94
3.7	Ensamblaje de los componentes del compresor eléctrico	94
3.7.1	Montaje del motor eléctrico.....	94
3.7.2	Conexión de los cables eléctricos.....	95
3.7.3	Proceso de montaje de las cañerías de cobre	95
3.7.4	Ajuste de los acoples	97
3.7.5	Colocación de sticker de señalización en el motor eléctrico	97
3.8	Ensamblaje final de los componentes del equipo	98
3.8.1	Montaje del compresor eléctrico al soporte.....	98
3.8.2	Montaje del panel de control.....	98
3.8.3	Montaje de los tanques sobre el soporte	99
3.9	Comprobación del equipo	99
3.9.1	Pruebas de funcionamiento	99
3.9.2	Pruebas operacionales	100
3.10	Elaboración de manuales.....	101
3.10.1	Manual de operación.....	101
3.10.2	Manual de mantenimiento.....	101
3.11	Presupuesto.....	122

3.12 Rubros	122
3.12.1 Costo primario.....	122
3.12.1.1 Materiales estructurales	122
3.12.1.2 Máquinas y herramientas.....	124
3.12.1.3 Mano de obra.....	125
3.12.1.4 Materiales fungibles	125
3.12.1.5 Costos secundarios.....	125
3.12.1.6 Costo total.....	126

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	127
4.2 Recomendaciones	128
GLOSARIO	129
ABREVIATURAS	130
BIBLIOGRAFÍA.....	131
NETGRAFÍA	132
ANEXOS	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Símbolos y términos	19
Tabla 2. Propiedades físicas del Ardrex	34
Tabla 3. Propiedades físicas del alcohol isopropílico	35
Tabla 4. Propiedades físicas del agua desmineralizada	35
Tabla 5. Propiedades físicas del turco	36
Tabla 6. Propiedades del acero inoxidable 304.....	47
Tabla 7. Propiedades Físicas del Diluyente (thinner en inglés).....	61
Tabla 8. Clasificación de las hojas de lija.....	62
Tabla 9. Clasificación de los electrodos	69
Tabla 10. Codificación de máquinas	75
Tabla 11. Codificación de herramientas	75
Tabla 12. Proceso de construcción de los tanques	77
Tabla 13. Proceso de construcción del soporte para el equipo.....	78
Tabla 14. Proceso de construcción de la placa del panel de control.....	79
Tabla 15. Proceso de ensamblaje del motor eléctrico.....	80
Tabla 16. Propiedades mecánicas de la lámina de acero inoxidable 304 ...	81
Tabla 17. Lista de costos de materiales para el equipo	123
Tabla 18. Inventario de costos de máquinas y herramientas	124
Tabla 19. Mano de obra	125
Tabla 20. Materiales fungibles.....	125
Tabla 21. Gastos secundarios.....	126
Tabla 22. Costo total	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Motor alternativo o de explosión Rolls-Royce.....	7
Figura 2. Motor a reacción P&W JT8D.....	8
Figura 3. Motor cohete.....	9
Figura 4. Vista en corte de un turborreactor de flujo centrífugo	11
Figura 5. Motor turborreactor de flujo centrífugo.....	11
Figura 6. Vista en corte de un turborreactor de flujo axial.....	12
Figura 7. Motor turborreactor de flujo axial.	12
Figura 8. Motor turbofan de doble flujo y alto índice de derivación.....	13
Figura 9. Motor turbohélice	14
Figura 10. Motor turboeje.....	15
Figura 11. Avión Beechcraft	16
Figura 12. Componentes del motor PT6A.....	18
Figura 13. Secciones del motor PT6A-42	21
Figura 14. Sección de la entrada de aire del motor PT6A-42	21
Figura 15. Diagrama de la sección de entrada de aire	22
Figura 16. Sección del compresor del motor PT6A-42	23
Figura 17. Sección de combustión del motor PT6A-42.....	23
Figura 18. Sección de turbina del motor PT6A-42	24
Figura 19. Sección de salida de gases del motor PT6A-42	25
Figura 20. Sección de reducción del motor PT6A-42.....	25
Figura 21. Sección de accesorios del motor PT6A-42.....	26
Figura 22. Diagrama de un compresor	27
Figura 23. Diagrama de velocidades en una rejilla del compresor.....	28
Figura 24. Diagrama de las características funcionales de un compresor ...	29
Figura 25. Diagrama de la relación de compresión.....	30
Figura 26. Diagrama de funcionamiento de un compresor centrífugo	31
Figura 27. Diagrama de funcionamiento de un compresor axial.....	32
Figura 28. Equipo de protección personal.....	37
Figura 29. Dobladora de láminas	39
Figura 30. Roladora de láminas	39

Figura 31. Dobladora de tubos.....	40
Figura 32. Soldadora eléctrica	40
Figura 33. Amoladora eléctrica	40
Figura 34. Sierra	41
Figura 35. Lima	41
Figura 36. Taladro eléctrico.....	42
Figura 37. Broca	42
Figura 38. Atornillador.....	42
Figura 39. Flexómetro	43
Figura 40. Pie de rey.....	43
Figura 41. Tanque cilíndrico.....	48
Figura 42. Definición de diámetros, radios y espesor de pared	48
Figura 43. Esfuerzo longitudinal.....	50
Figura 44. Esfuerzo anular.....	52
Figura 45. Brida para entrada de la solución de 2 pulgadas.....	54
Figura 46. Acoples de 3/8 y 1/2 pulgada.....	55
Figura 47. Tapas con vinchas de seguridad.....	55
Figura 48. Manómetro.....	55
Figura 49. Regulador de presión.....	56
Figura 50. Válvula de alivio de presión	57
Figura 51. Válvula de bola	57
Figura 52. Manguera.....	57
Figura 53. Cañerías de cobre	58
Figura 54. Formas de los tubos estructurales	59
Figura 55. Garrucha.....	59
Figura 56. Compresor de aire	60
Figura 57. Pistola para pintar.....	60
Figura 58. Pintura sintética	61
Figura 59. Zona afectada térmicamente	64
Figura 60. Equipo de protección para soldador	67
Figura 61. Especificación de los electrodos.....	67
Figura 62. Simbología de diagramas de procesos.....	76

Figura 63. Diagrama de proceso de construcción de los tanques	77
Figura 64. Diagrama de proceso de construcción del soporte	78
Figura 65. Diagrama de proceso de construcción del panel de control	79
Figura 66. Diagrama de proceso de ensamblaje del compresor eléctrico ...	80
Figura 67. Diagrama de proceso de ensamblaje final del equipo	81
Figura 68. Proceso de trazado de la lámina de acero inoxidable.....	85
Figura 69. Proceso de corte de la lámina de acero inoxidable.....	85
Figura 70. Proceso de rolado de la lámina de acero inoxidable.....	85
Figura 71. Proceso de suelda de las juntas de los tanques.....	86
Figura 72. Proceso de trazado de los orificios en las tapas del tanque	86
Figura 73. Proceso de perforación de los orificios en los tanques	87
Figura 74. Proceso de suelda de las uniones de entrada y salida	87
Figura 75. Proceso de comprobación de las uniones de suelda.....	88
Figura 76. Montaje de los componentes del tanque	89
Figura 77. Proceso de trazado del tubo de hierro	89
Figura 78. Proceso de corte del tubo de hierro	90
Figura 79. Proceso de doblado del tubo de hierro para la base.....	90
Figura 80. Proceso de doblado del tubo de hierro para la parte superior	90
Figura 81. Proceso de suelda de las uniones del soporte.....	91
Figura 82. Proceso de pulido de las juntas del soporte	91
Figura 83. Proceso de fijación de las garruchas al soporte.....	92
Figura 84. Proceso de preparación de la superficie a pintar	92
Figura 85. Proceso de aplicación del fondo verde	92
Figura 86. Proceso de aplicación de la pintura sintética al soporte	93
Figura 87. Proceso de trazado de la placa del panel de control	93
Figura 88. Proceso de corte de la placa del panel de control	94
Figura 89. Proceso de doblado de la placa del panel de control.....	94
Figura 90. Montaje del motor eléctrico.....	95
Figura 91. Conexión de los cables eléctricos.....	95
Figura 92. Montaje de la cañería para los manómetros	96
Figura 93. Montaje de la cañería para el acumulador de aire	97
Figura 94. Ajuste de los acoples	97

Figura 95. Colocación de los sticker en el motor eléctrico	98
Figura 96. Montaje del compresor eléctrico	98
Figura 97. Montaje del panel de control.....	99
Figura 98. Montaje de los tanques para las soluciones	99

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad la construcción de un equipo para optimizar los procesos de lavado a presión que realizan el personal de técnicos en las tareas de mantenimiento del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE – 45 “Pichincha”

Para la elaboración del proyecto se tomó en consideración un estudio de los componentes principales del motor, tipos de compresores, operación, proceso de mantenimiento el cual está sometido, sustancias químicas que se usan en el mantenimiento preventivo del compresor, equipos aeronáuticos que facilitan las tareas de mantenimiento los mismos que encuentran en el manual de mantenimiento y operación del motor PT6A-42.

El trabajo investigativo está constituido por cuatro capítulos, los cuales se explican a continuación:

El Capítulo I. Describe los antecedentes, justificación, objetivos y alcance.

El Capítulo II. Incorpora un conocimiento en general de los motores de aviación, generalidades del avión, características del motor PT6A-42, funcionamiento, operación y mantenimiento del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

El Capítulo III. Establece los procedimientos para la construcción y operación del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

El Capítulo IV. Describe las conclusiones y recomendaciones realizadas después de haber concluido el proyecto.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo fundamental la construcción de un equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha", La construcción del equipo de lavado a presión del compresor fue llevada a cabo utilizando diferentes componentes los cuales son resistentes a la corrosión y soportan altas presiones de trabajo. El equipo consta de dos tanques principales con una capacidad de 30 litros cada uno los cuales van a ser presurizados mediante un compresor eléctrico montado en la parte posterior del equipo, también cuenta con un panel de control que facilita su operación ya que tiene manómetros de indicación y válvulas independientes para cada tanque, el equipo completo va a estar montado en un soporte fácil de maniobrar y muy útil para poder transportar hacia el lugar donde se requiera el uso del equipo, toda la información contenida en el proyecto está basado principalmente en el manual de mantenimiento capítulo N° 71 del avión Beechcraft donde están descritos los procedimientos de lavado del compresor mediante el uso de un equipo de lavado a presión como también las tablas en donde se encuentra las diferentes soluciones a ser utilizadas con las respectivas proporciones, temperatura ambiente requerida para el lavado a presión del compresor. Con este proyecto se pretende optimizar los procesos de lavado a presión que realizan el personal de técnicos al compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft perteneciente al GAE-45 "Pichincha". La operación del equipo es muy sencilla y permite obtener las soluciones lavado y enjuague del compresor a una presión constante de acuerdo al requerimiento dado en el manual de mantenimiento del avión Beechcraft.

PALABRAS CLAVES: CONSTRUCCIÓN, EQUIPO, OPTIMIZAR, PROCESOS, LAVADO, COMPRESOR

SUMMARY

This project's main objective is to build a team to optimize the washing process pressure compressor PT6A-42 engine Beechcraft aircraft GAE-45 "Pichincha". Construction of pressure washing equipment compressor was carried out using different components which are resistant to corrosion and withstand high pressures. The equipment consists of two main tanks with a capacity of 30 liters each which will be pressurized by a rear-mounted electric compressor equipment, also has an operation panel in which indication has gauges and independent valves for each tank, the entire team will be mounted on a bracket easy to maneuver and very useful to transport to where computer use is required, all information contained in the project is mainly based on the maintenance manual chapter No. 71 Beechcraft airplane where washing procedures are described compressor using a pressure washing equipment as tables where we indicate the solutions to be used with the respective proportions, ambient temperature required for pressure washing the compressor. This project aims to optimize the processes that perform pressure washing technical staff compressor PT6A-42 engine Beechcraft plane belonging to the GAE-45 "Pichincha". Equipment operation is very simple and allows the wash and rinse the compressor at a pressure regulated according to the requirements given in the maintenance manual Beechcraft solutions.

KEYWORDS: BUILD, TEAM, OPTIMIZE, WASHING, PROCESS, COMPRESSOR

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

La Aviación del Ejército nació en 1954, mediante el entusiasmo y el espíritu del señor Capitán de Infantería Colón Grijalva Herdoíza. Una vez cumplida su aspiración de tener la licencia de piloto, inclinó, de manera oficial, sus peticiones, con ideas vanguardistas, hacia el Comando del Ejército. Inició la gestión necesaria para materializar el apoyo aéreo que tanto necesitaban los compañeros que, para cumplir su deber en guarniciones de frontera, debían atravesar largas y penosas jornadas en caminos, picas y trochas.

El Servicio Aéreo del Ejército dio un paso gigantesco en 1978, se transformó en la Aviación del Ejército Ecuatoriano. Este cambio produjo una nueva concepción en la organización, para lo cual se tomó en cuenta el empleo táctico del material y el apoyo orgánico que debe brindar a las Unidades Operativas de la Fuerza Terrestre. Con esta oportunidad, el alto mando militar asignó a la Aviación del Ejército el personal y los medios, tanto aéreos como de apoyo en tierra, necesarios para que las tareas asignadas a la nueva condición puedan cumplirse.

En 1981 esta unidad de combate participa en la guerra de Paquisha y se hace merecedora a la distinción del honor militar de la “Cordillera del Cóndor” por una actuación destacada.

En julio de 1987 se le designa con el nombre de Brigada de Aviación del Ejército Nro.15 “Amazonas”, finalmente el 29 de febrero de 1996, tomando en consideración la heroica labor cumplida por la aviación del ejército en el conflicto del Cenepa, el Alto Mando Militar decide que la aviación del Ejército

pase a ser una nueva arma de la Fuerza Terrestre, manteniendo el nombre de Aviación del Ejército Ecuatoriano Nro. 15 "Paquisha".

El Grupo de Aviación del Ejército Nro. 45 "Pichincha", es una de las unidades más operativas de la Brigada Aérea Nro.15 "Paquisha", ya que por medio de esta se canalizan diversas tareas de abastecimiento aéreo, evacuación aéreo médica, transporte de personal y asistencia de las necesidades más urgentes de las poblaciones de los lugares más apartados del país, como también mantener siempre operativas sus aeronaves para ello el personal de técnicos realizan mantenimiento a las diferentes aeronaves.

Dentro de los principales campos técnicos de mantenimiento que se desarrollan son: mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo, en sus instalaciones , en cierto modo como en toda institución en vías de desarrollo tecnológico, se ha visto limitada en cierta parte en todas sus áreas de trabajo, por la carencia de nuevas técnicas de ejecución en el mantenimiento, bancos de prueba y equipos , tal es el caso de la carencia de un **equipo para los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft**, que al momento no se dispone de dicho equipo ya que para realizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor se utiliza un equipo el cual no cuenta con dispositivos de indicación de presión, dispositivos de seguridad y tampoco proporciona la cantidad de solución requerida para el lavado y enjuague del compresor.

De no solucionarse lo mencionado se seguirá utilizando equipos inadecuados los cuales no prestan las debidas medidas de seguridad y no realizan el trabajo requerido dando como resultado un mal mantenimiento a los alabes del compresor los mismos que con el paso del tiempo acumulan suciedad, depósitos de polvo y sales sobre su superficie, llegando a disminuir su eficiencia aerodinámica (L/D), o relación sustentación y resistencia aerodinámica de los perfiles.

Por lo expuesto es necesaria la construcción de un equipo de lavado a presión para el mantenimiento del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha".

1.2 Planteamiento del problema

¿Qué equipo aeronáutico permite optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión "Beechcraft" del GAE-45 "Pichincha"?

1.3 Justificación e importancia

Para poder tener una aviación con poder aeronáutico disuasivo lista para enfrentar las amenazas, comprometida con el desarrollo y proyección de los intereses aéreos, la sección de mantenimiento de aviones del GAE-45 "Pichincha" deberá ser eficiente en las labores profesionales de mantenimiento.

Los resultados del presente trabajo investigativo facilitará que los técnicos desarrollen sus procesos de mantenimiento y de esta manera satisfacer sus necesidades, adicional se beneficiará el área de mantenimiento ya que contará con un equipo apto para realizar el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42.

Por lo expuesto anteriormente es importante que los talleres cuenten con equipos y herramientas acordes a la tecnología actual con el fin de que los técnicos del área de mantenimiento de aviones alcancen un desarrollo eficiente en sus tareas encomendadas.

De no hacerlo, en el GAE-45 "Pichincha" se seguirá realizando las tareas de mantenimiento con equipos inadecuados, poniendo en riesgo la

seguridad personal de los técnicos como también la aeronavegabilidad de las aeronaves.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Construir un equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha".

1.4.2 Específicos

- Recolectar información acerca del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.
- Investigar cuales son los tipos de lavado que se realizan al compresor del motor PT6A-42.
- Obtener información referente al uso de sustancias químicas útiles para el lavado del compresor del motor PT6A-42.
- Diseñar el equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42.
- Calcular los esfuerzos a los cuales va estar sometido los tanques del equipo para proporcionar las soluciones de lavado y enjuague a la presión requerida.
- Realizar el proceso de construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42.

1.5 Alcance

El presente trabajo de investigación tendrá lugar en la sección de mantenimiento de aviones del GAE-45 "Pichincha" en donde se pretende

realizar el proceso de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 mediante el uso de un equipo de lavado a presión para utilizar en el mantenimiento del compresor, y así mejorar las operaciones del motor, permitiendo mejorar y tecnificar el proceso de mantenimiento y obtener un beneficio para la Institución como también mejorar las condiciones con las cuales operan los técnicos en la sección y así poder contribuir al desarrollo de la Aviación del Ejército.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del marco teórico se considerará información relevante del manual de operación del motor PT6A-42, y manual de mantenimiento capítulo 71 del avión Beechcraft.

2.1 Motor aeronáutico¹

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje.

Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas:

- Motores alternativos o de explosión.
- Motores de reacción.

2.1.1 Motores alternativos o de explosión

El motor alternativo de aviación está formado por una serie de cilindros donde se comprime el aire, se mezcla este con la gasolina y se inflama la mezcla resultante. La mezcla esta previamente preparada en un dispositivo llamado carburador o bien en un sistema de inyección. La combustión de la mezcla de gasolina y aire produce el incremento de la presión del gas en el interior del cilindro, presión que se aplica sobre el embolo, un cuerpo deslizante en el interior del cilindro. El movimiento lineal del embolo, ascendente y descendente en el cilindro, se transforma finalmente, en otro circular mediante un sistema articulado, que hace girar el eje del motor.

¹ Conocimientos del avión de Antonio, Esteban Oñate, sexta Edición

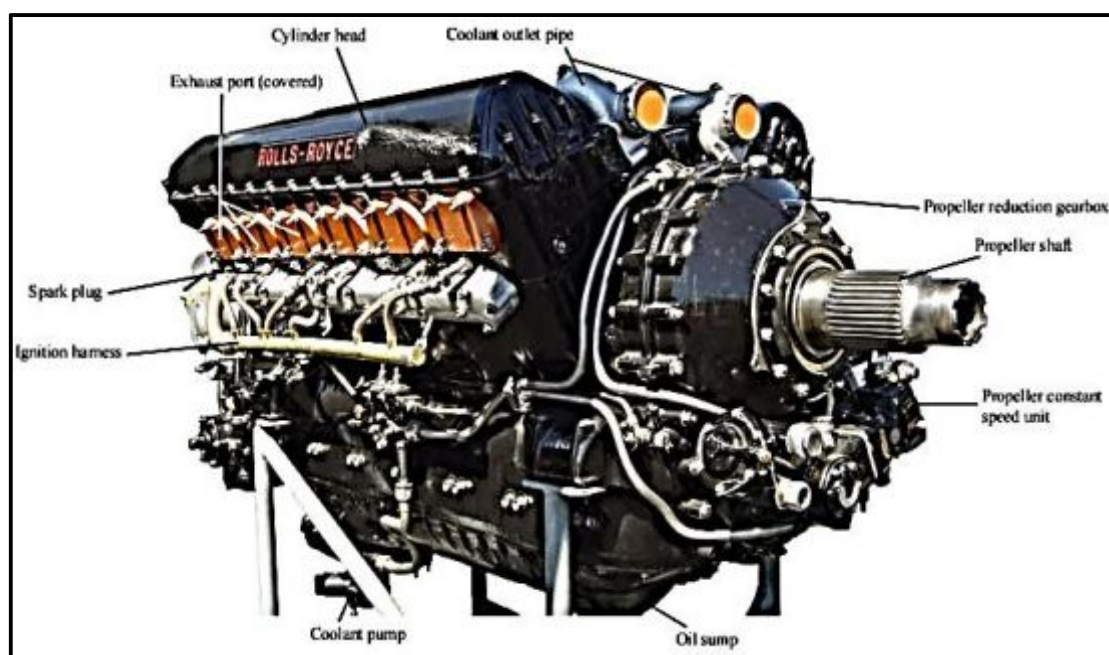


Figura 1. Motor alternativo o de explosión Rolls-Royce

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rolls-Royce_Merlin.jpg

2.1.1.1 Clasificación de los motores alternativos

Los motores alternativos se clasifican en:

- a) Motores de cilindros en línea.
- b) Motores de cilindros horizontales y opuestos.
- c) Motores en estrella o radiales.

2.1.2 Motores de reacción

Se llaman motores de reacción las máquinas térmicas en las cuales la energía química de la mezcla combustible oxidante se transforma en energía cinética del chorro de gases que salen del interior del motor. Puesto que, como se ha dicho, todas las formas de propulsión se basan en lanzar masas en un cierto sentido, para obtener el desplazamiento del móvil en sentido contrario, cabe preguntarse ¿qué matiz o cualidad distingue a los motores de reacción de otras formas de propulsión aérea, como la propulsión por

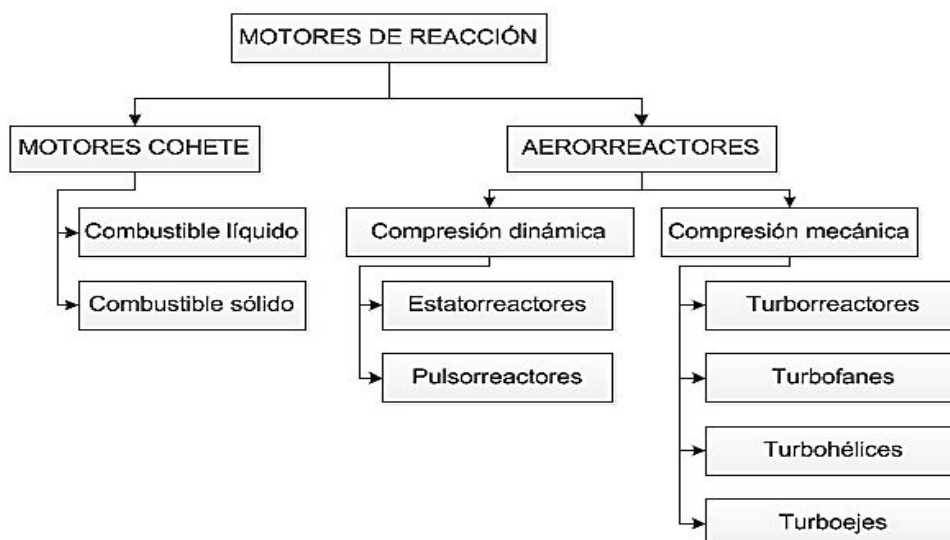
hélice?, la diferencia es que la masa de gas que interviene en el ciclo de funcionamiento del motor. Es la nota diferencial de los motores de reacción.



