



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

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

MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TEMA: “REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA
DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN
SISTEMA HIDRÁULICO”**

AUTOR: ALEX SEBASTIÁN MACHAY CATOTA

DIRECTOR: ING. PABLO ESPINEL

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 A/C Ss. **MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIAN**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**.

Sr. Ing. Pablo Espinel

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

Latacunga, Abril 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Machay Catota Alex Sebastián declaro que el proyecto de grado **“REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO”** ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas 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 de trabajo de grado mencionado.

MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIÁN
C.I.1724701287

Latacunga, Abril del 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORIZACIÓN

Yo, MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIAN

Autorizo a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la tesis de investigación **“REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

MACHAY CATOTA ALEX SEBASTIÁN
C.I.1724701287

Latacunga, Abril del 2015

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

Alex Sebastián Machay Catota

AGRADECIMIENTO

El mayor agradecimiento a todas las personas que confiaron en mí y estuvieron siempre presente durante el transcurso de mi vida brindando su apoyo moral y económico que gracias a su esfuerzo y el mío pude culminar mis estudios.

A mis amigos y profesores, que durante todo el tiempo de estudio han marcado mi vida de alguna forma, llenándome de experiencias inolvidables e impartiendo sus conocimientos para convertirme en un excelente profesional.

Con mi corazón se los agradezco a todas esas personas que me ayudaron y me animaron, y ahora son parte de mi triunfo.

Alex Sebastián Machay Catota

INDICE

CERTIFICADO.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del Problema.....	1
Justificación e Importancia.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Alcance.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Fundamentos de la aeronave.....	5

2.1.1 Historia del avión Cessna A-37B (Dragonfly).....	5
2.1.2 Características técnicas del avión Cessna A-37B (Dragonfly).....	6
2.1.3 Especificaciones Técnicas del Avión Cessna A-37B (Dragonfly).....	7
2.2 Fundamentos de canopy.....	8
2.2.1 Definición de Canopy.....	8
2.2.2 Historia de Canopy.....	9
2.2.3 Propósito de Canopy en la Aeronave.....	9
2.2.4 Funcionamiento Orinal del conjunto de Canopy en al avión Cessna A-37 (Dragonfly).....	10
2.3 Sistema hidráulico.....	11
2.3.1 Fundamentos de la hidráulica.....	11
2.3.2 Mecánica de fluidos.....	12
2.3.3 Conceptos de mecánica de fluidos.....	12
2.3.3.1 Presión.....	12
2.3.3.2 Caudal.....	13
2.3.3.3 Punto de fluidez.....	13
2.3.3.4 Índice de viscosidad (I.V.).....	13
2.3.3.5 Capacidad de lubricación.....	13
2.3.3.6 Resistencia a la oxidación.....	14
2.3.3.7 Régimen laminar.....	14
2.3.3.8 Régimen turbulento.	14
2.3.3.9 Densidad (ρ).....	14
2.3.3.10 Cavitación.	14

2.3.3.11 Fuerza.....	15
2.3.3.12 Energía.....	15
2.3.4 Ley de la conservación de la energía.....	15
2.3.5 Trabajo.....	15
2.3.6 Potencia.....	16
2.3.7 Unidades.....	16
2.3.8 Propiedades de los Fluidos.....	17
2.3.8.1 Densidad.....	17
2.3.8.2 Peso específico.....	17
2.3.8.3 Viscosidad.....	18
2.3.8.4 Punto de inflamación.....	18
2.3.8.5 Punto de combustión.....	18
2.3.8.6 Punto de congelación.....	19
2.3.9 Componentes de un sistema hidráulico.....	19
2.3.9.1 Fluido hidráulico.....	19
2.3.9.2 Depósito hidráulico.....	23
2.3.9.3 Tapa de llenado.....	25
2.3.9.4 Mirilla.....	25
2.3.9.5 Drenaje.....	25
2.3.9.6 Filtros.....	25
2.3.9.7 Bomba hidráulica.....	27
2.3.9.8 Cilindro actuador.....	30
2.3.9.9 Tuberías hidráulicas.....	32

2.3.9.10 Acople motor bomba.....	34
2.3.9.11 Válvulas.....	34
2.3.9.12 Manómetro.....	37
2.3.9.13 Motor.....	38
2.3.10 Simbología Hidráulica.....	39
2.3.10.1 Simbología CETOP.....	40
2.3.10.2 Símbolos de Línea.....	41
2.3.10.3 Símbolos de flechas.....	42
2.3.10.4 Símbolos del Estanque o reservorio.....	43
2.3.10.5 Símbolos de Filtros de Aceite.....	43
2.3.10.6 Símbolo de Cilindros.....	44
2.3.10.7 Símbolos de Elementos de Activación.....	44
2.3.10.8 Bomba y Motor.....	45
2.3.10.9 Símbolos de Bombas.	45
2.3.10.10 Símbolos de los Motores Hidráulicos.....	46
2.3.10.11 Símbolos de Instrumentos.....	48
2.3.10.12 Símbolos de Instrumentos.....	48
2.3.10.13 Símbolos de Válvulas.....	48
2.3.10.14 Válvula de Alivio de Presión.....	49
2.3.10.15 Válvula Reductora de Presión.....	50
2.3.10.16 Válvula Check.....	50
2.3.11 Ventajas y desventajas de Sistemas Hidráulicos.....	51
CAPÍTULO III.....	52