Figura 2. Motor a reacción P&W JT8D

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WIKI_JT8DPWMDHL.jpg

2.1.3 Clasificación de los motores de reacción



2.1.3.1 Motores cohete

Son motores que llevan a bordo las dos especies químicas que intervienen en la combustión, estos gozan de total autonomía de vuelo, pues su funcionamiento es independiente del medio exterior en el que se desplazan. Se llaman por ello motores autónomos. Pueden ser de

combustible sólido o líquido. Se emplean tanto dentro como fuera de la atmósfera terrestre, pocos aviones utilizaron motores cohete como principal medio de propulsión. El único avión cohete puro producido en serie fue el interceptor alemán de la Segunda Guerra Mundial Messerschmitt Me 163, propulsado el Walter HWK 109-509 de combustible líquido bipropelente, que debido a la corta duración de su combustible tenía que regresar a tierra planeando. Como aviones cohete experimental destacan el Bell X-1 (primer avión en superar la barrera del sonido pilotado por Chuck E. Yeager) y el North American X-15

Los motores cohete ofrecen gran empuje pero escasa autonomía y no son usados como propulsores de aviones porque su eficiencia es bastante pobre, excepto a altas velocidades. Se probó la propulsión mixta con otro tipo de motores en los años 1950, especialmente en el ámbito militar, pero en cuanto mejoró la fiabilidad de los motores de reacción la idea se abandonó.

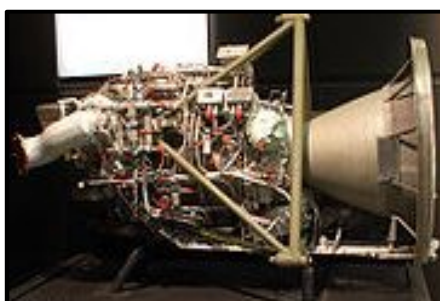


Figura 3. Motor cohete

Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File: Engine_USAF.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Engine_USAF.jpg)

2.1.3.2 Motores aerorreactores

Son motores de reacción no autónomos, en el sentido de que necesitan captar el aire atmosférico para la combustión. El combustible se porta en el vehículo, pero el oxidante (oxígeno del aire) se debe captar en la atmósfera.

Es obvio que el vuelo de estos motores esta dado a altitudes donde existe suficiente oxígeno. Los aerorretores se dividen, a su vez, en motores de compresión dinámica y mecánica.

La energía mecánica (efecto útil) que producen todas las máquinas térmicas de la familia aeroretor se obtiene mediante la combustión de una determinada cantidad de aire combustible, la compresión del aire es siempre previa a la combustión de la mezcla. Digamos que es un requisito previo. Esto es así porque a efectos de producción de energía, cuanto mayor es la cantidad de aire que se introduce en la máquina mayor es la cantidad de combustible que se puede mezclar y quemar. En consecuencia, más efecto útil se puede obtener del proceso.

Se trata pues, de introducir en la cámara de combustión de los motores el mayor número de moléculas de aire por unidad de volumen. Esta circunstancia obliga a comprimir el aire.

La **compresión mecánica** se efectúa en compresores. Los compresores de los motores de turbina pertenecen al grupo de las turbomáquinas (máquinas rotativas).

La **compresión dinámica**, por su parte, se debe a la velocidad del móvil respecto al aire. Si esta es suficientemente alta, es posible transformar parte de la velocidad relativa de la corriente en presión (es la transformación de la energía cinética en energía de presión).

Los mecanismos que efectúan la transformación citada se llaman difusores, como sabemos los difusores son conductos de sección de paso variable, donde disminuye la velocidad de la corriente y aumenta la presión estática de acuerdo con las leyes de la aerodinámica.

2.1.3.2.1 Turborreactor

El turborreactor es el más básico de todos los motores de turbina de gas para aviación en términos constructivos. Generalmente se divide en zonas de componentes principales que van a lo largo del motor, desde la entrada hasta la salida del aire: en la zona de admisión (parte delantera) hay un compresor que toma el aire y lo comprime, una sección de combustión inyecta y quema el combustible mezclado con el aire comprimido, a continuación una o más turbinas obtienen potencia de la expansión de los gases de escape para mover el compresor de admisión, y al final una tobera de escape acelera los gases de escape por la parte trasera del motor para crear el empuje.

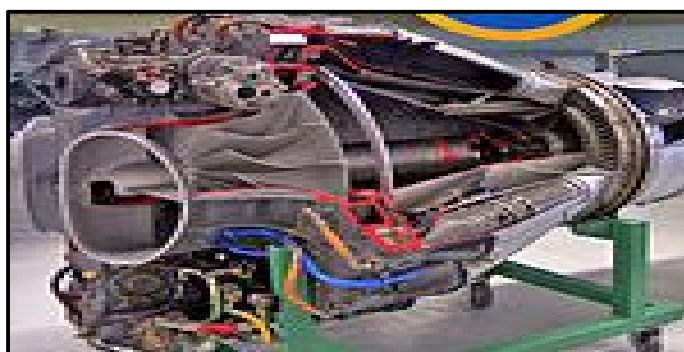


Figura 4. Vista en corte de un turborreactor de flujo centrífugo
Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rolls_Royce. Jpg

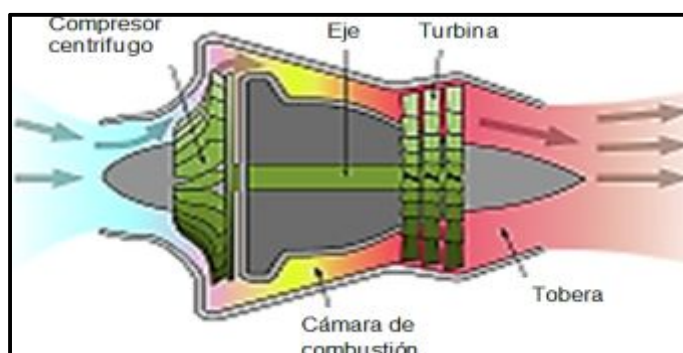


Figura 5. Motor turborreactor de flujo centrífugo
Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbojet>

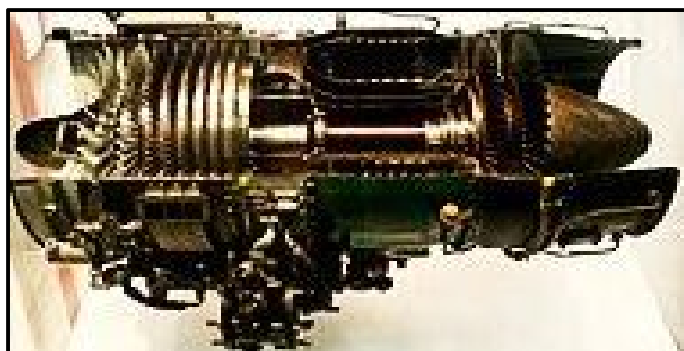


Figura 6. Vista en corte de un turborreactor de flujo axial

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:J85_ge17a_turbojet_engine

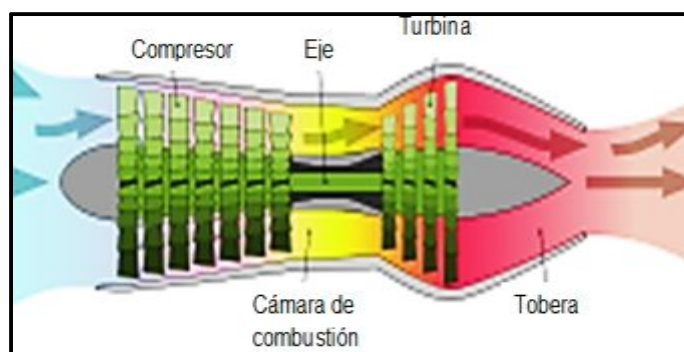


Figura 7. Motor turborreactor de flujo axial.

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbojet_operation-axial

2.1.3.2.2 Turbofan

En el motor turbofan (turbosoplante o turboventilante) los gases generados por la turbina son empleados mayoritariamente en accionar un ventilador (fan) constituido por álabes y situado en la parte frontal del sistema que produce la mayor parte del empuje, dejando para el chorro de gases de escape solo una parte del trabajo (aproximadamente el 30%). Estos motores comenzaron a usar el sistema de flujo axial, que mantiene la corriente de aire comprimido presionada hacia el eje de la turbina, por lo que el aire sale propulsado con mayor velocidad y con menos tendencia a dispersarse de la corriente de salida. Esto incrementa notablemente la eficiencia. Otro gran avance del Turbofan fue la introducción del sistema de doble flujo en el cual, el ventilador frontal es mucho más grande ya que

permite que una corriente de aire circule a alta velocidad por las paredes externas del motor, sin ser comprimido o calentado por los componentes internos.

Esto permite que este aire se mantenga frío y avance a una velocidad relativamente igual al aire caliente del interior, haciendo que cuando los dos flujos se encuentren en la tobera de escape, formen un torrente que amplifica la magnitud del flujo de salida y a la vez lo convierte en un flujo más estrecho, aumentando la velocidad total del aire de salida y también reduciendo las emisiones de ruido. Este tipo de motor tiene una gran entrega de empuje, permitiendo el desarrollo de aviones con capacidad de carga y transporte de pasajeros mucho más grande, y al nivel que conocemos en la actualidad. Es el motor utilizado por la mayoría de los aviones de reacción modernos por su elevado rendimiento y relativa economía de combustible respecto a un Turbojet.

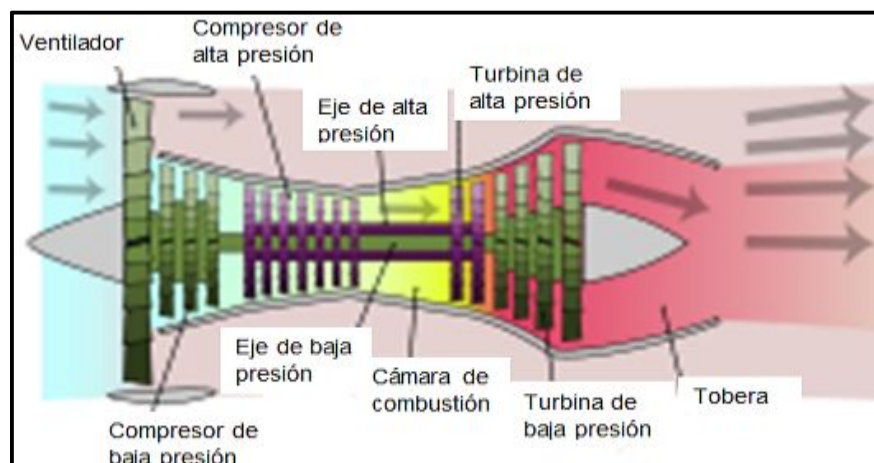


Figura 8. Motor turbofan de doble flujo y alto índice de derivación

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbofan_operation_-_es.svg

2.1.3.2.3 Turbohélice

Estos motores no basan su ciclo operativo en la producción del empuje directamente del chorro de gases que circula a través de la turbina, sino que la potencia que producen se emplea en su totalidad para mover una hélice, y

es esta la genera la tracción para propulsar la aeronave. Debido a que el óptimo funcionamiento de las turbinas de gas se produce a altas velocidades de giro superiores a 10.000 RPM, los turbohélice disponen de una caja de engranajes para reducir la velocidad del eje y permitir que la hélice gire a velocidades adecuadas de funcionamiento e impedir que las puntas de sus palas alcancen velocidad supersónica. A menudo la turbina que mueve la hélice está separada del resto de componentes rotativos para que sean libres de girar a su óptima velocidad propia (se conocen como motores de turbina libre). Los turbo-hélice son muy eficientes cuando operan dentro del rango de velocidades de crucero para las que fueron diseñados, que en general va desde los 320 a los 640 km/h.

Al igual que en la mayoría de motores recíprocos que propulsan aviones con hélice, los motores cuentan con gobernadores mecánicos que mantienen fija la velocidad de la hélice al regular el paso de sus palas (hélice de velocidad constante y paso variable). La potencia de los motores turbohélice, al igual que los turbo-eje, se mide por su potencia en eje, en inglés: short horsepower (SHP), normalmente en caballos de potencia o kilovatios; en ocasiones la potencia en SHP se traduce como "turbo caballos".

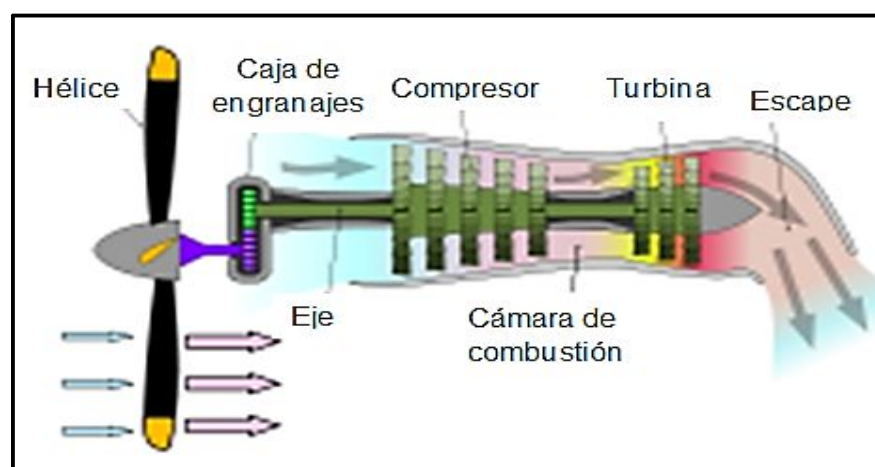


Figura 9. Motor turbohélice

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turboprop_operation-es.svg

2.1.3.2.4 Turboeje

Un motor turbo eje es un motor de turbina de gas que entrega su potencia a través de un eje. Estos motores son utilizados principalmente en helicópteros y en unidades de energía auxiliar. El turbo eje es muy similar al turbohélice, con una diferencia clave: en el turbohélice la hélice está conectada directamente al motor, y el motor está fijado a la estructura de la aeronave; en un turbo-eje el motor no tiene que ofrecer un soporte físico directo a los rotores del helicóptero, ya que el rotor está conectado a una transmisión fijada a la estructura y el turbo-eje simplemente transmite la potencia mediante un eje de transmisión. Algunos ven esta distinción poco relevante, de hecho, en algunos casos las compañías fabricantes de motores producen turbohélices y turbo ejes basados en el mismo diseño (como el motor Pratt & Whitney Canadá PT-6 con variante A para aviones y B y C para helicópteros u otras aplicaciones motrices e industriales).

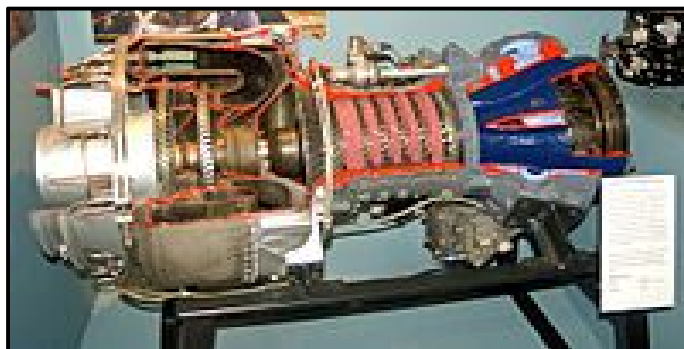


Figura 10. Motor turboeje

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lycoming_Turboshaft.jpg

2.2 Generalidades del avión Beechcraft²

El avión Beechcraft es un bi-turbohélice presurizado, está destinado para el transporte militar en rutas de corto, medio y largo alcance; con certificación para vuelos de día o de noche y en vuelo visual (VFR) o vuelo

² Manual de operaciones del Avión Beechcraft B200

instrumental (IFR). El avión está propulsado por dos motores turbohélices PT6A-42 fabricados por la compañía **Pratt & Whitney Canadá**.



Figura 11. Avión Beechcraft

2.2.1 Características generales del avión Beechcraft B200

- **Tripulación:** 1-2
- **Capacidad:** 13 pasajeros
- **Longitud:** 13,3 m (43,8 ft)
- **Envergadura:** 16,6 m (54,5 ft)
- **Altura:** 4,6 m. (15 ft)
- **Superficie alar:** 28,2 m² (303,6 ft²)
- **Peso vacío:** 3520 kg (7758,1 lb)
- **Peso máximo al despegue:** 5670 kg (12496,7 lb)
- **Planta motriz:** 2x Turbo hélice Pratt & Whitney Canada PT6A-42.
- **Potencia:** 635 kW (875 HP; 863 CV) cada uno.
- **Hélices:** 1x Cuadripala Hartzell por motor.
- **Velocidad máxima operativa (V_{no}):** 545 km/h (339 MPH; 294 kt) a 7600 m
- **Velocidad crucero (V_c):** 536 km/h (333 MPH; 289 kt) a 7620 m
- **Velocidad de entrada en pérdida (V_s):** 139 km/h (86 MPH; 75 kt) IAS con flaps abajo.

- **Alcance:** 3338 km, con un máximo de combustible y 45 minutos de reserva.
- **Techo de servicio:** 10700 m (35105 ft)
- **Régimen de ascenso:** 12,5 m/s (2461 ft/min)
- **Carga alar:** 201,6 kg/m² (41,3 lb/ft²)
- **Potencia/peso:** 220 w/kg (0,14 hp/lb)

2.3 Motor PT6A³

Es uno de los motores aeronáuticos turbohélice más populares de la historia es producido por Pratt & Whitney Canadá. El PT6 es un motor de turbina ligero que utiliza una hélice mediante una caja reductora de dos etapas. Dos conjuntos rotatorios principales constituyen el corazón del motor. Un conjunto consiste en la turbina del compresor y el compresor. El otro consiste en la turbina de potencia y el eje de la turbina de potencia. Los dos conjuntos rotatorios no están conectados entre sí y giran a distintas velocidades y en sentidos contrarios. A este diseño se le conoce como el "Motor de Turbina Libre". Esta configuración permite al piloto variar la velocidad de la hélice con independencia de la velocidad del compresor. El torque del motor de arranque es también menor, dado que inicialmente tan sólo se hace girar al compresor durante el arranque. El motor se pone en marcha mediante la conexión del motor de arranque instalado en la caja de accesorios. Los gases calientes en expansión se aceleran al pasar por el estator de la turbina del compresor, originando un movimiento de rotación en la turbina del compresor. El compresor del motor introduce aire en el motor a través de una cámara impelente anular (toma de entrada), incrementa su presión a través de 3 o 4 etapas axiales y de un impulsor centrífugo y lo distribuye alrededor de la cámara de combustión. Un tanque integral de aceite ubicado entre la toma de entrada y la caja de accesorios suministra

³ Manual General de Mantenimiento Capítulo 71

aceite a los rodamientos y a otros sistemas variados, como el sistema de la hélice y el sistema del torque.

El aire se introduce en la cámara de combustión a través de pequeños orificios y, a la velocidad apropiada del compresor, se introduce el combustible en la cámara de combustión. Dos encendedores de chispa (o bujías incandescentes) ubicados en la cámara de combustión se encargan de la ignición de la mezcla. Los gases calientes generados, son dirigidos a la zona de la turbina. En este punto, se apaga la ignición dado que una llama continua ocupa la cámara de combustión. Los gases, aún en expansión, atraviesan la turbina de potencia y suministran energía rotacional para mover el eje de la hélice.

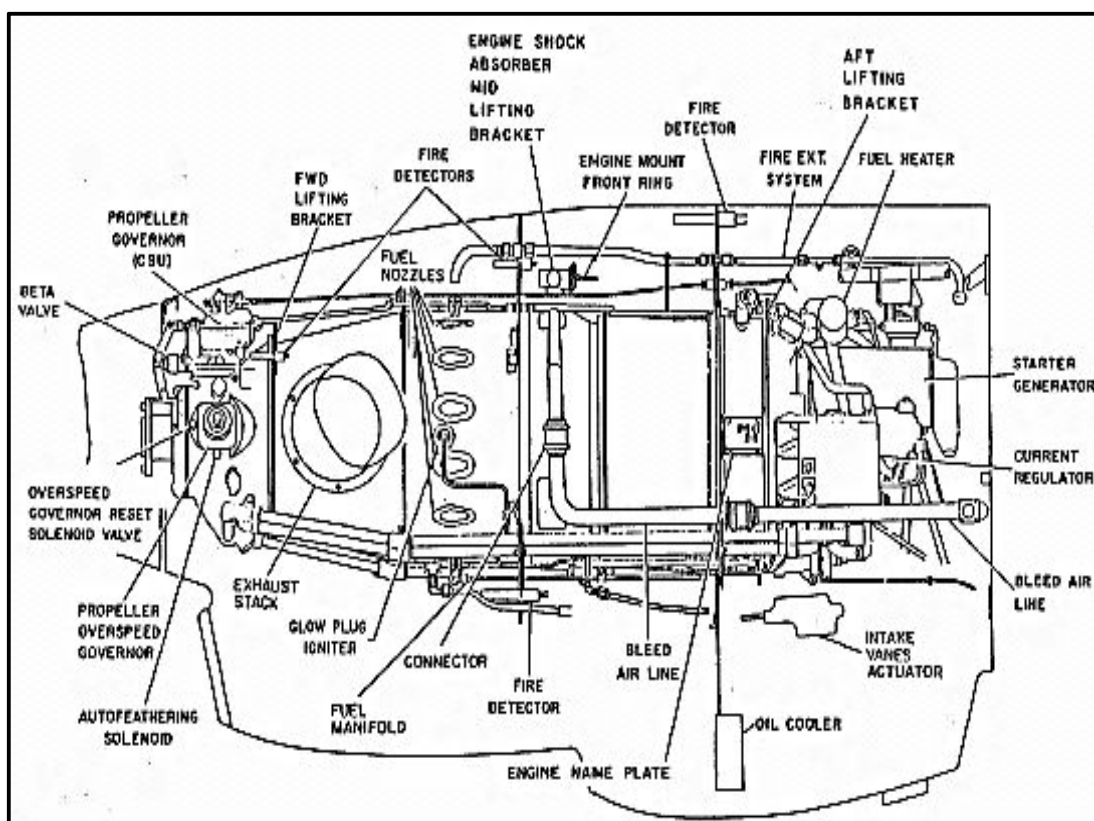


Figura 12. Componentes del motor PT6A

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

La caja reductora aminora la velocidad de la turbina de potencia hasta alcanzar la apropiada para el funcionamiento de la hélice (aproximadamente 1700-2200 r.p.m.). Al salir de las turbinas de potencia, los gases son expulsados a la atmósfera a través del ducto de escape. El apagado del motor se lleva a cabo cerrando el paso de combustible a la cámara de combustión. Una unidad de control de combustible ubicada en la caja de accesorios regula el flujo de combustible al inyector de combustible como respuesta a los requerimientos de potencia y a las condiciones de vuelo.

El gobernador de la hélice, situado en la caja reductora, controla la velocidad de la hélice mediante la variación del ángulo de las palas, de acuerdo con los requerimientos de potencia, selección de la velocidad de la hélice y condiciones de vuelo.

Tabla 1

Símbolos y términos

NG	Velocidad del generador de gases en %
TQ	Torque
NP	Velocidad de la hélice en %
BETA	Modo de operación no gobernado de la hélice
SHP	Caballos de fuerza aplicados al eje
P3	Presión de descarga del compresor
T5	Temperatura entre turbinas (ITT)
FCU	Unidad de control de combustible
P	Power
T	Turbine
6	Configuración
A	2 etapas de engranajes planetarios en el sistema de engranajes de reducción
42	Potencia del motor

Fuente: Manual de mantenimiento Capítulo 71

2.3.1 Características técnicas del motor PT6A-42

- Es un motor turbo hélice
- Turbina libre , flujo reversible
- Potencia de 850 SHP(Shaft Horse Power)
- La rotación del eje de la hélice es en sentido horario

2.3.2 Accesorios que conforman el motor PT6A-42

- FCU Unidad de Control de Combustible
- Gobernador de la hélice
- Gobernador de sobre velocidad
- Válvula de sangrado de aire (bleed valve)
- Unidad de control de arranque
- Inyectores de combustible
- Caja reguladora de corriente
- Bomba de alta presión
- Intercambiador de temperatura

2.3.3 Secciones del motor PT6A-42

- Sección de entrada de aire
- Sección de compresor
- Sección de combustión
- Sección de turbina
- Sección de salida de gases
- Sección de reducción
- Sección de movimiento o impulso de accesorios.

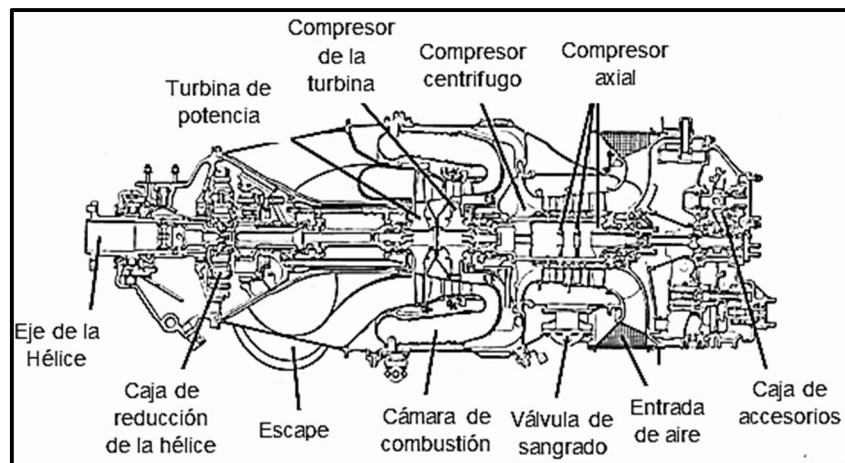


Figura 13. Secciones del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de la entrada de aire⁴

Es un conducto destinado a captar el aire y conducirlo en las mejores condiciones posibles a la entrada del compresor, su forma está estudiada para que la resistencia al avance sea la más débil posible y que el flujo sea homogéneo en todo el dominio de funcionamiento.

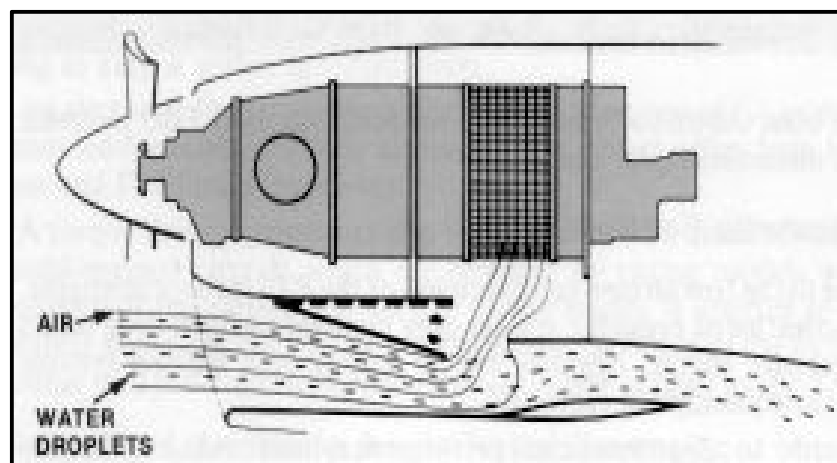


Figura 14. Sección de la entrada de aire del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

⁴ Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

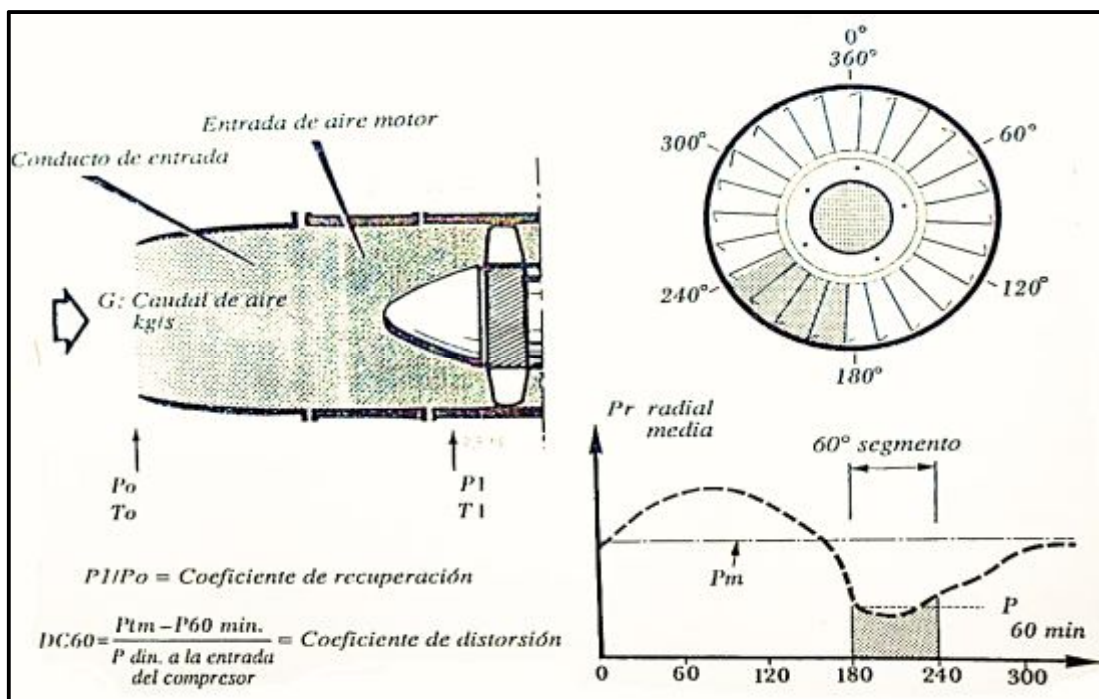


Figura 15. Diagrama de la sección de entrada de aire
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

Su funcionamiento aerodinámico está caracterizado por la relación de presión $P1/Po$ (Coeficiente de recuperación o de eficacia) considerando:

Po = Presión a la entrada

$P1$ = Presión a la salida de la entrada de aire.

Esta relación de presiones, así como el caudal de aire, varían con las condiciones atmosféricas y las condiciones de vuelo. Es necesario definir el coeficiente de distorsión admisible en la entrada de aire (Coeficiente de distorsión o DC 60)

Sección del compresor

Consiste de cuatro etapas de compresión de las cuales tres etapas son axiales y una centrífuga, el principal objetivo de esta sección es de proveer de aire comprimido para la combustión y enfriamiento del motor.

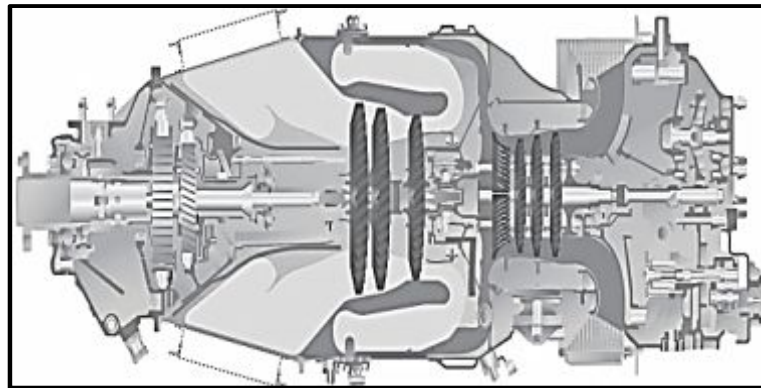


Figura 16. Sección del compresor del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de combustión

El motor PT6A-42 utiliza una cámara de combustión anular provista de dos igniter de alta energía situados en la misma, y alrededor de la cámara posee 14 inyectoros de combustible.

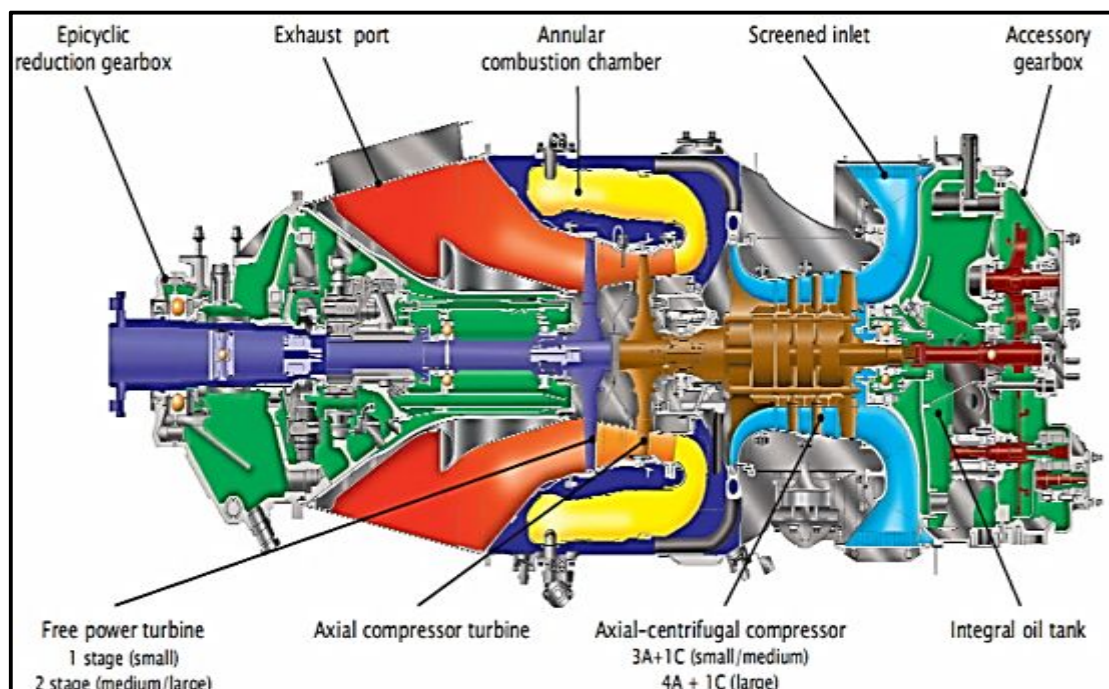


Figura 17. Sección de combustión del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de turbina

El motor PT6A-42 utiliza dos etapas de turbina, una etapa de turbina de potencia extrae energía de los gases de combustión, mueven la hélice, la otra etapa de turbina de compresor o de gas.

Esta combinación es definida NP, una sola etapa de la turbina del compresor extrae energía de los gases de combustión, mueven el generador de gases del compresor y la sección de accesorios, esta combinación es definida N1.

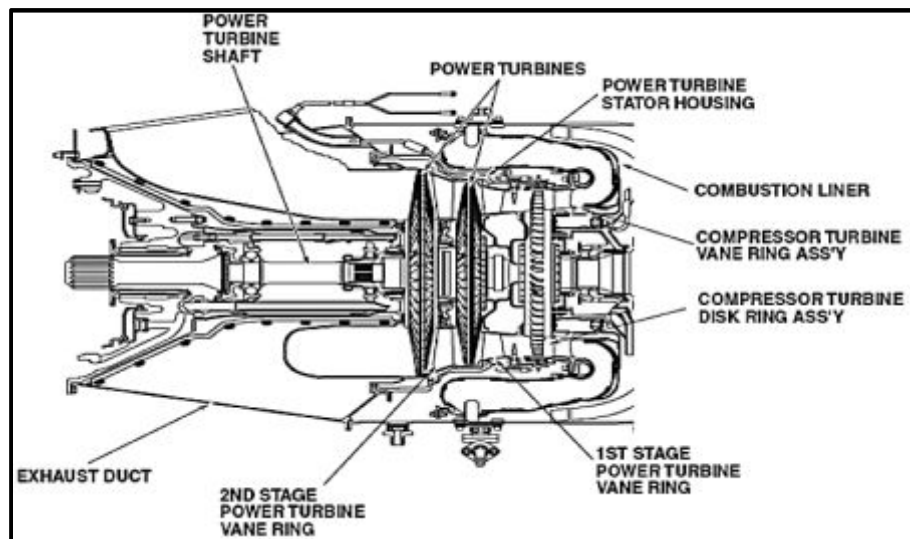


Figura 18. Sección de turbina del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de salida de gases

Esta sección se encuentra después de la sección de la rueda reductora la misma que consta de una salida anular plena, cono resistente al calor y dos orificios de salida a la posición 3 y 9.



Figura 19. Sección de salida de gases del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de reducción

Esta sección se encuentra en la parte frontal del motor. Y consta de dos etapas tipo planetarias, la función de la sección es reducir las altas rpm de la turbina libre al valor requerido para la operación de la hélice.

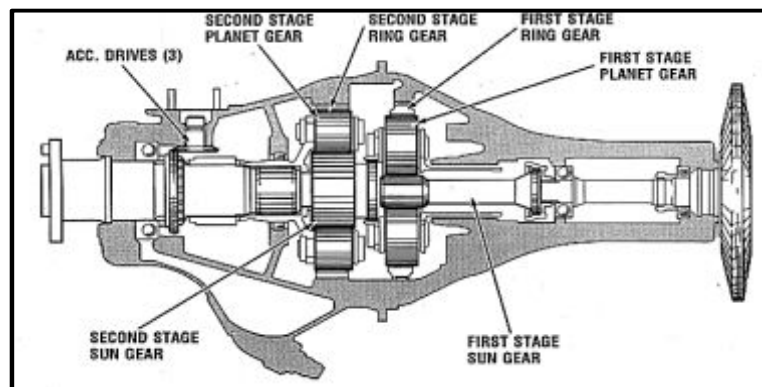


Figura 20. Sección de reducción del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

Sección de accesorios

Esta sección forma la parte posterior del motor, la cual es movilizada por la turbina del compresor a través de un eje que se conecta por medio de engranajes y poleas a los accesorios que se detallan a continuación.

1. Unidad de control de combustible (FCU)
2. Bomba de combustible
3. Intercambiador de calor
4. Líneas de retorno y enfriamiento de aceite
5. Sensor de presión de aceite
6. Sensor de la temperatura de aceite
7. Generador arrancador

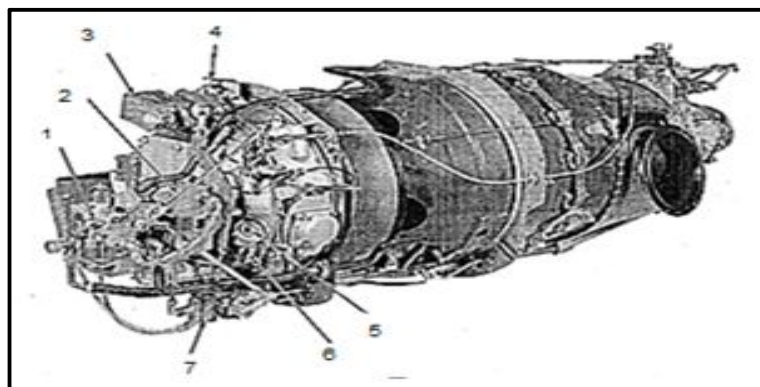


Figura 21. Sección de accesorios del motor PT6A-42
Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-42

2.4 Compresor⁵

Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un

⁵ Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

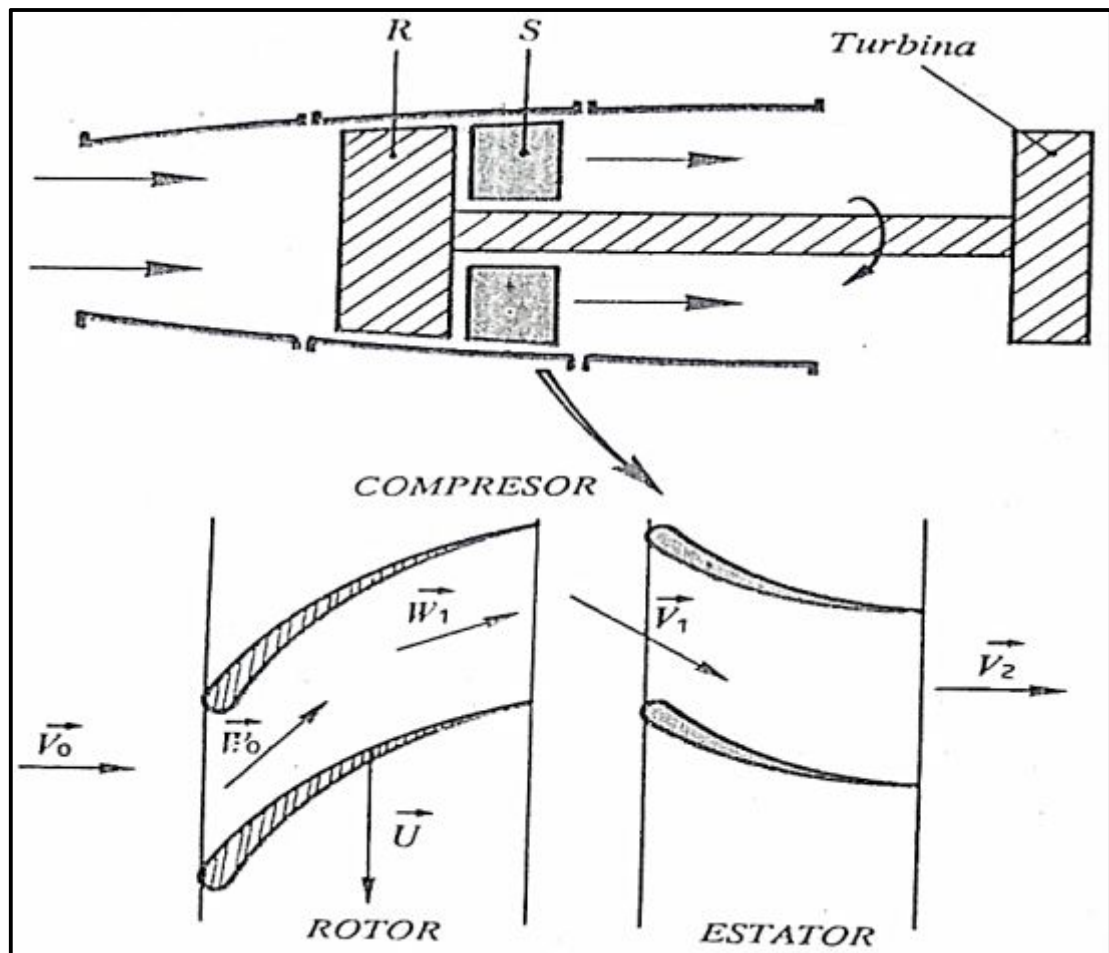


Figura 22. Diagrama de un compresor

Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

El proceso termodinámico (y en particular la obtención de un buen rendimiento de combustión) implica una alimentación de aire a presión. El papel del compresor es de asegurar ésta alimentación.

Un compresor está formado por:

- Un **rotor** (R) (o álabes móviles) que comunica el movimiento a una masa de aire.
- Un **estator** (S) (o álabes fijos) que transforma la velocidad del aire en presión.

2.4.1 Etapa de compresión

En los álabes móviles, la velocidad del flujo aumenta debido al movimiento impartido al aire. La presión se eleva también debido a la geometría de los álabes (divergencia).

En los álabes fijos, la velocidad es transformada en presión por la divergencia de la sección de paso. El flujo del aire se encuentra por otro lado “enderezada”.

2.4.1.1 Diagrama de velocidades

El diagrama de velocidades en una rejilla muestra.

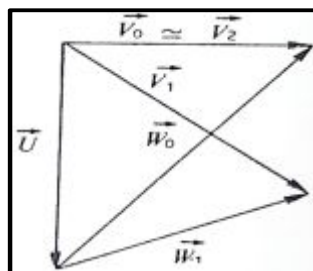


Figura 23. Diagrama de velocidades en una rejilla del compresor
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

La velocidad de rotación del móvil .

La velocidad absoluta (para un observador exterior al sistema)

La velocidad relativa (para un observador solidario del sistema)

2.4.1.2 Características funcionales

Un compresor se caracteriza esencialmente por:

La relación de compresión: relación de la presión de salida del compresor P_2 y de la presión de entrada P_1 , el caudal de aire G que circula a través del compresor: esta expresado en Kg/s, la potencia absorbida que es esencialmente función de la masa de aire G , de la variación de la temperatura ΔT y del calor específico a presión constante C_p ; es decir:

$$W = G \cdot C_p \cdot \Delta T.$$

- **El rendimiento:** Relación de la variación de la energía total a la energía suministrada por el árbol de la turbina; es del orden de 80%.

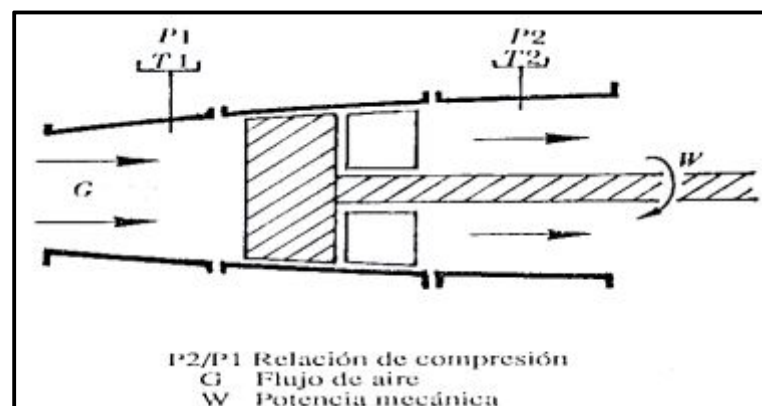


Figura 24. Diagrama de las características funcionales de un compresor
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

2.4.1.3 Representación de las características y adaptación

Se puede representar las características en el diagrama, relación de compresión (P_2/P_1), caudal de aire G' . La línea de trabajo se obtiene por los puntos estabilizados a diferentes velocidades de rotación. Se observará las líneas de isovelocidades sobre las cuales puede desplazarse la línea de trabajo.

La línea de bombeo representa la frontera a partir de la cual el funcionamiento del compresor se vuelve inestable.

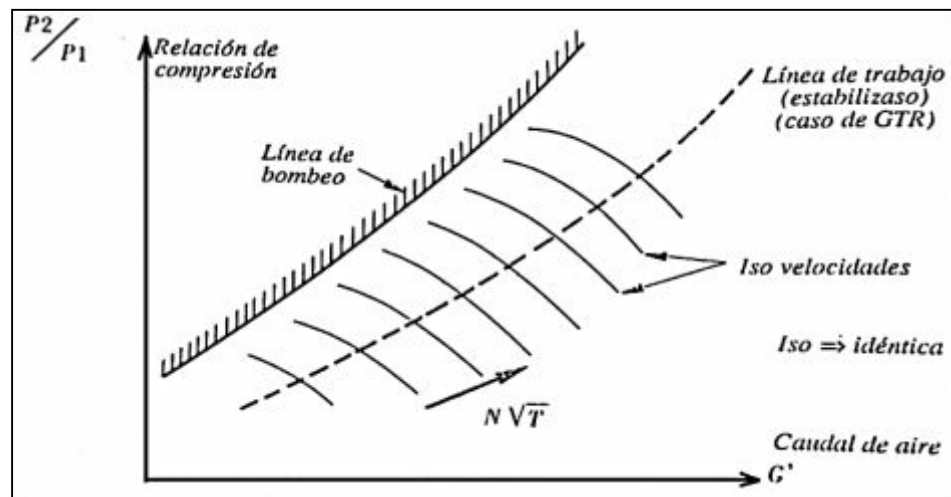


Figura 25. Diagrama de la relación de compresión
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

2.4.2 Tipos de compresores

Hay diferentes tipos de compresores de aire, pero todos realizan el mismo trabajo: toman aire de la atmósfera, lo comprimen para realizar un trabajo y lo regresan para ser reutilizado.