DESARROLLO DEL TEMA.....	52
3.1 Preliminares.....	52
3.2 Planteamiento y estudio de alternativas.....	53
3.2.1 Análisis de alternativas.....	53
3.2.1.1 Primera alternativa.....	53
3.2.1.2 Segunda alternativa.....	55
3.2.2 Análisis de factibilidad.....	56
3.2.2.1 Primera alternativa.....	56
3.2.2.2 Segunda alternativa.....	56
3.2.3 Estudio de factibilidad	57
3.2.3.1 Factor mecánico.....	57
3.2.3.2 Factor económico.....	58
3.2.3.3 Factor complementario.....	58
3.2.5 Selección de la mejor alternativa.....	60
3.3 Elementos Utilizados.....	60
3.3.1 Actuador Hidráulico.....	60
3.3.2 Reservorio Hidráulico.....	61
3.3.3 Motor Eléctrico.....	61
3.3.4 Bomba Hidráulica.....	62
3.3.5 Válvulas hidráulicas.....	62
3.3.6 Materiales en General.....	62
3.3 Descripción de Rehabilitación....	63
3.4.1 Construcción del reservorio hidráulico.....	63

3.4.2	Montaje de servicios al reservorio.....	65
3.4.3	Limpieza y pintado del reservorio hidráulico.....	66
3.4.4	Montaje de Mirilla y Drain.....	67
3.4.5	Readecuación de actuador hidráulico.....	68
3.4.6	Rehabilitación del Conjunto de Hinge Arm del canopy.....	70
3.4.7	Construcción de base para el Motor y Bomba hidráulica.....	72
3.4.8	Instalación del sistema hidráulico en la aeronave.....	72
3.4.8.1	Montaje de Motor y Bomba.....	72
3.4.8.2	Instalación del pulsador eléctrico.....	73
3.4.8.3	Montaje del pin eléctrico de 220v.....	74
3.4.8.4	Instalación de cableado eléctrico.....	74
3.4.8.5	Instalación del reservorio hidráulico.....	74
3.4.8.6	Instalación de válvula de Alivio.....	75
3.4.8.7	Montaje de manómetros.....	76
3.4.8.8	Instalación de regulador de caudal.....	76
3.4.8.9	Montaje de válvula check y llave de paso.....	77
3.4.8.10	Instalación de mando hidráulico.....	77
3.4.8.11	Instalación del conjunto de Hinge Arm a estructura del canopy....	78
3.4.8.12	Montaje de actuador hidráulico en la cabina del avión.....	79
3.4.8.13	Instalación y ajuste de mangueras hidráulicas.....	82
3.4.8.14	Pulida del cristal del canopy.....	83
3.4.8.15	Proceso de lijado y pintura del conjunto de canopy.....	85
3.5	Diagramas de procesos.....	90
3.5.1	Diagrama de procesos de construcción del reservorio.....	91

3.5.2 Diagrama de procesos de la construcción de base para motor y bomba hidráulica.....	92
3.5.3 Diagrama de procesos de la construcción de bases para componentes hidráulicos.....	93
3.5.4 Diagrama de procesos de montaje del sistema hidráulico a la estructura del avión.....	94
3.6 Prueba de funcionamiento.....	94
3.7 Descripción de Manuales.....	95
3.8 Presupuesto.....	104
3.8.1 Costos primarios.....	104
3.8.2 Costos secundarios.....	105
3.8.3 Costos Totales.....	105
CAPÍTULO III.....	106
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	106
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Avión Cessna A-37B (Dragonfly).....	6
Figura 2: Especificaciones y dimensiones del avión Cessna A-27B (Dragonfly).....	8
Figura 3 Canopy del avión Cessna A-37B (Dragonfly).....	8
Figura 4: Fluido hidráulico.....	19
Figura 5: Tanque presurizado.....	24
Figura 6: Tanque no presurizado.....	24
Figura 7: Esquema de representación de un tanque hidráulico.....	25
Figura 8: Esquema de un filtro de succión.....	26
Figura 9: Bomba de engranaje. Principio de funcionamiento.....	27
Figura 10: Bomba hidráulica de tipo lobular.....	28
Figura 11: Esquema de una bomba de paletas.....	29
Figura 12: Bomba de pistones radiales.....	30
Figura 13: Bomba de pistones axiales.....	30
Figura 14: Cilindro hidráulico.....	31
Figura 15: Amortiguamiento del cilindro en final de carrera.....	32
Figura 16: Tuberías Flexibles.....	33
Figura 17: Tuberías Rígidas.....	33
Figura 18: Válvula de alivio.....	35
Figura 19: Válvula reguladora de caudal.....	36
Figura 20: Válvula unidireccional o válvula check.....	36
Figura 21: Manómetro de presión hidráulica.....	37
Figura 22: Rotor de polos salientes en un motor síncrono.....	39
Figura 23: Líneas de trabajo.....	41
Figura 24: Línea de drenaje.....	41
Figura 25: Líneas que se juntan.....	42
Figura 26: Líneas flexibles.....	42
Figura 27: Dirección de flujo.....	42
Figura 28: Estanque venteado y presurizado.....	43
Figura 29: Símbolos de Filtro de aceite.....	43
Figura 30: Cilindros.....	44
Figura 31: Elementos de Activación.....	44