- Centrífugo
- Axial

2.4.2.1 Compresor centrífugo

Está constituido por un rotor o rueda centrífuga y de uno varios estatores o difusores.

En el rotor, el aire penetra axialmente y circula después radialmente. La velocidad y la presión aumentan debido a la aceleración centrífuga y a la

sección divergente entre los álabes. El aire quita el extremo de las palas a gran velocidad.

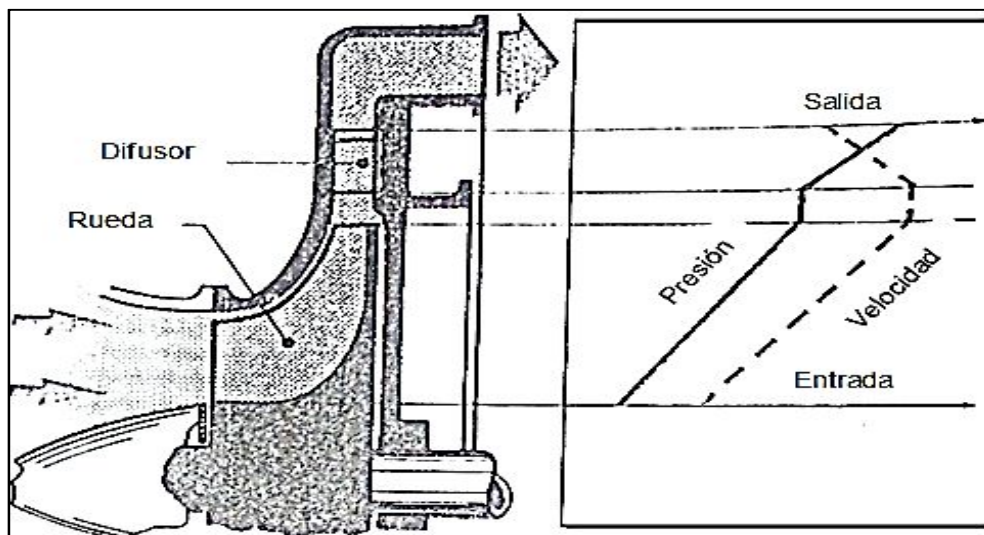


Figura 26. Diagrama de funcionamiento de un compresor centrífugo
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

En el estator, la velocidad es transformada en presión debido a la sección divergente de los álabes, el compresor centrífugo es interesante por varias causas (sencillez, robustez, buen rendimiento), sin embargo, su relación de compresión está limitada a un valor relativamente bajo. Se utiliza sobre todo en turbo máquinas de baja potencia.

2.4.2.2 Compresores axiales

Los compresores axiales están formados por varios discos llamados rotores y estatores que llevan acoplados una serie de álabes.

Entre rotor y rotor se coloca un espaciador, el cual permite que se introduzca un estator entre ambos. Estos espaciadores pueden ser independientes o pertenecer al rotor. Cada disco de rotor y estator forman un escalón de compresor. En el rotor se acelera la corriente fluida para que en

el estator se vuelve a frenar, convirtiendo la energía cinética en presión. Este proceso se repite en cada escalón.

En algunos compresores se colocan en el cárter de entrada unos álabes guía, los cuales no forman parte del compresor, pues solo orientan la corriente para que entre con el ángulo adecuado.

El compresor de tipo axial está adaptado perfectamente a las turbo máquinas de gran potencia. No obstante, es de concepción mecánica relativamente compleja y de gran susceptibilidad al bombeo.

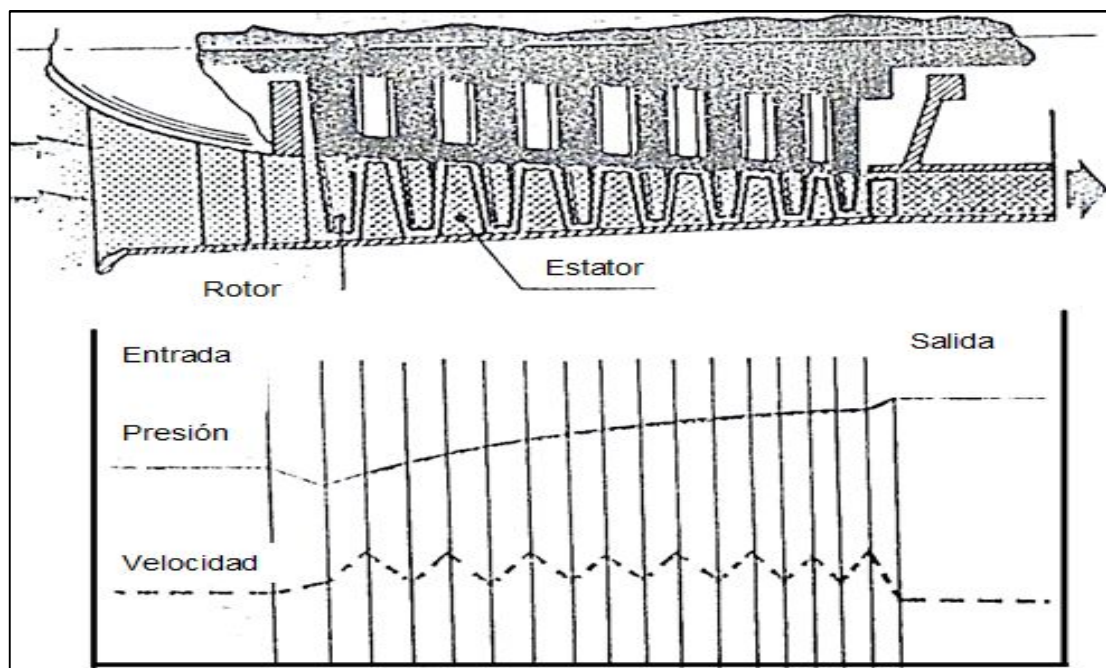


Figura 27. Diagrama de funcionamiento de un compresor axial
Fuente: Generalidades sobre las turbinas de gas TURBOMECA

2.4.3 Lavado del compresor

- **Propósito:** Eliminar los depósitos de sal y suciedad de la trayectoria de los gases en el compresor.

2.4.4 Tipos de lavado

2.4.4.1 Lavado de desalinización (lavado con agua desmineralizada)

Este método de lavado se emplea en el motor para eliminar los depósitos de sal del área del compresor. El agente empleado es agua desmineralizada. Cuando la temperatura se encuentra por debajo de 2°C (36°F), debe añadirse metanol al agua para evitar su congelación. Se recomienda llevar a cabo este procedimiento cuando se opere en atmósferas saturadas de sal.

La mezcla de lavado se inyecta en la entrada de la sección del compresor utilizando un anillo de lavado instalado sobre la pantalla de entrada del compresor.

2.4.4.2 Lavado de recuperación de rendimiento (agente limpiador)

Este método de lavado consiste en inyectar una solución de agua con un agente limpiador en la sección del compresor, a través del anillo de lavado, con el motor en marcha (sólo el motor de arranque).

Se emplean aditivos químicos aprobados para eliminar depósitos adheridos de suciedad que no pueden suprimirse sólo con agua. Cuando la temperatura está por debajo de 2°C (36°F), debe añadirse metanol y queroseno, a la solución limpiadora, para evitar su congelación. Esperar durante un período de 15-20 minutos, para que la solución detergente penetre, y seguir con uno o dos ciclos de enjuague. Este método de lavado debería llevarse a cabo de forma regular y en base a las condiciones medio ambientales de vuelo. La aceptación de estas líneas maestras y de las Instrucciones del Manual de Mantenimiento aumentará la vida útil de las piezas y reducirá los costes de potenciales revisiones generales.

2.5 Sustancias para lavado del compresor

2.5.1 Ardrox

Ardrox es un producto alcalino líquido formulado para limpiar las secciones del compresor y de la turbina de gas de los motores. Contiene una mezcla de detergentes, es libre de solventes y elimina aceites, carbón y depósitos de sal, durante los lavados de motor en caliente y en frío. No es inflamable y biodegradable. Además, contiene un inhibidor que protege a los componentes del motor de la oxidación y la corrosión.

El tiempo de penetración depende del material y de la especificación seguida pudiendo variar de 10 minutos en adelante, nunca por encima de 4 horas.

Tabla 2

Propiedades físicas del Ardrox

Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Ámbar
Olor	Amoniacal suave
PH	7.5 – 8.5
Masa molar	60.09 g/mol
Punto de fusión	0 °C
Soluble en agua	Completamente
Densidad relativa	1.019

Fuente: Hoja de seguridad (Data sheet) Ardrox

2.5.2 Alcohol isopropílico

Es un alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua. Es un isómero del 1-propanol y el ejemplo más sencillo de alcohol secundario, donde el carbono del grupo alcohol está unido a otros dos carbonos, su fórmula molecular es: **C₃H₈O**.

Tabla 3

Propiedades físicas del alcohol isopropílico

Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	786,3 kg/m ³ ; 0.7863 g/cm ³
Masa molar	60.09 g/mol
Punto de fusión	185 K (-88 °C)
Punto de ebullición	355 K (82 °C)
Temperatura crítica	508 K (235 °C)

Fuente: Miravete A. (2000) Materiales Compuestos

2.5.3 Agua desmineralizada

El **agua des ionizada** o desmineralizada es aquella a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre y otros, y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc. mediante un proceso de intercambio iónico. Esto significa que al agua se le han quitado todos los iones excepto el H⁺, o más rigurosamente H₃O⁺ y el OH⁻, pero puede contener pequeñas cantidades de impurezas no iónicas como compuestos orgánicos.

Tabla 4

Propiedades físicas del agua desmineralizada

Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	1g/cm ³
Punto de ebullición	100 °C
Punto de fusión	0 °C
Apariencia	Libre de sólidos en suspensión
Conductancia específica	11 micro-mho/cm Max
Contenido de sílice	3 ppm (mg / l) Max
Total de sólidos	10 ppm (mg / l) Max
PH	5,0 a 7,5 inclusive

Fuente: Miravete A. (2000) Materiales Compuestos

2.5.4 Turco

El turco es un producto alcalino líquido formulado para limpiar las secciones del compresor y de la turbina de gas de los motores. Contiene una mezcla de detergentes, es libre de solventes y elimina aceites, carbón y depósitos de sal, durante los lavados de motor en caliente y en frío.

No es inflamable y biodegradable. Además, contiene un inhibidor que protege a los componentes del motor de la oxidación y la corrosión. La limpieza regular con turco ayuda a mantener la eficiencia del motor y reduce el mantenimiento y costo de combustible. El tiempo de penetración depende del material y de la especificación seguida pudiendo variar de 10 minutos en adelante, nunca por encima de 4 horas. El penetrante se eliminará preferiblemente con agua pulverizada entre 15-35°C durante de 1 a 3 minutos a una presión recomendada de 40 a 50 PSI.

Tabla 5

Propiedades físicas del turco

Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Ámbar
Olor	Amoniaca suave
pH	8.3 – 9.3
Masa molar	60.09 g/mol
Punto de fusión	Indeterminado
Punto de ebullición	>100 °C
Solubilidad	Dispersión en agua como emulsión

Fuente: Hoja de seguridad (Data sheet) Turco

2.6 Medidas de seguridad en el manejo de las sustancias químicas

En la manipulación de sustancias químicas se debe utilizar equipo de protección personal para proteger que dicha sustancia tenga contacto con la piel u otras partes del cuerpo.

- **Ropa de protección.** No debe ofrecer peligro de engancharse o de ser atrapado por las piezas de las máquinas en movimiento.
- **Gafas.** Se han diseñado para proteger nuestros ojos contra la proyección de partículas; líquidos, humos, vapores y gases, e incluso radiaciones.
- **Protectores auditivos.** Se utilizan cuando el nivel de ruido excede los 85 decibeles, (nivel considerado como límite superior para la audición normal), y pueden ser tapones de caucho y orejeras (auriculares).
- **Guantes.** Su objetivo principal es proteger a las manos y los dedos de acuerdo a los riesgos a los cuales estemos expuestos y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.
- **Calzado.** Se utiliza para proteger nuestros pies contra humedad y sustancias calientes; superficies ásperas, caída de objetos y riesgo eléctrico, así como contra pisadas sobre objetos filosos y agudos.



Figura 28. Equipo de protección personal
Fuente: http://elementos_seguridad-01-1.jpg

2.7 Mantenimiento aeronáutico

Es el conjunto de procedimientos que nos permiten alargar la vida de las aeronaves y mantener la aeronavegabilidad tanto técnicamente como en documentos.

2.7.1 Clases de mantenimiento aeronáutico

- **Mantenimiento preventivo**

Conjunto de inspecciones programadas para prevenir daños futuros producto de la operación. Se puede realizar al aire libre, bajo techo y en condiciones especiales.

- **Mantenimiento correctivo**

Es el mantenimiento no programado que se realiza para corregir daños ocasionados por la operación de la aeronave. Se puede realizar en los hangares o en la línea de vuelo dependiendo del grado de complejidad. Se puede dividir en mantenimiento periódico, mantenimiento de los elementos de vida propia y actividades de taller.

- **Mantenimiento restaurativo**

Son las inspecciones mayores programadas que se realizan para que las aeronaves o los equipos vuelvan a su condición original o mejorada, este tipo de mantenimiento se lo realiza en la industria aeronáutica o en los talleres del fabricante. En este mantenimiento se incluyen las alteraciones, reparaciones, reconstrucción, modificación y repotenciación.

2.8 Herramientas utilizadas en la construcción del equipo

2.8.1 Herramienta

Es un objeto construido con el objetivo de facilitar o agilizar trabajos mecánicos que requieran la aplicación de una fuerza sobre algún elemento o componente.

2.8.1.1 Dobladora de láminas

La dobladora es ideal para hacer pliegues a las láminas de acero. La dobladora está construida en sólida placa de acero resistente al trabajo pesado, el cuerpo superior se puede ajustar para diferentes tipos de doblez y calibres de lámina.



Figura 29. Dobladora de láminas

2.8.1.2 Roladora de láminas

La roladora es ideal para realizar rolados de forma rápida y versátil, en diferentes calibres de láminas, la cual consta de rodillos los cuales se ajustan al espesor de la lámina a doblar.



Figura 30. Roladora de láminas

2.8.1.3 Dobladora de tubos

Esta herramienta es utilizada para doblar tubos. La fuerza necesaria y el tiempo de doblado permiten lograr un rendimiento óptimo.



Figura 31. Dobladora de tubos

2.8.1.4 Soldadora eléctrica

Herramienta que mediante el uso de energía eléctrica, sirve para unir dos elementos en forma sólida mediante el uso de un material de aporte (electrodo).



Figura 32. Soldadora eléctrica

2.8.1.5 Amoladora

Consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monten en la misma



Figura 33. Amoladora eléctrica

2.8.1.6 Arco de sierra

Herramienta manual de corte que está compuesta de dos elementos diferenciados. De una parte está el arco o soporte donde se fija mediante tornillos tensores la hoja de sierra y la otra parte es la hoja de sierra que proporciona el corte.

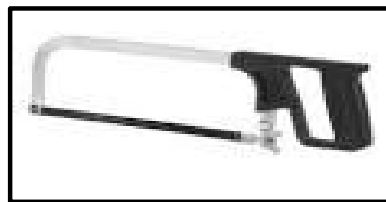


Figura 34. Sierra

2.8.1.7 Lima

La lima es una herramienta manual de corte consistente en una barra de acero al carbono templado con ranuras llamadas dientes, y con una empuñadura llamada mango, que se usa para desbastar y afinar todo tipo de piezas metálicas, de plástico o de madera.



Figura 35. Lima

2.8.1.8 Taladro

El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hace a las piezas mediante la rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes logrando así el avance de penetración de la broca.



Figura 36. Taladro eléctrico

2.8.1.9 Broca

La broca es una herramienta mecánica de corte utilizada en conjunción a un taladro, para la creación de un hoyo o agujero durante la acción de taladrar. En el proceso de taladrado, la broca es dependiente de otra herramienta, instrumento o equipo de trabajo para el cumplimiento de su función primordial; esto puede determinar el tipo de broca a ser utilizada.



Figura 37. Broca

2.8.1.10 Atornillador

El atornillador es utilizado para apretar y aflojar todo tipo de tornillos con ranura en la cabeza apropiada, los más utilizados son: Planos, estrella (Philips)



Figura 38. Atornillador

2.8.1.11 Flexómetro

Es un instrumento de medición similar a una cinta métrica, con la particularidad de que está construido en chapa metálica flexible debido su escaso espesor, dividida en unidades de medición.



Figura 39. Flexómetro

2.8.1.12 Pie de rey o calibrador

El calibrador o pie de rey insustituible para medir con precisión elementos pequeños (tornillos, orificios, pequeños objetos, etc.). La precisión de esta herramienta llega a la décima, a la media décima de milímetro.



Figura 40. Pie de rey

2.9 Materiales utilizados en la construcción del equipo

2.9.1 Acero⁶

El acero es en la actualidad la más importante de las aleaciones metálicas conocidas, no habiendo existido en ninguna época otro material

⁶ Mecánica de Materiales R.C. Hibbeler

que tanto haya contribuido al progreso de la humanidad. Se puede decir de una manera general que bajo la denominación de “acero” se agrupan todas las aleaciones de hierro forjables.

Una de las propiedades más importantes de los aceros es su gran plasticidad y maleabilidad a elevada temperatura, que permite transformar su forma o dimensiones por laminado o martillado en caliente con gran facilidad.

2.9.1.1 Ventajas del acero como material estructural

- **Alta resistencia:** La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será poco el peso de las estructuras, esto es de gran importancia en puentes de grandes claros.
- **Uniformidad:** Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.
- **Durabilidad:** Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.
- **Ductilidad:** La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras.
- **Tenacidad:** Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.

2.9.1.2 Tipos de aceros

- El acero al carbono que se empleará cuando trabajemos a temperaturas superiores de -28°C .

- El acero inoxidable cuando trabajemos a temperaturas entre -28°C y 45°C .
- El acero con una aleación de 3,5% de níquel que se empleará a temperaturas inferiores a -45°C .

Aceros al carbono

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Están formados principalmente por hierro y carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% 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.

Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes al herrumbre y oxidación 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. Se emplea para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de aviones o para cápsulas espaciales.

En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de acero con un mínimo del 10 % al 12 % de cromo contenido en masa. Otros metales que puede contener por ejemplo son el molibdeno y el níquel.

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que

no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Acero cromo – vanadio

Al utilizar una aleación de acero con cromo y vanadio hace que el material tenga una microestructura de grano fino, por tanto, un punto de deformación más alto

2.9.2 Acero inoxidable 304

Es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado, rolado y el soldado.

Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870°C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de

calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

Tabla 6

Propiedades del acero inoxidable 304

	Resistencia a la fluencia	310 MPa (45 KSI)
	Resistencia máxima	620 MPa (90 KSI)
Mecánicas	Elongación	30 % (en 50mm)
	Reducción de área	40%
	Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 KSI), 29x10 ⁶ PSI
	Físicas	Densidad
	Carbono	0.08%
	Manganeso	2.00%
	Silicio	1.00%
Químicas	Cromo	18-20%
	Níquel	8-10.5%
	Fósforo	0.045%
	Azufre	0.03%

Fuente: Miravete A. (2000) Materiales Compuestos

El acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico, para el recocido se debe elevar su temperatura entre 1010 y 1120°C y enfriar rápidamente.

2.9.3 Tanque de acero inoxidable⁷

Se considera como un tanque a presión cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea a presión interna o de vacío independientemente de su forma o dimensiones dentro de su clasificación tenemos tanques abiertos, cerrados, cilíndricos y esféricos

⁷ Resistencia de Materiales Robert L. Mott Quinta Edición / Recipientes a presión



Figura 41. Tanque cilíndrico

2.9.3.1 Distinción entre tanques a presión de pared delgada y gruesa

En general, la magnitud del esfuerzo en la pared de un recipiente a presión varía en función de la posición en la pared. Un análisis preciso permite calcular el esfuerzo en cualquier punto.

Sin embargo, cuando el espesor de la pared del recipiente a presión es pequeño, la suposición de que el esfuerzo es uniforme en toda la pared produce un error insignificante. Además esta suposición permite desarrollar fórmulas de esfuerzo relativamente simples.

En primer lugar tiene que entender la geometría básica de un recipiente a presión y de definir algunos términos. La siguiente figura muestra la definición de diámetros, radios y espesor de pared de cilindros y esferas.

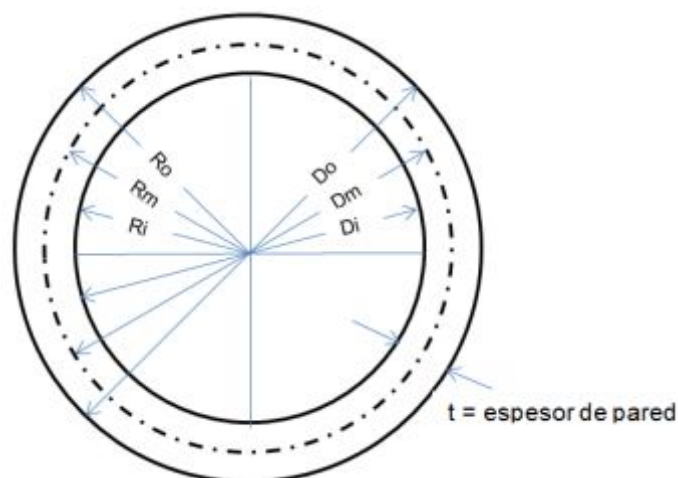


Figura 42. Definición de diámetros, radios y espesor de pared

Otras fórmulas útiles son:

$$\begin{aligned} R_i &= R_o - t & D_i &= D_o - 2t \\ R_m &= R_o - t/2 & D_m &= D_o - t \\ R_o &= R_i + t/2 & D_o &= D_i + t \end{aligned} \quad (2.1)$$

El radio medio, R_m , se define como el promedio del radio externo al radio interno.

Es decir,

$$R_m = \frac{R_o + R_i}{2} \quad (2.2)$$

También podemos definir el diámetro medio como

$$D_m = \frac{D_o + D_i}{2} \quad (2.3)$$

El criterio para determinar si un recipiente a presión es de pared delgada es el siguiente:

Si la relación del Radio medio del recipiente a su espesor de pared es de 10 o mayor, el esfuerzo es casi uniforme y se puede suponer que todo el material de la pared resiste por igual las fuerzas aplicadas. Los recipientes a presión como estos se llaman recipientes de pared delgada.

Por lo tanto, un tanque a presión se considera delgado si:

$$\frac{R_m}{t} \geq 10 \quad (2.4)$$

Donde t es el espesor de pared del tanque.

Como el diámetro es dos veces el radio, el criterio para que un tanque se considere de pared delgada también se escribe como:

$$\frac{D_m}{t} \geq 20 \quad (2.5)$$

Obviamente, si el tanque no satisface los criterios expresados en las ecuaciones anteriores se considera de pared gruesa.

2.9.3.2 Esfuerzo longitudinal

La siguiente figura muestra una parte de un cilindro, sometida a una presión interna, cortada perpendicular a su eje para crear un diagrama de cuerpo libre.

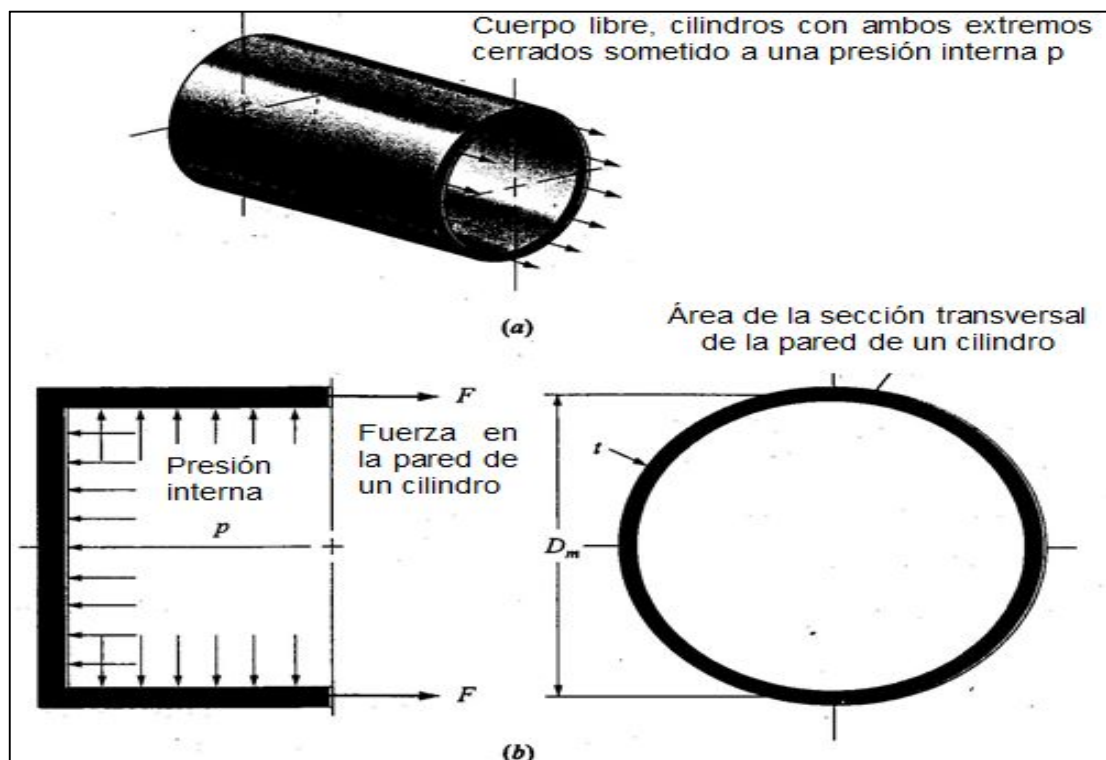


Figura 43. Esfuerzo longitudinal
Fuente: Bueche, F. (2000). Física General

Suponiendo que el extremo del cilindro está cerrado, la presión que actúa en el área circular (A_w) del extremo produciría una fuerza resultante (F_R) de:

$$F_R = pA = p \frac{(\pi Dm^2)}{4} \quad (2.6)$$

Esta fuerza debe ser resistida por la fuerza presente en las paredes del cilindro, la que a su vez crea un esfuerzo de tensión en las paredes. El esfuerzo es (σ):

$$\sigma = \frac{F_R}{A_w} \quad (2.7)$$

Suponiendo que las paredes son delgadas.

$$A_w = \pi Dmt \quad (2.8)$$

Donde t es el espesor de la pared

Ahora combinando las ecuaciones

$$\sigma = \frac{F_R}{A_w} = \frac{p(\pi Dm^2/4)}{\pi Dmt} = \frac{pDm}{4t} \quad (2.9)$$

2.9.3.3 Esfuerzo anular

La presencia del esfuerzo anular o tangencial se visualiza aislando un anillo del cilindro, como se muestra en la siguiente figura. La presión interna empuja hacia fuera uniformemente alrededor del anillo. Este desarrolla un esfuerzo de tensión tangencial a su circunferencia para resistir la tendencia de la presión de reventarlo.

La magnitud del esfuerzo se determina utilizando la mitad del anillo como cuerpo libre, como se muestra en la siguiente figura que demuestra la acción del esfuerzo anular

La resultante de las fuerzas creadas por la presión interna se determina en la dirección horizontal y las fuerzas que actúan en las paredes del anillo la equilibran, se ve que la fuerza resultante es el producto de la presión por el área proyectada del anillo.

Para un anillo de diámetro medio D_m y longitud L .

$$FR = pAp = p (D_m L) \quad (2.10)$$

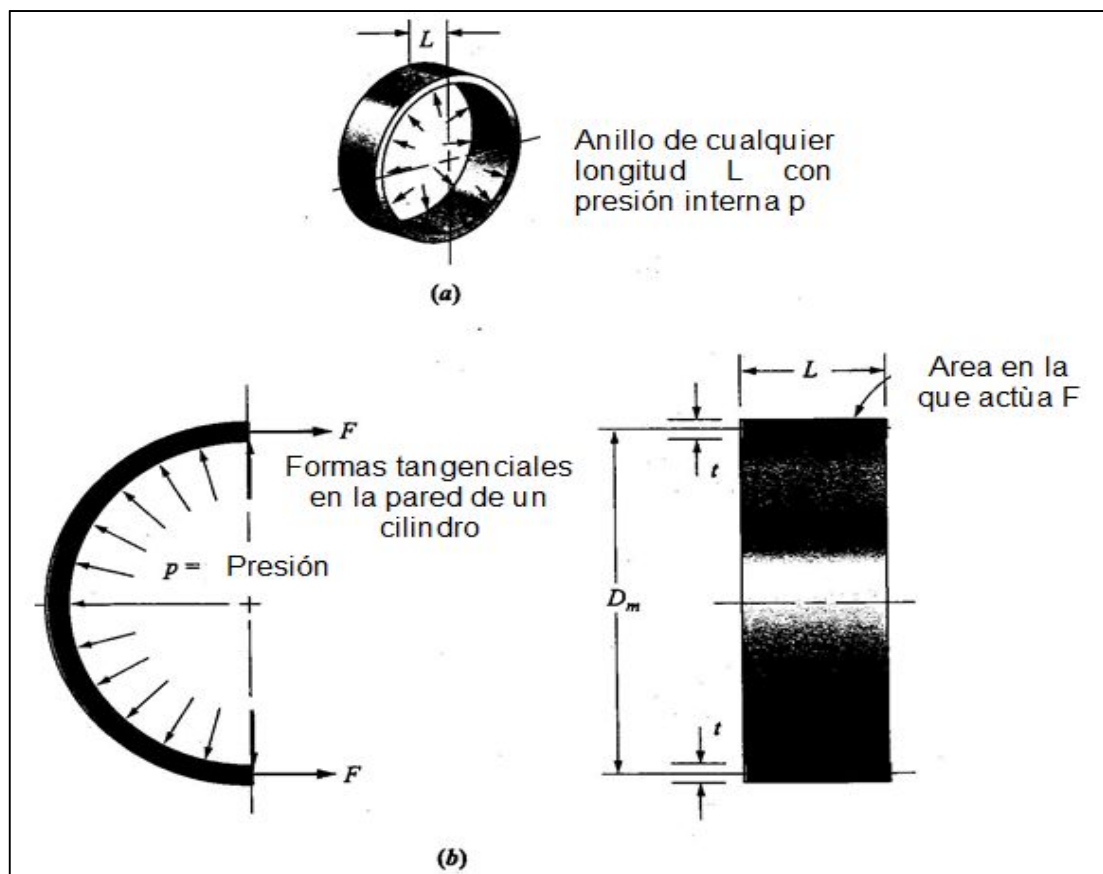


Figura 44. Esfuerzo anular
Fuente: Bueche, F. (2000). Física General

El esfuerzo de tensión en la pared del cilindro es igual a la fuerza resistente dividida entre el área de la sección transversal de la pared. De nuevo suponiendo que la pared es delgada, su área es:

$$A_w = 2tL \quad (2.11)$$

Entonces el esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{FR}{A_w} = \frac{FR}{2tL} \quad (2.12)$$

Combinando las ecuaciones se obtiene:

$$\sigma = \frac{FR}{A_w} = \frac{pDmL}{2tL} = \frac{pDm}{2t} \quad (2.13)$$

Esta es la ecuación del esfuerzo anular en un cilindro delgado sometido a presión interna. Observe que la magnitud del esfuerzo anular es dos veces la del esfuerzo longitudinal. Asimismo, el esfuerzo anular es dos veces el esfuerzo presente en un recipiente esférico del mismo diámetro sometido a la misma presión.

2.9.3.4 Esfuerzo de diseño

Para tanques que van a tener la presión estable interna, el esfuerzo de diseño (σ_d) se basa en la resistencia a la cedencia del material del cual va a ser construido.

$$\sigma_d = s_y / N \quad (2.14)$$

La selección del factor de diseño, N, con frecuencia se hace de conformidad con un reglamento debido al peligro creado cuando falla un recipiente a presión. Esto es particularmente cierto en el caso de recipientes

que contienen gases o vapor a presión porque las fallas dan lugar a la expulsión violenta del gas en el momento en que se libera un alto nivel de la energía almacenada. Sin un reglamento, utilizaremos $N=4$ como valor mínimo y valores mayores en aplicaciones críticas o cuando exista incertidumbre en las condiciones de operación a las propiedades del material

Otra recomendación sugerida es limitar la presión en un recipiente a no más de $1/6$ de la presión de ruptura pronosticada:

$$\sigma_d = s_u/N = s_u/6 \quad (2.15)$$

Con presión cíclica, base el esfuerzo de diseño en la resistencia máxima

$$\sigma_d = s_u/N \quad (2.16)$$

Se usa $N=6$ como mínimo para producir un esfuerzo de diseño relacionado con la resistencia a la fatiga del material.

2.9.4 Acople de 2 pulgadas para la entrada de la solución



Figura 45. Brida para entrada de la solución de 2 pulgadas

2.9.5 Acoples para entrada de aire

Para realizar las conexiones de trabajo necesarias se utiliza acoples de acero inoxidable de $3/8$ " y $1/2$ " los mismos que se unirán mediante soldadura hacia los orificios de los tanques.



Figura 46. Acoples de 3/8 y 1/2 pulgada

2.9.6 Tapas para la entrada principal del tanque

Las tapas son de forma plana ya que brindan mejor acoplamiento y cierre además cuentan con clavijas de seguridad para evitar que se abran de cuando los tanques se encuentren presurizados.



Figura 47. Tapas con vinchas de seguridad

2.9.7 Manómetro

Instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados, dentro de su pantalla tiene rotulado las medidas en escalas.

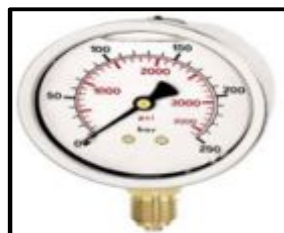


Figura 48. Manómetro

2.9.8 Regulador de presión

Es un aparato de control de flujo diseñado para mantener una presión constante. Este debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabaja.

2.9.8.1 Elementos que componen un regulador

En esencia un regulador está compuesto por tres elementos:

- Elemento restrictor: orificio de la válvula y tapón.
- Elemento de medida o sensor: diafragma y conductos o tubing.
- Elemento de Carga: Resorte, gas regulado suministrado por un piloto.

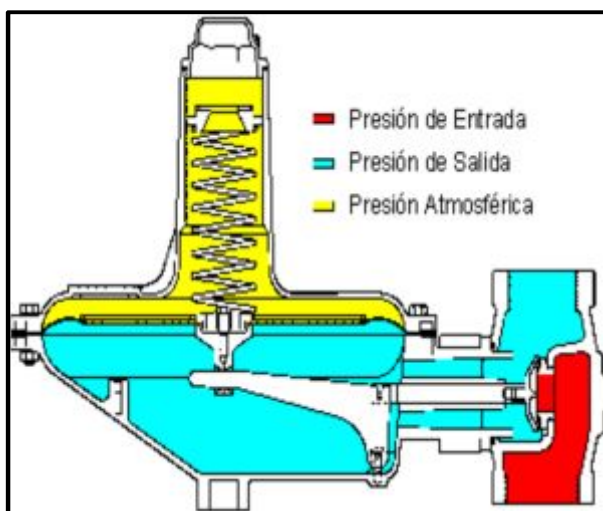


Figura 49. Regulador de presión

2.9.9 Válvula de alivio de presión

Están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido (presión de tarado). Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.



Figura 50. Válvula de alivio de presión

2.9.10 Válvulas de bola.

Es un tipo de válvula muy versátil en el manejo de fluidos, su cierre rápido de 1/4" de vuelta ordinariamente con una palanca permite que su operación sea muy sencilla para quien la opera además de que su diseño es más pequeño que las válvulas de compuerta. Las válvulas de bola deben de ser utilizadas para dejar o no pasar un fluido (ON-OFF).



Figura 51. Válvula de bola

2.9.11 Manguera

Una manguera es un conducto flexible diseñado para transportar sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Posee la capacidad de resistir multiplicidad de fluidos corrosivos, absorber vibraciones.



Figura 52. Manguera

2.9.12 Cañerías de cobre

Una cañería tubo es un producto hueco, cuya sección es normalmente redonda, que tiene una periferia continua y que es utilizado en gasfitería, fontanería y sistemas mecánicos para el transporte de líquidos o gases.

El cobre - cuyo símbolo químico se representa como (Cu) – es un metal que cuenta con un color característico (el rojo salmón) y que tiene ciertas propiedades importantes como su ductilidad y maleabilidad y su buena conductividad del calor y la electricidad. Dicho metal, además, no puede ser atacado por los gases ni tampoco sufre alteraciones cuando está en contacto en el aire seco. En los momentos de humedad, el cobre tiene la facilidad de recubrirse o protegerse con una capa de óxido, que logra impedir ataques posteriores de dicha humedad.



Figura 53. Cañerías de cobre

2.10 Materiales utilizados para la construcción del soporte del equipo

2.10.1 Tubos estructurales de hierro

Se utilizan en todo tipo de elementos estructurales como columnas, vigas, cerchas, etc., y en general en cualquier otra aplicación en la que sea necesaria la resistencia y fiabilidad que ofrecen las secciones tubulares.

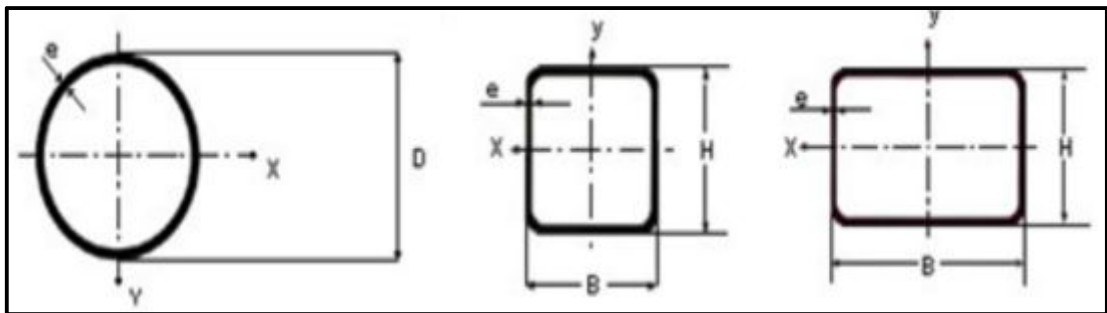


Figura 54. Formas de los tubos estructurales

Fuente: <http://www.aceroestructural/termico>

2.10.1.1 Ventajas de los tubos estructurales

- Por su forma cerrada y bajo peso presentan un mejor comportamiento a esfuerzos de torsión y resistencia al pandeo.
- Facilidad de montaje, permitiendo la realización de uniones simples por soldadura.
- Superficies exteriores reducidas, sin ángulos vivos ni rebabas, permitiendo un fácil mantenimiento y protección contra corrosión.

2.10.2 Garrucha

La garrucha es una pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje, puede ser considerada una máquina simple, y forma parte del conjunto denominado elementos de máquinas.



Figura 55. Garrucha

2.11 Materiales utilizados para el pintado del equipo y el soporte

2.11.1 Compresor de aire

Compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.



Figura 56. Compresor de aire

2.11.2 Pistola para pintar

Es una herramienta muy útil para pintar, la cual para su funcionamiento requiere de aire a presión para poder pulverizar la pintura sobre el objeto a ser pintado.



Figura 57. Pistola para pintar

2.11.3 Las Pinturas sintéticas

Las pinturas sintéticas son el resultado en la química de los polímeros, y tienen características muy sobresalientes en muchos usos y aplicaciones por su gran versatilidad, como son: Alto brillo, alta resistencia a los rayos UV, excelente resistencia química, alta resistencia a la abrasión, resistencia a los cambios bruscos de temperatura, flexibles, elásticos.



Figura 58. Pintura sintética

2.11.4 Diluyente

Diluyente (thinner en inglés), 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.

Tabla 7

Propiedades Físicas del Diluyente (thinner en inglés)

Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Punto de fusión	<34°C
Punto de ebullición	56 – 136 °C
Solubilidad	Insoluble al agua
Viscosidad	n/d

Fuente: Miravete A. (2000) Materiales Compuestos

2.11.5 Lijas

Es un tipo de papel cuya superficie está recubierta por algún tipo de material abrasivo como polvo de vidrio o esmeril y son utilizadas para desbastar y pulir un objeto.

Tabla 8

Clasificación de las hojas de lija

GRANO	TIPO DE LIJA
De 40 a 50	Muy gruesa
De 60 a 80	Gruesa
De 100 a 120	Media
De 150 a 180	Fina
De 240 a 400	Muy fina

Fuente: <http://www.bricotodo.com/lijar.htm>

2.12 Soldadura

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura.

Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés soldering) y la soldadura fuerte (en inglés brazing), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo, 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 energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

2.12.1 Soldadura por arco

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles.

La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación por medio de la producción del gas CO₂ durante el proceso de la soldadura.

2.12.1.1 Proceso de soldadura

Uno de los tipos más comunes de soldadura de arco es la soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, Shielded Metal ArcWelding), que también es conocida como soldadura manual de arco metálico (MMA) o soldadura de electrodo. La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación por medio de la producción del gas CO₂ durante el proceso de la soldadura. El núcleo en sí mismo del electrodo actúa como material de relleno, haciendo innecesario un material de relleno adicional.

El proceso es versátil y puede realizarse con un equipo relativamente barato, haciéndolo adecuado para trabajos de taller y trabajo de campo. Un operador puede hacerse razonablemente competente con una modesta cantidad de entrenamiento y puede alcanzar la maestría con experiencia. Los tiempos de soldadura son algo lentos, puesto que los electrodos consumibles deben ser sustituidos con frecuencia y porque el residuo del fundente, debe ser retirada después de soldar.

2.12.1.2 Zona afectada térmicamente

Los efectos de soldar pueden ser perjudiciales en el material rodeando la soldadura. Dependiendo de los materiales usados y la entrada de calor del proceso de soldadura usado, la zona afectada térmicamente (ZAT) puede variar en tamaño y fortaleza.

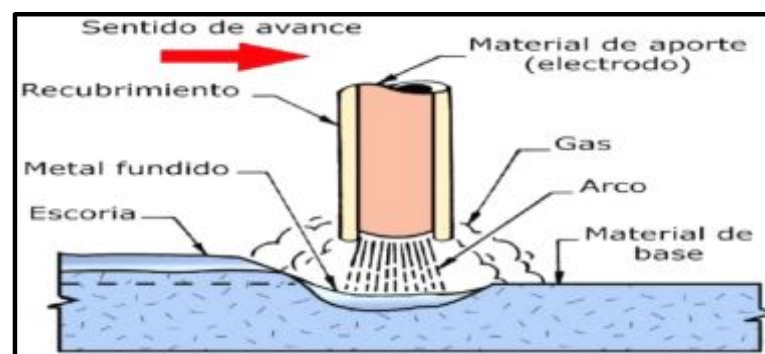


Figura 59. Zona afectada térmicamente
Fuente: <http://wikipwdia/acero/soldadura1603>

La difusividad térmica del material base es muy importante, si la difusividad es alta, la velocidad de enfriamiento del material es alta y la ZAT es relativamente pequeña. Inversamente, una difusividad baja conduce a un enfriamiento más lento y a una ZAT más grande. La cantidad de calor inyectada por el proceso de soldadura también desempeña un papel importante, pues los procesos como la soldadura oxiacetilénica tienen una entrada de calor no concentrado y aumentan el tamaño de la zona afectada, los procesos como la soldadura por rayo láser tienen una cantidad altamente

concentrada y limitada de calor, resultando una ZAT pequeña. La soldadura de arco cae entre estos dos extremos, con los procesos individuales variando algo en entrada de calor. Para calcular el calor para los procedimientos de soldadura de arco, puede ser usada la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V \times I \times 60}{S \times 1000} \times \text{Rendimiento} \quad (2.20)$$

En donde:

Q = entrada de calor (kJ/mm),

V = voltaje (V),

I = corriente (A), y

S = velocidad de la soldadura (mm/min)

El rendimiento depende del proceso de soldadura usado, con la soldadura de arco de metal revestido teniendo un valor de 0,75; la soldadura por arco metálico con gas y la soldadura de arco sumergido 0,9; y la soldadura de arco de gas tungsteno 0,8.

2.12.1.3 Seguridad en soldadura

A menudo, los soldadores también se exponen a gases peligrosos y a partículas finas suspendidas en el aire. Los procesos como la soldadura por arco de núcleo fundente y la soldadura por arco metálico blindado producen humo que contiene partículas de varios tipos de óxidos, que en algunos casos pueden producir cuadros médicos como el llamado fiebre del vapor metálico. El tamaño de las partículas en cuestión influye en la toxicidad de los vapores, pues las partículas más pequeñas presentan un peligro mayor.

Además, muchos procesos producen vapores y varios gases, comúnmente dióxido de carbono, ozono y metales pesados, que pueden ser peligrosos sin la ventilación y la protección apropiados. Para este tipo de

trabajos, se suele llevar mascarilla para partículas de clasificación FFP3, o bien mascarilla para soldadura.

Debido al uso de gases comprimidos y llamas, en muchos procesos de soldadura se plantea un riesgo de explosión y fuego. Algunas precauciones comunes incluyen la limitación de la cantidad de oxígeno en el aire y mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.

Algunos peligros son comunes tanto a la soldadura por arco eléctrico como a la realizada con gas y oxígeno. Si trabaja en labores de soldadura, o cerca de ellas, observe las siguientes precauciones generales de seguridad:

- Suelde solamente en las áreas designadas.
- Sepa qué sustancia es la que está soldando y si ésta tiene o no revestimiento.
- Lleve puesta ropa de protección para cubrir todas las partes expuestas del cuerpo que podrían recibir chispas.
- La ropa de protección debe estar seca y no tener agujeros, grasa, aceite ni ninguna otra sustancia inflamable.
- Lleve puestos guantes, un delantal de cuero, y zapatos altos para protegerse bien de las chispas.
- Lleve puesto un casco hermético específicamente diseñado para soldadura, dotado de placas de filtración para protegerse de los rayos infrarrojos, ultravioleta y de la radiación visible.
- Nunca dirija la mirada a los destellos producidos.
- Mantenga la cabeza alejada de la estela, manteniéndose detrás y a un lado del material que esté soldando.
- Haga uso del casco y sitúe la cabeza correctamente para minimizar la inhalación de humos en su zona de respiración.
- Asegúrese de que exista una buena ventilación.
- No suelde en un espacio reducido sin ventilación adecuada.



Figura 60. Equipo de protección para soldador
Fuente: <http://www.seguridadsoldadura/elementos/protección>

2.12.2 Electrodo

El electrodo es una varilla metálica revestida especialmente preparada para servir como material de aporte en los procesos de soldadura por arco eléctrico.

2.12.2.1 Designación de los electrodos

La tabla describe la designación de electrodos E6011 y E6013, características que son muy importantes para realizar un correcto proceso de soldadura.

<i>E - XXXX</i>				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Lo identifica como electrodo	(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.		(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo	(5) Indica la usabilidad del electrodo. Ej. : tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos

Figura 61. Especificación de los electrodos
Fuente: Mecánica de Materiales R.C. Hibbeler

Ejemplo:

E 6011

E= Electrodo revestido.

60 = 60 x 1000PSI = 60000PSI de resistencia de la tracción.

1 = Para soldar en cualquier posición (plana, horizontal, vertical, y sobre cabeza)

1= Funciona con corriente AC y DC en polaridad inversa.

Electrodo E6011**Descripción:**

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Procedimiento:

Quite la suciedad y grasa así como material fatigado. Use un arco corto y deposite cordones rectos sin oscilar, quite la escoria entre pases y continúe soldando.

Tabla 9

Clasificación de los electrodos

Clasif.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente y escoria
E6010	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso-Sodio (0-10% de polvo de hierro)
E6011	AC DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso-Potasio (0% de polvo de hierro)
E6012	AC DCEN	Mediano	Mediana	Titanio-Sodio (0-10% de polvo de hierro)
E6013	AC DCEN DCEP	Suave	Ligera	Titanio-Potasio (0-10% de polvo de hierro)
E6014	AC DCEN DCEP	Suave	Ligera	Titanio-Polvo de hierro (25-40% de polvo de hierro)
E6015	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrógeno-Sodio (0% de polvo de hierro)
E6016	AC DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrógeno-Potasio (0% de polvo de hierro)
E6018	AC DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrógeno-Polvo de hierro (25-40% de polvo de hierro)
E6020	AC DCEN	Mediano	Mediana	Óxido de Hierro-Sodio (0% de Polvo de Hierro)
E6022	AC DCEN DCEP	Mediano	Mediana	Óxido de Hierro-Sodio (0% de Polvo de Hierro)
E6024	AC DCEN DCEP	Suave	Ligera	Titanio-Polvo de hierro (50% de polvo de hierro)
E6027	AC DCEN DCEP	Mediano	Mediana	Óxido de Hierro-Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
E6028	AC DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrógeno-Polvo de hierro (50% de polvo de hierro)
E6048	AC DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrógeno-Polvo de hierro (25-40% de polvo de hierro)
AC Corriente Alternada DCEP Corriente directa Electrodo Positivo DCEN Corriente directa Electrodo Negativo				

Fuente: Mecánica de Materiales R.C. Hibbeler

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

La construcción del equipo de lavado a presión del compresor para el motor PT6A-42 del avión Beechcraft responde a una necesidad observada en la sección de mantenimiento del GAE-45 "Pichincha", durante el proceso de investigación.

Actualmente la sección de mantenimiento no dispone de un equipo para el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft; razón por la cual es fundamental implementar este proyecto para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor y mejorar las condiciones de utilización de equipos aeronáuticos los cuales contribuyen un apoyo al momento de realizar las tareas de mantenimiento impartidas por el personal de técnicos del GAE-45 "Pichincha".

De ésta manera al construir el equipo de lavado a presión del compresor para el motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha", permitirá que los técnicos puedan optimizar los procesos de lavado a presión del compresor como indica el manual de mantenimiento en el capítulo 71-00-00.

Así, logrando mantener en buenas condiciones el compresor del motor libre de residuos tales como: sales, óxidos, aceite, carbón los mismos que se producen debido al uso de la aeronave, y con ello contribuimos a evitar daños, ya que el mantenimiento preventivo es fundamental para la operación de las aeronaves.

3.1.1 Estudio de alternativas

Para poder realizar la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 se tomó en cuenta las indicaciones que están escritas en el manual de mantenimiento capítulo 71 las cuales deben seguirse al momento de realizar el mantenimiento del compresor tales como:

El equipo de lavado a presión del compresor debe proveer la solución de lavado y enjuague a una presión de 50 PSI, y debe contar con válvulas de apertura y cierre rápido como también con válvulas de seguridad.

En cuanto al uso de los materiales y componentes para la construcción del equipo estos se utilizaron en base a un análisis dimensional y de resistencia a los esfuerzos que permitió determinar trabajar los materiales de manera eficiente.

3.1.2 Estudio de factibilidad

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes factores:

- Factor técnico
- Factor económico
- Factor operacional

3.1.2.1 Factor técnico

Se refiere al proceso de diseño, construcción, ensamble de los componentes del equipo y luego determinar su operación y comprobación al momento de realizar el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Además con el uso de este equipo se va a optimizar tiempo y recursos ya que el equipo cuenta con dos depósitos individuales los mismos que van a contener las diferentes soluciones de lavado y enjuague además cuenta con un compresor eléctrico de 110 voltios el mismo que va a suministrar la presión requerida para presurizar las soluciones de lavado y enjuague lista para ser usadas ya que los dos depósitos cuentan con entradas de aire individuales controladas mediante válvulas de cierre rápido, como también tienen salidas individuales controladas por válvulas de cierre rápido las cuales facilitan la operación al personal técnico que va a manipular el equipo dándole la facilidad de elegir la solución a ser empleada al momento de realizar el lavado del compresor del motor PT6A-42, también cuenta con un soporte móvil para poder desplazarse al lugar requerido para su operación.

3.1.2.2 Factor económico

Se considera la inversión económica que se debe hacer para la construcción del equipo y la adquisición de los materiales disponibles en el mercado.

3.1.2.3 Factor operacional

Se refiere al trabajo que el equipo va a desempeñar una vez finalizado, el cual debe ser capaz de enviar las soluciones de lavado y enjuague a una presión constante de 50 PSI tal y como indica el manual de mantenimiento del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Debe adjuntar la respectiva señalización de la operación del mismo y así satisfacer las necesidades propuestas por los técnicos que operan en las tareas de mantenimiento dadas al motor PT6A-42 del avión Beechcraft, del GAE-45 "Pichincha".

3.1.3 Facilidad de operación y control

El equipo presta las facilidades de operación y control al personal que se encuentra a cargo de realizar el mantenimiento, ya que cuenta con un panel de control en el cual se encuentra la información para elegir el uso de acuerdo al requerimiento deseado.

3.1.4 Mantenimiento

Para la preservación del equipo es necesario mantener siempre en condiciones limpias, secas y verificar el estado de sus componentes, como también realizar las calibraciones de los manómetros.

3.1.5 Material

Se refiere al material utilizado en la construcción del equipo para el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42, sus condiciones óptimas de operación y seguridad.

3.1.6 Transporte

Es la facilidad con la que se pueda movilizar equipo de un lugar a otro dentro de las instalaciones donde se requiera realizar el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha".

3.2 Aspecto económico

Este es de gran importancia ya que se refiere a la utilización de materiales, máquinas eléctricas, equipos, y herramientas; además se analiza la inversión económica que se va a realizar para la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha".

3.3 Construcción del equipo para el lavado a presión del compresor

3.3.1 Descripción del equipo

El equipo está constituido especialmente por las siguientes partes: dos depósitos principales con orificios de entrada y salida y de una capacidad de 30 litros cada uno, de los cuales se va utilizar los 20 litros para la solución ya sea de lavado o enjuague y los 10 litros es para acumular aire presurizado, motor de 2Hp, 1.5 KW, presostato, válvula anti retorno, acumulador de aire de 24L, regulador de presión, 2 manómetros, 3 válvulas de seguridad (2 tanques de solución de lavado y enjuague, 1 en el acumulador), 2 válvulas de alivio de presión, 4 válvulas de cierre rápido, mangueras, tapas, empaque, cañerías, acoples, racores, abrazadera, estructura para el transporte, soporte, ruedas.

Todos los componentes serán inspeccionados para la construcción del equipo y obtener un rendimiento apto de operación, el cual permitirá que los técnicos realicen el lavado del compresor utilizando la presión adecuada y así optimizar tiempo y recursos en las tareas de mantenimiento dadas a los motores PT6A-42 del avión Beechcraft del GAE-45 "Pichincha".

3.3.2 Orden a seguir para la construcción del equipo

Proceso de construcción del equipo:

1. Construcción de los tanques principales de 30 litros para la solución de lavado y enjuague.
2. Construcción del soporte para los componentes del equipo.
3. Construcción de la placa para el panel de control.
4. Ensamblaje de los componentes del compresor eléctrico.
5. Ensamblaje de los componentes del equipo hacia el soporte
6. Pruebas de funcionamiento.

3.3.3 Codificación de máquinas, y herramientas

Tabla 10

Codificación de máquinas

N°	Máquina	Características	Código
1	Suelda eléctrica	110v - 220v	M1
2	Amoladora	110v	M2
3	Taladro eléctrico manual	110v	M3
4	Dobladora de tubos		M4
5	Dobladora de láminas		M5
6	Cizalla		M6
7	Compresor eléctrico		M7

Tabla 11

Codificación de herramientas

N°	Herramienta	Código
1	Pie de rey	H1
2	Escuadra	H2
3	Flexómetro	H3
4	Llaves mixtas	H4
5	Sierra	H5
6	Destornilladores	H6
7	Martillo	H7
8	Brocas	H8
9	Sierra redonda	H9
10	Disco de corte	H10
11	Disco de desbaste	H11
12	Piqueta	H12
13	Juego de corte de cañerías de cobre	H13
14	Dobladora de tubos de $1/4, 5/16, 3/8$	H14
15	Fresa de acero	H15
16	Pistola de pintar	H16

3.3.4 Diagrama de proceso

Es la representación gráfica de todos los pasos de construcción secuencial y lógica que se realiza dentro de los procesos productivos, permite visualizar el ensamblaje y sub-ensamblaje del proceso de elaboración del trabajo práctico.

3.3.5 Simbología

La siguiente es la simbología de diagramas de procesos que se utiliza para describir el proceso de construcción del equipo.



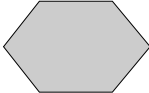
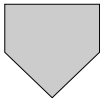
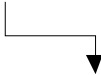
SÍMBOLO	ACTIVIDAD
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN
	ENSAMBLE
	REFERENCIA OTRA PÁGINA
	CONECTOR

Figura 62. Simbología de diagramas de procesos

3.3.6 Diagrama de proceso construcción de los tanques

Materiales:

Lámina de acero inoxidable 304 con un espesor de 2mm, electrodo E-7018.

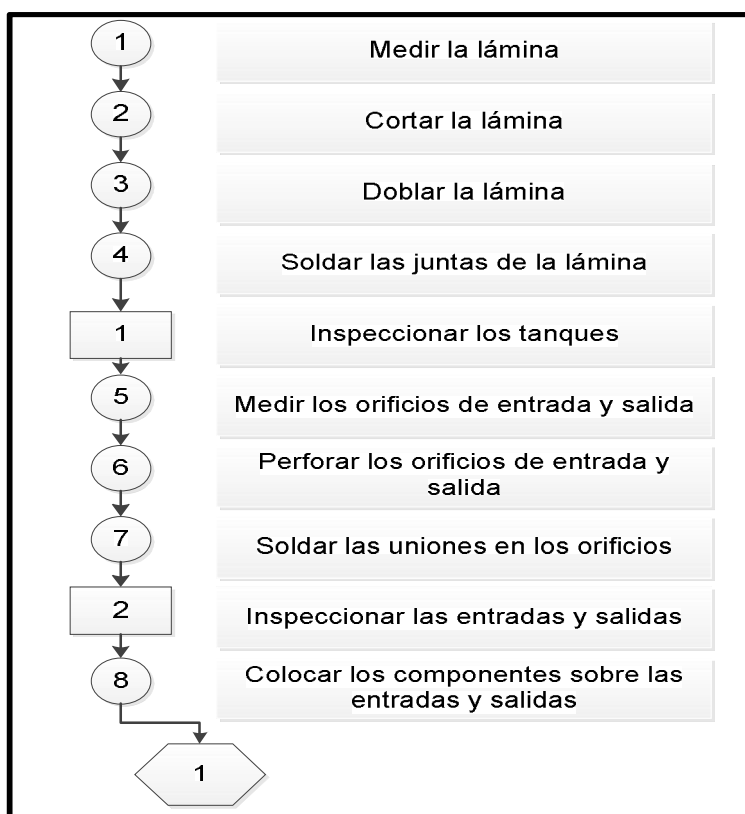


Figura 63. Diagrama de proceso de construcción de los tanques

Tabla 12

Proceso de construcción de los tanques

Ord.	Proceso	Máquina	Herramienta
1	Medir la lámina		H2-H3
2	Cortar la lámina	M6	
3	Doblar la lámina	M4	
4	Soldar las juntas de la lámina	M1	
5	Medir los orificios de entrada y salida		H1
6	Perforar los orificios de entrada y salida	M3	H8-H9
7	Soldar las uniones en los orificios de entrada y salida	M1	
8	Colocar los componentes sobre las entradas y salidas		H4

3.3.7 Diagrama de proceso de construcción del soporte

Materiales:

Tubo de hierro de $1\frac{1}{4}$ pulgada de diámetro, espesor de 1,5mm, 2 ruedas fijas y dos ruedas móviles de 4 pulgadas con una capacidad de carga de 70Kg.

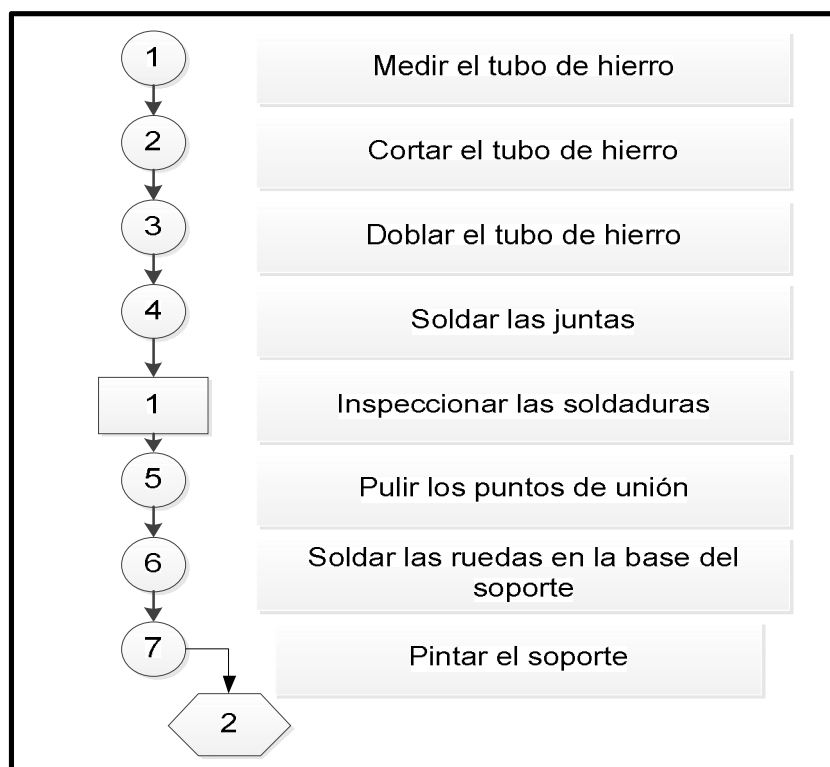


Figura 64. Diagrama de proceso de construcción del soporte

Tabla 13

Proceso de construcción del soporte para el equipo

Ord.	Proceso	Máquina	Herramienta
1	Medir el tubo de hierro		H2
2	Cortar el tubo de hierro		H5
3	Doblar el tubo de hierro	M4	
4	Soldar las uniones del tubo	M1	
5	Pulir los puntos de unión	M2	H11
6	Soldar las ruedas en la base del soporte	M1	
7	Pintar el soporte	M7	H16

3.3.8 Diagrama de proceso de construcción de la placa del panel de control

Materiales:

Lámina de tool de un espesor de 0,1mm.

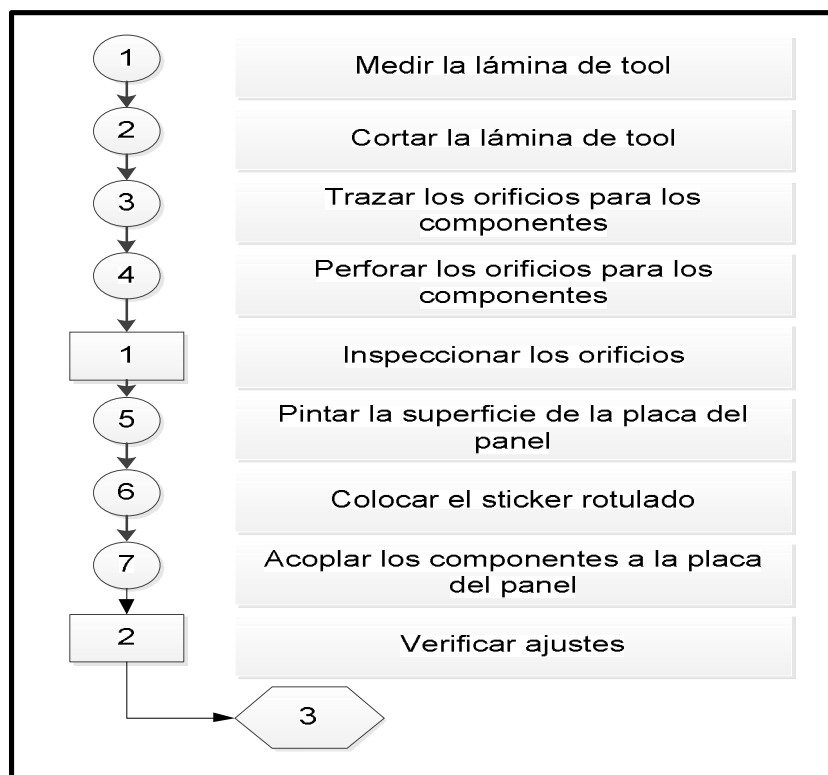


Figura 65. Diagrama de proceso de construcción del panel de control

Tabla 14

Proceso de construcción de la placa del panel de control

Ord.	Proceso	Máquina	Herramienta
1	Medir la lámina de tool		H2-H3
2	Cortar la lámina de tool		H6
3	Trazar los orificios para los componentes	M7	
4	Perforar los orificios para los componentes	M1	
5	Pintar la superficie de la placa del panel	M4	H13-H15
6	Colocar el sticker rotulado	M1	
7	Acoplar los componentes a la placa del panel		H4-H6

3.3.9 Diagrama de proceso de ensamblaje del compresor eléctrico

Componentes:

Acumulador, motor eléctrico, cables, cañerías, filtro, válvula.

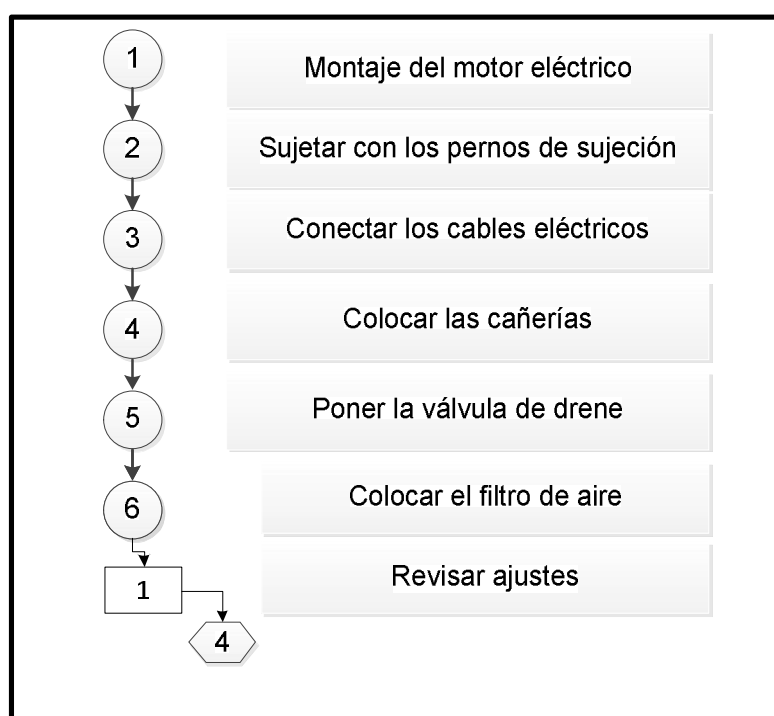


Figura 66. Diagrama de proceso de ensamblaje del compresor eléctrico

Tabla 15

Proceso de ensamblaje del motor eléctrico

Ord.	Proceso	Máquina	Herramienta
1	Montaje del motor eléctrico		
2	Sujetar con los pernos de sujeción		H4
3	Conectar los cables eléctricos		H6
4	Colocar las cañerías		H13-H14
5	Poner la válvula de drene		H4
6	Colocar el filtro de aire		H4

3.3.10 Diagrama de proceso de ensamblaje final del equipo

En el ensamblaje final se acopla el conjunto del compresor en la parte posterior del soporte y luego se ensambla la placa de control con los demás componentes luego se monta los tanques de la solución de lavado y

enjuague y por último se conecta las entradas de aire y salidas de solución respectivamente.

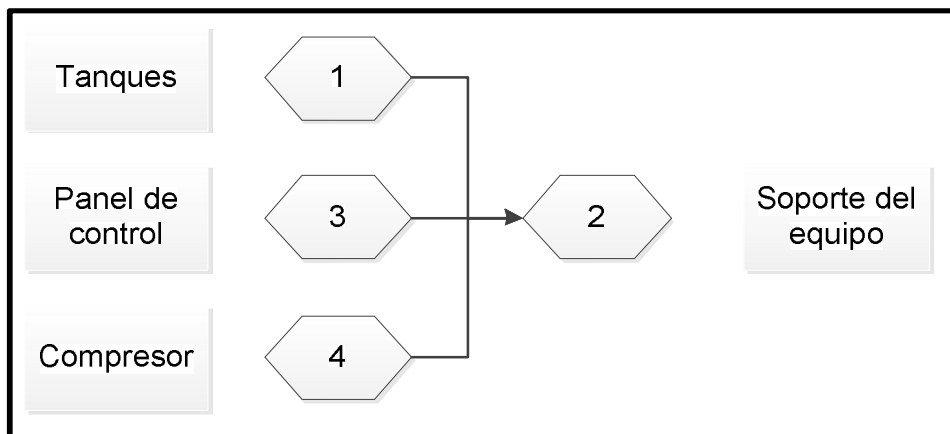


Figura 67. Diagrama de proceso de ensamblaje final del equipo

3.4 Construcción de los tanques del equipo

Materiales:

Lámina de acero inoxidable 304 de 2mm de espesor

Tabla 16

Propiedades mecánicas de la lámina de acero inoxidable 304

Resistencia a la fluencia (s_y)	310 MPa (45000 PSI)
Resistencia máxima (s_u)	620 MPa (90000 PSI)
Elongación	30 %
Reducción de área	40 %
Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 KSI), 29×10^6 PSI

Fuente: Mecánica de Materiales R.C Hibbeler

La lámina de acero inoxidable 304 tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la

corrosión es excelente adecuadas para formar los depósitos de lavado y enjuague del equipo de lavado del compresor del motor PT6A-42.

Electrodos de soldadura

El electrodo de soldadura que se utiliza en la fabricación del tanque es el E-7018, este tipo de electrodo se ajusta a las características de la corriente eléctrica requerida y la posición de la soldadura y es adecuada para soldar uniones de acero inoxidable.

Cálculo de los esfuerzos del tanque:

Esfuerzo longitudinal (σ)

Cálculo del esfuerzo longitudinal del tanque se utiliza la ecuación (2.9).

P = Presión

t = Espesor

Dm = Diámetro medio

$$\sigma = \frac{F_R}{A_w} = \frac{p \left(\pi \frac{D_m^2}{4} \right)}{\pi D_m t} = \frac{p D_m}{4t}$$

$$\sigma = \frac{50 \text{psi} \cdot 29.6 \text{cm}}{4(0.2 \text{cm})} = \mathbf{1850 \text{psi}}$$

Esfuerzo anular (σ)

Cálculo del esfuerzo anular del tanque se utiliza la ecuación (2.13).

P = Presión

Dm = Diámetro medio

t = Espesor

$$\sigma = \frac{FR}{Aw} = \frac{pDmL}{2tL} = \frac{pDm}{2t}$$

$$\sigma = \frac{50\text{psix}29.6\text{cm}}{2(0.2\text{cm})} = \mathbf{3700\text{psi}}$$

Esfuerzo de diseño (σ_d)

Cálculo del esfuerzo de diseño del tanque se utiliza la ecuación (2.14).

N= factor de diseño 1/6

Sy= Resistencia a la fluencia

$$\sigma_d = s_y/N$$

$$\sigma_d = 45000\text{psi}/6 = \mathbf{7500\text{psi}}$$

Cálculo del volumen del tanque:

Se requiere que cada tanque tenga un volumen de 30 litros y su diámetro exterior (Do) tenga 30cm, con estos valores se procede a diseñar el tanque para luego construirlo. El diámetro exterior viene dado de acuerdo al lugar o espacio donde se va a instalar los tanques y para este propósito se requiere que el diámetro exterior (Do) de cada tanque sea de 30cm.

Ro	Radio exterior
Rm	Radio medio
Ri	Radio interior
Do	Diámetro exterior
Dm	Diámetro medio
Di	Diámetro interior
T	Espesor

Se procede a sacar el diámetro interior restándole el espesor (t) de la lámina de acero inoxidable 304 utilizando la ecuación (2.1).

$$D_i = D_o - 2t = 30\text{cm} - 2(0.2\text{cm})$$

$$D_i = 29.6\text{cm}$$

Volumen del tanque:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

De donde:

V Volumen

π Pi (3.1415)

r radio

h altura

Despejando la altura se tiene:

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{30000\text{cm}^3}{\pi \cdot 14.8\text{cm}^2} = 43.6\text{cm}$$

Cálculo del perímetro

$$P = D \cdot \pi$$

$$P = 30\text{cm} \cdot \pi$$

$$P = 94.24\text{cm}$$

3.4.1 Proceso de trazado de las medidas en la lámina de acero

Se procede a trazar la lámina de acero inoxidable 304 utilizando un flexómetro y un rayador para señalar los puntos por donde se debe realizar el corte.

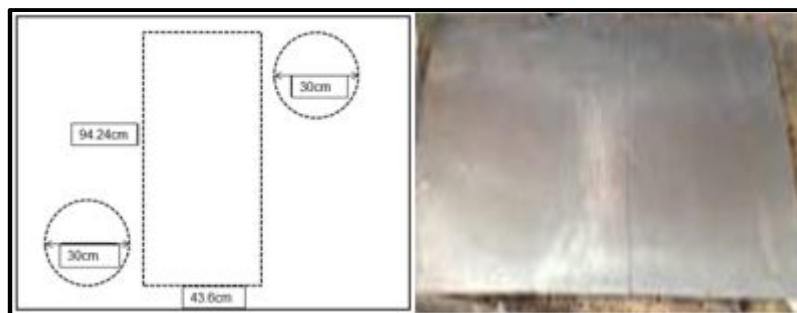


Figura 68. Proceso de trazado de la lámina de acero inoxidable

3.4.2 Proceso de corte de la lámina de acero inoxidable

Se procede a cortar lámina de acero inoxidable por las señales anteriormente marcadas utilizando la cizalla de corte.



Figura 69. Proceso de corte de la lámina de acero inoxidable

3.4.3 Proceso de rolado de la lámina de acero inoxidable

Se coloca la lámina de acero inoxidable en la máquina roladora para realizar el dobléz de 360 grados hasta obtener el cuerpo cilíndrico del tanque.



Figura 70. Proceso de rolado de la lámina de acero inoxidable

3.4.4 Proceso de suelda de las juntas del tanque

Se procede a soldar las juntas con la soldadora eléctrica y como material de aporte se utiliza electrodo E-7018, empezando desde un extremo hasta terminar en el otro extremo del tanque creando un cordón.



Figura 71. Proceso de suelda de las juntas de los tanques

3.4.5 Proceso de trazado de los orificios en las tapas del tanque

Se procede a trazar los orificios de entrada y salida que servirán para el llenado y vaciado de la solución de lavado y enjuague como también para colocar los componentes de seguridad y presurización.



Figura 72. Proceso de trazado de los orificios en las tapas del tanque

3.4.6 Proceso de perforación de los orificios en los tanques

Se perfora los orificios marcados anteriormente en las tapas de los tanques utilizando el taladro eléctrico manual de 110 voltios.



Figura 73. Proceso de perforación de los orificios en los tanques

3.4.7 Proceso de solda de las uniones en los tanques

Se procede a soldar las uniones de 3/8" en los extremos de la parte superior del tanque y la unión 2" en el centro, la unión de 1/2 se suelda en la tapa inferior, para soldar se utilizando la soldadora eléctrica y electrodo E-7018.



Figura 74. Proceso de suelda de las uniones de entrada y salida

3.4.8 Proceso de comprobación de las uniones de suelda

En la comprobación de las uniones de los tanques se la realiza mediante una prueba hidrostática la cual consiste en someter el recipiente a presión una vez terminado, a una presión de **1,25** veces la presión de operación y conservar esta presión durante un tiempo suficiente para verificar que no haya fugas en ningún cordón de soldadura, como su nombre lo indica, esta prueba se lleva a cabo con líquido, el cual generalmente es agua, este proceso se lo realiza de la siguiente forma:

1. Se coloca un tapón de 1/2" en la salida del tanque.
2. Se procede a colocar un manómetro en la parte posterior del tanque para observar la presión de prueba.
Presión de operación 50PSI
Presión de prueba 1,25 veces la presión de operación
De donde:
 $50 \text{ Psi} \times 1.25 = \mathbf{62.5 \text{ Psi}}$
3. Se llena el tanque con agua
4. Se procede a tapar herméticamente el tanque y asegurar las tapas con los seguros.
5. Se introduce aire hasta obtener la presión de prueba de 62.5 Psi
6. Verificar en los puntos de unión posibles fugas de agua.



Figura 75. Proceso de comprobación de las uniones de suelda

3.4.9 Montaje de los componentes del tanque

Se procede a realizar el montaje de los componentes en las uniones que se encuentran soldadas en las tapas de los tanques: Acople de la entrada

principal de 2 pulgadas de aluminio, reductor de 3/8" a 1/4" de bronce, codo de 1/2" de bronce, válvulas de seguridad de 3/8".



Figura 76. Montaje de los componentes del tanque

3.5 Construcción del soporte del equipo

En la construcción del soporte para los tanques y el compresor eléctrico, se utiliza un tubo hueco de hierro redondo de 1 ¼ pulgada de diámetro exterior y espesor de 1,5mm.

3.5.1 Proceso de trazado del tubo de hierro para el soporte del equipo

Se procede a trazar 2,40 metros, para la base del soporte del equipo y 2,60 metros, para la parte superior del soporte del equipo.



Figura 77. Proceso de trazado del tubo de hierro

3.5.2 Proceso de corte del tubo de hierro

Se sujeta el tubo de hierro en una prensa y se procede a realizar los cortes por las partes señaladas anteriormente utilizando la sierra manual.



Figura 78. Proceso de corte del tubo de hierro

3.5.3 Proceso de doblado del tubo de hierro

Para la base del soporte del equipo se procede a realizar cuatro dobleces de 90 grados en el tubo, el primer doblez se lo realiza a 30cm del inicio del tubo y los tres dobleces siguientes se los realiza a 60cm.



Figura 79. Proceso de doblado del tubo de hierro para la base

Para la parte superior del soporte del equipo se procede a realizar dos dobleces de 90 grados, el primer doblez se lo realiza a 1m del inicio del tubo y el siguiente doblez se lo realiza a 60cm, luego se procede hacer dos dobleces para la manija a una altura de 60cm y con una inclinación de 113° .



Figura 80. Proceso de doblado del tubo de hierro para la parte superior

3.5.4 Proceso de suelda del tubo de hierro para el soporte

Se procede a centrar la base con la parte superior a 90 grados, luego se suelda la unión con la soldadora eléctrica y electrodo E-6011.



Figura 81. Proceso de suelda de las uniones del soporte

3.5.5 Proceso de pulido de los puntos de unión

Se procede a pulir las uniones soldadas con la amoladora eléctrica de 110 voltios con un disco de desbaste.



Figura 82. Proceso de pulido de las juntas del soporte

3.5.6 Proceso de fijación de las garruchas al soporte

Se utiliza dos garruchas fijas y dos garruchas móviles con dispositivo de freno, con una capacidad de carga de 70Kg. cada una, las garruchas fijas se sueldan en la parte delantera del soporte y las garruchas móviles se sueldan en la parte de atrás del soporte para darle dirección al mismo.

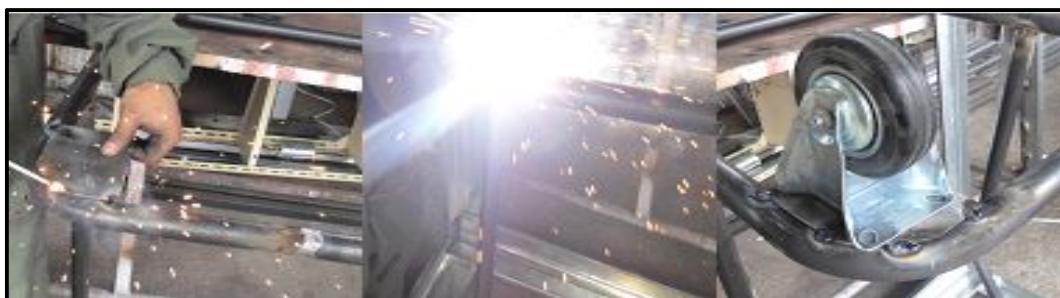


Figura 83. Proceso de fijación de las garruchas al soporte

3.5.7 Proceso de pintado del soporte

1. Se lija la superficie del soporte y panel utilizando la lija de grano fino para eliminar las grietas del material y luego se limpia utilizando un paño humedecido con diluyente.



Figura 84. Proceso de preparación de la superficie a pintar

2. Se mezcla el fondo verde con diluyente y luego se coloca en la pistola de pintor y se aplica sobre el soporte a una presión de trabajo de 50PSI, una vez aplicado se deja secar durante 30 minutos.



Figura 85. Proceso de aplicación del fondo verde

3. Luego se procede a mezclar la pintura sintética amarilla con diluyente y se coloca en la pistola de pintor para luego aplicar sobre el soporte a una presión de trabajo de 50 PSI, una vez aplicado se deja secar durante 30 minutos.



Figura 86. Proceso de aplicación de la pintura sintética al soporte

3.6 Construcción de la placa del panel de control

En la construcción de la placa del panel de control del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42, se utiliza una lámina de tool con un espesor de 0,1mm.

3.6.1 Proceso de trazado del material para la placa del panel de control

Se traza una lámina del siguiente tamaño, 54 x 36 cm y luego se procede a marcar los diferentes orificios para alojar los componentes para la operación del equipo.



Figura 87. Proceso de trazado de la placa del panel de control

3.6.2 Proceso de corte de la placa del panel de control

Se procede a cortar la lámina por los trazos señalados y luego se perfora los orificios para los diferentes componentes utilizando las sierras circulares.



Figura 88. Proceso de corte de la placa del panel de control

3.6.3 Proceso de doblado de la placa del panel de control

Se procede a doblar la placa en la parte superior 5cm con una inclinación de 113° en la parte superior de la placa del panel de control utilizando la dobladora de láminas.



Figura 89. Proceso de doblado de la placa del panel de control.

3.7 Ensamblaje de los componentes del compresor eléctrico

3.7.1 Montaje del motor eléctrico

El motor eléctrico va sujeto sobre la base del acumulador de aire mediante 4 pernos $7/16 \times 1''$, 4 cauchos para absorber las vibraciones.



Figura 90. Montaje del motor eléctrico

3.7.2 Conexión de los cables eléctricos

Se conecta los cables desde el motor hasta las tomas del presostato eléctrico y luego para la toma externa de 110 voltios salen de igual forma desde las tomas internas del presostato.



Figura 91. Conexión de los cables eléctricos

3.7.3 Proceso de montaje de las cañerías de cobre

A. Montaje de la cañería para los manómetros

1. Se mide 20 cm. de cañería de cobre.
2. Se corta la cañería de cobre.
3. Se realiza los dobleces de la cañería de cobre utilizando la dobladora de cañerías, el primer doblez se lo hace a 5cm desde un extremo con un arco de 90 grados, el segundo doblez se lo hace a 10 cm desde el otro extremo formando un arco de 180 grados.

4. Se procede a colocar en los extremos de la cañería el acople de $\frac{1}{4}$ y luego el anillo de seguridad.
5. Se acopla la cañería desde el regulador de aire hasta el manómetro.

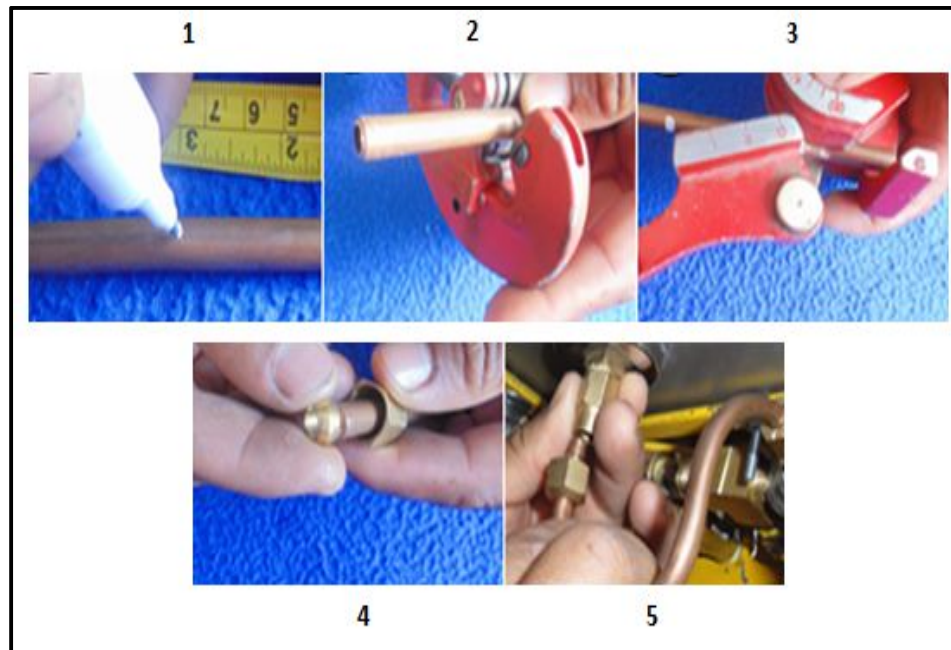


Figura 92. Montaje de la cañería para los manómetros

B. Montaje de la cañería para el acumulador de aire

1. Se mide 35 cm. de cañería de cobre.
2. Se corta la cañería de cobre.
3. Se realiza los dobleces de la cañería de cobre utilizando la dobladora de cañerías, el primer doblez se lo hace a 10 cm desde un extremo con un arco de 90 grados, el segundo doblez se lo hace a 15 cm desde el otro extremo formando un arco de 90 grados.
4. Se procede a colocar en los extremos de la cañería el acople de $\frac{1}{4}$.
5. Una vez colocado los acoples en la cañería se procede a realizar las cabezas en la cañería de cobre utilizando el juego de abocanar.
6. Se acopla la cañería de cobre desde el cabezote del motor hasta el acumulador de aire.

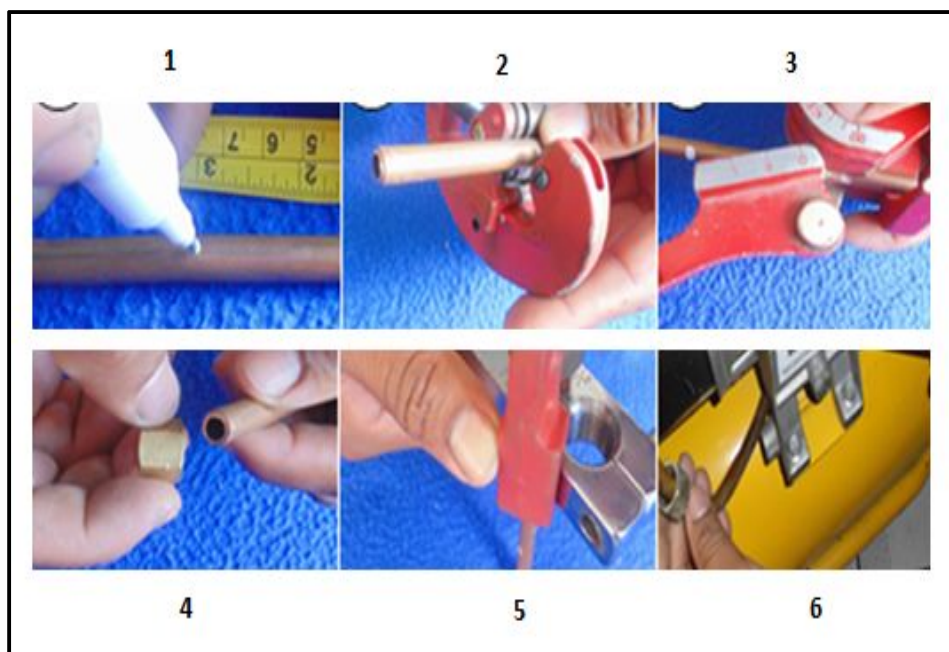


Figura 93. Montaje de la cañería para el acumulador de aire

3.7.4 Ajuste de los acoples

Una vez terminado se procede a realizar los ajustes de los acoples de las cañerías hacia los componentes utilizando las llaves milimétricas adecuadas



Figura 94. Ajuste de los acoples

3.7.5 Colocación de sticker de señalización en el motor eléctrico

Se coloca los sticker de información sobre el motor para poder identificar los puntos de llenado y vaciado del aceite del motor del compresor.



Figura 95. Colocación de los sticker en el motor eléctrico

3.8 Ensamblaje final de los componentes del equipo

Se ensambla los componentes en el soporte del equipo.

3.8.1 Montaje del compresor eléctrico al soporte

Se procede a realizar el montaje del compresor eléctrico sobre la parte posterior del soporte utilizando 4 pernos 7/16 x 1½” y 4 cauchos para evitar la vibración que se produce cuando el compresor está funcionando.



Figura 96. Montaje del compresor eléctrico

3.8.2 Montaje del panel de control

1. Colocación del interruptor ON/OFF
2. Montaje del regulador de aire.
3. Montaje de las válvulas distribuidoras de solución.

4. Colocación de la placa del panel de control.
5. Montaje de los manómetros.



Figura 97. Montaje del panel de control

3.8.3 Montaje de los tanques sobre el soporte

Se procede a realizar el montaje de los tanques de lavado y enjuague sobre la base del soporte, luego se realiza la conexión de las entradas de aire y las salidas de la solución de lavado y enjuague hacia el panel de control.



Figura 98. Montaje de los tanques para las soluciones

3.9 Comprobación del equipo

3.9.1 Pruebas de funcionamiento

En las pruebas de funcionamiento se debe tomar en cuenta lo siguiente:

EQUIPO Y PANEL DE CONTROL					
ORD	ACCIÓN	CHEQUEO	SI	NO	OBS
1	Colocar las soluciones de lavado y enjuague en los tanques 1 y 2		X		S/N
2	Tapar y asegurar la tapa de llenado los tanques 1 y 2	Revisar si están aseguradas	X		S/N
3	Cerrar válvulas	Verificar que estén cerradas 1,2,3,4	X		S/N
4	Switch ON	Enciende el compresor	X		S/N
		Revise si asciende la presión en el manómetro del acumulador de aire hasta 100 PSI.	X		S/N
5	Ajustar Regulador de aire hasta 50 PSI	Revise si asciende la presión hasta 50 PSI en el manómetro de trabajo.	X		S/N
OPERACIÓN DEL TANQUE CON LA SOLUCIÓN DE LAVADO					
6	Abra la válvula de aire del tanque de lavado para presurizar el tanque con la solución de lavado.	Presuriza el depósito hasta 50 PSI y revise posibles fugas.	X		S/N
7	Abra la válvula selectora de la solución de lavado.	Expulsión de la solución	X		S/N
OPERACIÓN DEL DEPÓSITO CON LA SOLUCIÓN DE ENJUAGUE					
8	Abra la válvula de aire del tanque de enjuague para presurizar el tanque con la solución de enjuague.	Presuriza el depósito hasta 50 PSI y revise posibles fugas.	X		S/N
9	Abra la válvula selectora de la solución de enjuague.	Expulsión de la solución	X		S/N

3.9.2 Pruebas operacionales

Para las pruebas de funcionamiento del equipo es necesario conectar a una toma eléctrica de 110 voltios y luego colocar el interruptor en la posición ON para encender el motor eléctrico del compresor y dejar que se presurice

el acumulador de aire con una presión entre 90-100 PSI, esta lectura puede ser observada en el manómetro de indicación de presión del acumulador ubicado en el panel de control, una vez presurizado el acumulador se regula la presión de trabajo hasta 50 PSI con el regulador de presión, luego se coloca en posición abierta las válvulas de suministro de aire para presurizar los tanques de las soluciones de lavado y enjuague, una vez presurizado se procede a colocar en posición abierta la válvula selectora de la solución requerida para expulsar la mezcla hacia los álabes del compresor, una vez realizado el proceso de lavado y enjuague del compresor se coloca el interruptor en la posición OFF y se desconecta el equipo de la toma eléctrica de 110 voltios y se procede a eliminar la presión acumulada en los tanques utilizando las válvulas de alivio de presión que se encuentran en la parte superior de cada tanque.

3.10 Elaboración de manuales


En el manual que se presenta a continuación se describe los diferentes procedimientos de operación, mantenimiento y normas de seguridad del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42, para un correcto manejo y conservación del mismo.

3.10.1 Manual de operación

Este manual consta con todos los procedimientos que se deben seguir para la, operación del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

3.10.2 Manual de mantenimiento

Este manual proporciona los cuidados preventivos que se deben dar al equipo de lavado a presión del compresor para poder prolongar la vida útil de los componentes con los que cuenta el equipo.

		GAE-45 “PICHINCHA”
	MOTOR PT6A-42	
	Elaborado: Cbop. Quispe Luis	Fecha: Enero del 2015
	Aprobado: Tlgo. Proaño Alejandro	

A. Objetivo

Documentar los procedimientos a seguir para la correcta operación del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

B. Alcance

Proporcionar los pasos que se deben seguir para la operación segura del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

C. Equipo de protección personal



D. Normas de seguridad

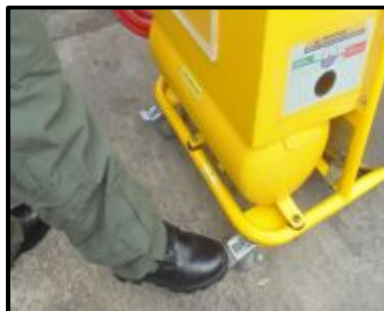
1. Utilizar el equipo de protección personal overol, botas, guantes de nitrilo, mascarilla; para manipular las soluciones de lavado y enjuague.
2. Seguir el procedimiento de operación de acuerdo al manual de operación.
3. En caso de tener contacto directo con las sustancias lávese con abundante agua.

4. No abrir las tapas de los tanques cuando estos se encuentren presurizados.



E. Procedimiento de Operación

1. Coloque el equipo sobre una superficie plana, y asegure su posición utilizando los frenos de las garruchas móviles posteriores.



2. Observe mediante el visor el nivel de aceite del motor del compresor, en caso de estar en un nivel bajo proceda completar hasta el nivel indicado.



3. Verifique que las válvulas de suministro de aire y válvulas selectoras de solución se encuentren en la posición cerrada.



4. Abra la válvula de drene que se encuentra bajo el acumulador de aire para extraer la condensación y luego cierre.



5. Coloque en posición abierta las válvulas de alivio de presión de cada tanque para aliviar alguna presión interna de los tanques.



Precaución: No alivie la presión con las válvulas de seguridad ya que estas se encuentran calibradas para aliviar la presión de forma automática cuando exceda el rango establecido de trabajo 50 PSI.

6. Observe la indicación de presión en los manómetros la cual debe estar en 0 PSI, una vez que no exista presión alguna en los tanques, retire los seguros y hale las manijas de las tapas y abra.



7. Preparación de la solución.

10 litros de la solución de lavado y 20 litros de la solución de enjuague, los porcentajes de los productos para las soluciones se dan de acuerdo a la temperatura ambiente donde se vaya a realizar el lavado del compresor del motor, observe los porcentajes indicados en las siguientes tablas.

Porcentajes de mezclas para las soluciones de lavado

B&B 3100,TC-100,Magnus 1214, R-MCS, R-MG G21, ALMON AL-333,TURCO

Temperatura Ambiente °C	Solución de lavado (%)	Keroseno de aviación (%)	Alcohol Isopropílico (%)	Agua desmineralizada (%)
+ 2°C	25	No aplica	No aplica	75
-25°C a +2°C	25	15	20	40
debajo de -25°C	25	15	40	20

Turco 4217 y Ardrox 624

+ 2°C	4	40	No aplica	56
-25°C a +2°C	4	40	20	36
debajo de -25°C	4	40	36	20

Ardrox 6345, Ardrox 6367, Turboclean 2 y ZOK 27.

+5°C	20	No aplica	No aplica	80
-5°C a +5°C	20	No aplica	20	60
-21°C a -5°C	20	No aplica	30	50
debajo de -21°C	20	No aplica	40	40

Porcentajes de mezclas para la solución de enjuague

Temperatura Ambiente °C	Agua desmineralizada (%)	Alcohol Isopropílico (%)
+ 2°C	100	No aplica
-25°C a +2°C	50	50
debajo de -25°C	40	60

Ejemplo:

Preparación de 10 litros de la solución de lavado utilizando ARDROX 6367 a una temperatura ambiente de 20 °C.

Mida las soluciones en el recipiente de medición (1) de acuerdo a los porcentajes de la tabla 13 (Ardrox 6367), coloque en el recipiente de medición (2), luego proceda a mezclar con el agitador.



Ardrox 6367(20%), 2 litros (2000ml)

Keroseno de aviación (0%), no aplica

Alcohol Isopropílico (0%), no aplica

Agua desmineralizada (80%), 8 litros (8000ml)

Preparación de 20 litros de la solución de enjuague a una temperatura ambiente de 20 °C, observe los porcentajes en la tabla 14.

Mida la cantidad en el recipiente de medición (2).

**Ejemplo:**

Agua desmineralizada (100%) 20 litros (20000 ml)

Alcohol isopropilico (0%)

8. Coloque las soluciones de lavado y enjuague en los respectivos tanques utilizando un embudo para evitar que se derrame las soluciones.



9. Tape herméticamente los tanques de lavado y enjuague y coloque los seguros en las clavijas de las tapas de llenado.



10. Verifique que el interruptor de ON/OFF se encuentre en la posición OFF,

luego conecte la conexión eléctrica del equipo a una toma de 110 voltios.



11. Hale el interruptor ON/OFF para encender el equipo y espere hasta que se presurice el acumulador de aire, observe la lectura en el manómetro de presión del acumulador hasta que ascienda a 100 PSI, luego regule la presión con regulador de flujo de aire hasta observar una lectura de 50 PSI en el manómetro de presión de trabajo.



Precaución: No exceder la presión de trabajo 50 PSI-3,4 Bar

12. Coloque las válvulas de suministro de aire en la posición abierta para

presurizar los tanques de lavado y enjuague hasta obtener una presión interna de 50 Psi.



13. Quite los seguros de los capots del motor y abra.



14. Desconecte las líneas de P3 y tape para evitar que la solución de lavado y enjuague no ingresen por las cañerías.



15. Conecte la toma de la salida de la solución a la malla de entrada de aire del compresor.



- 16.** Energice la aeronave y coloque el switch en ON del motor de arranque durante 30 segundos y observe las Ng en el indicador.



- 17.** Abra la válvula selector de solución de lavado por 30 segundos para inyectar la solución de lavado al compresor, cuando en el indicador de Ng de instrumentos del motor se encuentre a un 5%.



- 18.** Una vez terminado el proceso de lavado, cierre la válvula de aire y la válvula selector de la solución de lavado y espere 15 minutos hasta que la solución de lavado penetre y remueva los cúmulos de aceite, sal,

óxidos del compresor del motor PT6A-42.



- 19.** Energice la aeronave y coloque el switch en ON del motor de arranque hasta observar que las Ng del motor lleguen a 5% y mantenga encendido por 30 segundos y luego desconecte.



- 20.** Abra la válvula selectora de solución de enjuague por 30 segundos para inyectar la solución de enjuague al compresor, cuando en el indicador de Ng de instrumentos del motor se encuentre a un 5%.



- 21.** Cierre la válvula selectora de la solución de enjuague y apague el switch

del motor de arranque y espere 15 segundos hasta que se enfríe el motor de arranque y luego repita la operación de enjuague por 30 segundos más.



- 22.** Desconecte la toma de la salida de la solución de la malla de entrada de aire del compresor del motor.



- 23.** Encienda el motor por un lapso de 1 minuto hasta alcanzar un 80% de N_g para obtener un secado total, luego apague el motor y proceda a conectar la línea de P3.



24. Cierre y asegure los capots del motor.



25. Apague el equipo presionando el interruptor ON/OFF y desconecte la conexión eléctrica.



27. Abra las válvulas de suministro de aire y alivio de presión que se encuentran sobre los tanques para despresurizar el equipo por completo hasta observar que en los indicadores de los manómetros se encuentre una lectura de 0 PSI.




28. Una vez terminado todo el proceso de lavado y enjuague del compresor

del motor PT6A-42 del avión Beechcraft, limpie el equipo por completo y coloque la toma de la conexión eléctrica y toma de salida de solución en los ganchos de sujeción del equipo.



Firma de Responsabilidad _____

	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
	DEL MOTOR PT6A-42	
	Elaborado: Cbop. Quispe Luis	
	Aprobado: Tlgo. Proaño Alejandro	
	GAE-45 "PICHINCHA"	Fecha: Enero del 2015

A. Objetivo:

Documentar los procedimientos a seguir para el mantenimiento del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

B. Alcance:

Las prácticas consideradas en el presente manual, comprende el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de lavado a presión del compresor.

C. Equipo de protección personal



D. Normas de seguridad

1. Utilizar el equipo de protección personal al operar el equipo.
2. Seguir el procedimiento de operación de acuerdo al manual de operación.
3. En caso de tener contacto directo con las sustancias lávese con abundante agua.
4. No abrir las tapas de los tanques cuando estos se encuentren

presurizados.



E. Herramientas

(Llaves mixtas milimétricas, palanca de fuerza de 1/4", extensión de 10" cuadro de 1/4", dados milimétricos Nro. 7 y 8mm, destornillador estrella, destornillador plano)

F. Material fungible

(Franela, teflón, aceite para compresor)

G. Mantenimiento

- **Mantenimiento mensual**

1. Limpie las partes externas del equipo utilizando una franela.



2. Retire los pernos que sujetan a la tapa posterior del equipo utilizando la palanca de fuerza de 10" cuadro de $\frac{1}{4}$ con un dado Nro. 8mm, una vez retirado los pernos proceda a retirar la tapa.



3. Observe el nivel de aceite del motor del compresor en el visor transparente que está en la parte inferior derecha del motor, el nivel de aceite debe encontrarse nivelado al centro del visor, si está por debajo de ese nivel proceda a completar con aceite para compresor.



4. Abra la válvula de drenaje que se encuentra debajo del acumulador de aire y elimine, una vez drenado coloque la válvula y cierre.

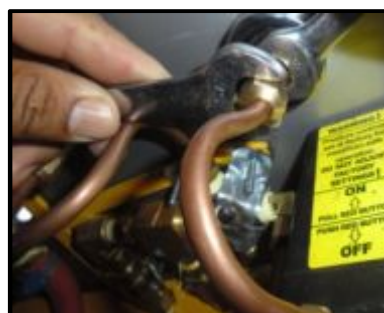


- **Mantenimiento trimestral**

1. Realice los ítems del mantenimiento mensual.
2. Conecte el equipo a la toma de 110 voltios y encienda el compresor para cargar el acumulador hasta 110 Psi y verifique que el presostato se apague automáticamente.



3. Coloque agua jabonosa en todas las uniones en busca de posibles fugas de aire, si en caso de haberlas proceda ajustarlas hasta eliminarlas, en caso de no eliminar la fuga desconecte el equipo de la toma eléctrica y despresurice el acumulador y afloje la unión y coloque teflón y luego ajuste.



- **Mantenimiento anual**

1. Repita los ítems del mantenimiento mensual y trimestral.
2. Retire los tapones superior e inferior del cárter del motor del compresor y

drene en un recipiente el aceite utilizado luego ajuste el tapón inferior y proceda a llenar con 380 mililitros de aceite hasta el nivel indicado con aceite para compresor.



3. Cambie las válvulas de seguridad de los depósitos tanto del acumulador de aire como de los tanques no intente repararlas.



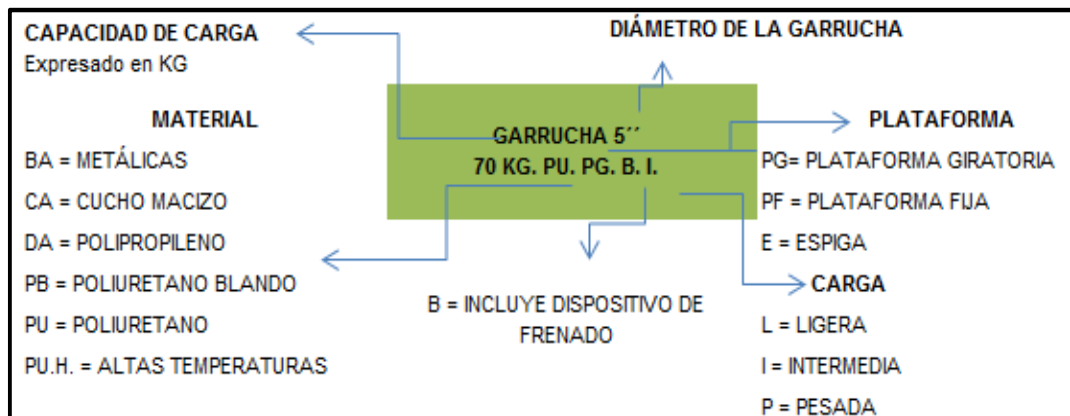
4. Reemplace el filtro de entrada de aire del compresor, (filtro de aire para compresor).



5. Reemplace los empaques de las tapas de las entradas principales de los tanques.



6. Verifique el estado de las garruchas de transporte del equipo, si se encuentran en mal estado reemplace por ruedas de poliuretano con una capacidad de carga de 70 Kg. y 5").



7. Realice un ajuste de todos los tornillos y tuercas del equipo ya que debido a las vibraciones tienden a aflojarse.



8. Desmonte los manómetros de indicación de presión del acumulador y

trabajo y realice la calibración en un centro autorizado.



9. Retire los tanques de la solución de lavado y enjuague y proceda a verificar las uniones de soldadura.



10. Verifique el estado de la pintura exterior del soporte del equipo, si se encuentra deteriorada proceda a pintar utilizando pintura sintética amarilla.



Firma de Responsabilidad _____

3.11 Presupuesto

Los costos de este proyecto se justifican en la necesidad de construir el equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft destinado para el área de mantenimiento del GAE-45 "Pichincha" y que posea una vida útil prolongada.

El presupuesto para la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft, en proformas se cotizó para cada uno de los materiales y componentes que se utilizaron llegando así a un monto total.

3.12 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción del equipo para el lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Materiales estructurales)
- Maquinaria, herramienta
- Mano de obra
- Material fungible
- Gastos secundarios (Material de Oficina)

3.12.1 Costo primario

3.12.1.1 Materiales estructurales

Este rubro comprende a todos los materiales utilizados para la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del Avión Beechcraft.

Tabla 17

Lista de costos de materiales para el equipo

Material	Cantidad	Costo
Lámina de acero inoxidable 304 de 2mm	1/2 plancha	80.00USD
Tubo de hierro de 1 ¼ y espesor 1,5mm	6 metros	17.00 USD
Ruedas de poliuretano	4	22.00 USD
Boquillas de acero roscadas de 2 pulgadas.	2	16.00 USD
Uniones de acero inoxidable de 3/8 pulgada.	4	8.00 USD
Uniones de acero de 1/2 pulgada.	2	4.00 USD
Acople de aluminio	2	18.00 USD
Tapa de aluminio	2	28.00 USD
Acople ½ de cobre (codo)	2	7.00 USD
Manguera de ½ de caucho	2 metros	12.00 USD
Empleos ½ x 3 de acero inoxidable	2	8 USD
Acoples machos de cobre de ½ para manguera	3	9.00 USD
Uniones de ½ de acero inoxidable	3	6.00 USD
Te roscada de ½	1	4.00 USD
Codo roscado de ½	1	3.00 USD
Abrazadera de ½	4	5.00 USD
Manguera entorchada de ¼ 250Psi	2	25 USD
Válvulas de cierre rápido ½ pulgada	2	10.00 USD
Cañería de cobre de ¼	1 metro	3.00 USD
Racor roscado de ¼ de cobre	2	3.00 USD
Racor roscado de 3/8 a ¼ de cobre	2	3.00 USD
Uniones roscadas de ¼ de cobre	3	4.50 USD
Te de ¼ roscada de cobre	1	2.50 USD
Codo roscado interno de ¼ de cobre	1	1.50 USD
Codo roscado externo de ¼ de cobre	2	3.00 USD
Válvulas de cierre rápido ¼ pulgada	2	15.00USD
Racor de 3/4 a ½ de cobre	1	2 USD
Racor de 3/8 a ½ de cobre	1	1.50 USD
Manguera plástica de ½	1 metro	6.00 USD
Motor de 2Hp, 1,5	1	100.00 USD
Acumulador de aire	1	30.00 USD
Presostato eléctrico	1	12.00 USD
Regulador de flujo de aire	1	5.00 USD
Manómetro	2	10.00 USD
Válvulas de seguridad de 3/8	2	5.00 USD
Válvula de seguridad de ¼	1	2.00 USD



Pintura sintética	¼ Gal.	5.00 USD
Fondo verde	¼ Gal.	5.00 USD
Diluyente	3 litros	6.00 USD
Stickers	10	15.00 USD
Total		522.00 USD

3.12.1.2 Máquinas y herramientas

Este rubro comprende todas las herramientas utilizadas para la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Tabla 18

Inventario de costos de máquinas y herramientas

Máquinas/herramientas	Tiempo	Costo
Suelda eléctrica	3 hr.	80.00 USD
Taladro eléctrico manual	30min.	3.00 USD
Amoladora	30min.	5.00 USD
Esmeril	30min.	5,00 USD
Dobladora de tubos	1hr.	10.00 USD
Dobladora de láminas	1hr.	10.00 USD
Cizalla	30min.	5.00 USD
Pie de rey	5min.	1.00 USD
Escuadra	5min.	1.00 USD
Flexómetro	10min.	1.00 USD
Llaves mixtas	15min.	2.00 USD
Sierra manual	30min.	3.00 USD
Destornilladores	30min.	1.00 USD
Brocas	1hr.	5.00 USD
Sierra redonda	20min.	2.00 USD
Disco de corte	20min.	2.00 USD
Disco de desbaste	20min.	2.00 USD
Lima	10min.	1.00 USD
Piqueta	20min.	1.00 USD
Cepillo de acero	20min.	1.00 USD
Total		141.00 USD

3.12.1.3 Mano de obra

El costo de la mano de obra está comprendido principalmente por la fabricación del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Tabla 19

Mano de obra

Detalle	Costo
Mano de obra	100.00 USD
Pintor	40.00 USD
Total	140.00 USD

3.12.1.4 Materiales fungibles

Lista que se detalla los materiales donde intervienen los materiales que no son parte constitutiva del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Tabla 20

Materiales fungibles

Material	Cantidad	Costo
Lijas	5	2.00 USD
Masking	1	1.00 USD
Guantes de caucho	1	2.00 USD
Mascarilla desechable	2	3.00 USD
Total		8.00 USD

3.12.1.5 Costos secundarios

Son gastos que intervienen en todo el proceso de desarrollo de la parte teórica de la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft.

Tabla 21

Gastos secundarios

Material	Costo
Gastos de movilización	40.00 USD
Internet	30.00 USD
Fotografías	30.00 USD
Transporte.	60.00 USD
Copias e impresiones de trabajo	50.00 USD
Hojas de papel bond	10.00 USD
Empastados, Anillados y CD del proyecto	30.00 USD
Total	250.00 USD

3.12.1.6 Costo total

Es la suma total de todos los gastos que se hicieron en la construcción del equipo de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del Avión Beechcraft.

Tabla 22

Costo total

Designación	Costo
Materiales estructurales	522.00 USD
Maquinarias y Herramientas	141.00 USD
Mano de obra	140.00 USD
Material fungible	8.00 USD
Gastos secundarios	250.00 USD
Total	1061.00 USD

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se recopiló y procesó la información relevante de los manuales de mantenimiento, operación, y catálogo ilustrado de partes para realizar un trabajo claro y conciso.
- Se investigó los diferentes tipos de lavado que se realizan al compresor del motor PT6A-42.
- Se recolectó la información referente al uso de sustancias con sus porcentajes requeridos tanto para el lavado y enjuague del compresor del motor PT6A-42.
- Se diseñó y construyó el equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del Avión Beechcraft de acuerdo a los requerimientos de operación.
- Se realizó los cálculos de los esfuerzos a los cuales va a estar sometido los tanques de las soluciones de lavado y enjuague.
- Se elaboró manuales de operación, mantenimiento del equipo, para una correcta manipulación del mismo y de esta manera prolongar la vida útil de operatividad del equipo y precautelar la integridad física del operador.
- Este proyecto será de gran utilidad dentro del área de mantenimiento del GAE-45 "Pichincha", el mismo que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.

4.2 Recomendaciones

- Utilizar los manuales de mantenimiento, operación y catálogo ilustrado de partes para obtener una información auténtica del avión Beechcraft.
- Utilizar el equipo para optimizar los procesos de lavado a presión del compresor del motor PT6A-42 del avión Beechcraft para los fines de mantenimiento por los cuales fue creado.
- Se debe cumplir estrictamente los manuales de operación y mantenimiento para un perfecto uso y funcionamiento del equipo, para evitar pérdida de tiempo, recursos e inclusive accidentes.
- Incentivar estos proyectos para que se sigan implementando ya que son fundamentales para las tareas de mantenimiento los mismos que ayudan a desarrollar con éxito el mantenimiento logrando optimizar tiempo y recursos.

GLOSARIO

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

Cabina.- Es el área de la parte frontal de un avión en la que la tripulación técnica de vuelo (piloto y copiloto) controla la aeronave.

Densidad.- Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

Mantenimiento.- Es el conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó.

Sistema.- Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.

Tracción.- Al esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Turbofan.- Turborreactor con soplante, turboventilador; compresor que usa ventiladores con ductos para dirigir el aire hacia el motor de reacción.

Turbohélice.- Motor que usa una hélice delante del turborreactor.

Turborreactor.- Reacción y combustión intermitente; motor de reacción que usa una turbina de gases para impulsar el compresor; turbina de reacción.

Viscosidad.- Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza.

ABREVIATURAS

AISC (American Institute of Steel Construction) Instituto Americano de Construcción en Acero.

AISI (American Iron and Steel Institute)

AMM (Aircraft Maintenance Manual) Manual de Mantenimiento de la Aeronave.

ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

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

AWS (American Welding Society) Sociedad Americana de Soldadura

CEMAE-15 Centro de Mantenimiento Aéreo de Aviación del Ejército N° 15.

FCU Unidad de control de combustible

GAE-45 Grupo Aéreo N° 45.

IPC Catálogo Ilustrado de Partes.

UGT Unidad de gestión de Tecnologías.

ZAT Zona Afectada Térmicamente

15- BAE “PAQUISHA” Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Interamericana de las Fuerzas Aéreas (IAAFA). (2001).
Diccionario de términos técnicos y militares. 6a. ed. Canadá.
- Bueche, F. (2000). Física General. 9a. ed. México D.F.: Thomson.
- García, J. (2003). Terminología Aeronáutica. 1a. ed. Madrid: Santos S.A.
- Hibbeler, R. (2011). Mecánica de Materiales .8a. ed. México D.F.: Pearson.
- Miravete, A. (2000). Materiales Compuestos. 3a.ed. México D.F: Thomson.
- Mott, R. (2009). Resistencia de Materiales. 5a. ed. México D.F.: Pearson.
- Oñate, A. (2007). Conocimientos del Avión. 6a. ed. México D.F: Thomson.
- Pratt Whitney. (2008). Catálogo Ilustrado de Partes. Canadá. (s.e.)
- Pratt whitney. (2008). Manual de Mantenimiento de la Aeronave. Canadá.
(s.e.)
- Pratt Whitney. (2008). Manual de Operación de la Aeronave. Canadá. (s.e.)
- Turbomeca. (1998). Generalidades Sobre las Turbinas de Gas. 2a. ed.
Madrid: Santos .

NETGRAFÍA

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:WIKI_JT8DPWMDHL.jpg, [08, Agosto del 2013]

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rolls-Royce_Merlin.jpg, [10, Agosto del 2013]

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File: Engine_USAF.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Engine_USAF.jpg), [15, Agosto del 2013]

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rolls_Royce. Jpg, [18, Agosto del 2013]

<http://www.bricotodo.com/lijar.htm>, [12, Septiembre del 2013]

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbojet>, [08, Enero del 2014]

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:J85_ge17a_turbojet_engine, [12, Enero del 2014]

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbojet_operation-axial, [12, Enero del 2014]

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbofan,operation.es.svg>, [17, Marzo del 2014]

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lycoming_Turboshaft.jpg [17, Marzo del 2014]

http://elementos_seguridad-01-1.jpg, [17, Marzo del 2014]

ANEXOS