Figura 32: Simbología Bomba Y Motor.....	45
Figura 33: Símbolo de Bomba de Desplazamiento Fijo unidireccional...	46
Figura 34 Símbolo de Bomba de Desplazamiento fijo bidireccional.....	46
Figura 35: Símbolos de Bomba de Desplazamiento Variable.....	47
Figura 36: Motores de desplazamiento fijo.....	47
Figura 37: Simbología de instrumentos.....	48
Figura 38: Símbolos de Válvulas.....	49
Figura 39 Válvula de alivio de presión.....	49
Figura 40: Válvula reductora de presión.....	50
Figura 41: Válvula check.....	50
Figura 42: Gráfico de análisis de alternativas.....	60
Figura 43: Actuador Hidráulico.....	60
Figura 44: Reservorio Hidráulico.....	61
Figura 45: Motor Eléctrico Monofásico.....	61
Figura 46: Bomba Hidráulica.....	62
Figura 47: Válvulas hidráulicas.....	62
Figura 48: Medidas del reservorio.....	63
Figura 49: Medición del Reservorio.....	63
Figura 50: Soldado del reservorio.....	64
Figura 51: Medidor de cantidad.....	64
Figura 52: Orificio para retorno de aceite.....	65
Figura 53: Orificio para drenaje de aceite.....	66
Figura 54: Lijado del reservorio.....	66
Figura 55: Pintura del reservorio hidráulico.....	67
Figura 56: Medidor de cantidad drain de aceite.....	67
Figura 57: Cortado de actuador hidráulico.....	68
Figura 58: Perforación de la extensión.....	69
Figura 59: Aplicación de primer en el actuador hidráulico.....	69
Figura 60: Proceso de pintura del actuador.....	70
Figura 61: Hinge Arm antes de su rehabilitación.....	70
Figura 62: Hinge Arm lijado.....	71
Figura 63: Hinge Arm pintado.....	71
Figura 64: Base para el Motor y Bomba hidráulica.....	72
Figura 65: Acoplamiento de motor y bomba.....	73

Figura 66: Pulsador Eléctrico.....	74
Figura 67: Reservorio Hidráulico instalado.....	75
Figura 68: Válvula de alivio instalada.....	75
Figura 69: Manómetros y reguladora de caudal.....	76
Figura 70: Reguladora de Caudal instalado.....	76
Figura 71: Válvula check instalada.....	77
Figura 72: Mando Hidráulico instalado.....	78
Figura 73: Conjunto de Hinde Arm instalado.....	78
Figura 74: Ajuste de pernos de sujeción de Hinge Arm.....	79
Figura 75: Actuador Hidráulico instalado en la cabina de la aeronave...	79
Figura 76: Parte inferior del actuador hidráulico.....	80
Figura 77: Extensión y vástago del actuador hidráulico acoplados.....	80
Figura 78: Parte superior y punto de sujeción acoplados.....	81
Figura 79: Bushing acoplado.....	81
Figura 80: Componentes hidráulicos instalados.....	82
Figura 81: Cañerías y acoples ajustados.....	82
Figura 82: Cañerías de mando y actuador hidráulico.....	83
Figura 83: Cristal del canopy antes de pulir.....	83
Figura 84: Pulimento.....	84
Figura 85: Proceso de pulida.....	84
Figura 86: Cristal de canopy pulido.....	85
Figura 87: Pintura de color gris.....	85
Figura 88: Primer.....	86
Figura 89: Estructura del canopy lijado.....	86
Figura 90: Estructura del canopy enmascarado.....	87
Figura 91: Aplicación de primer.....	87
Figura 92: Aplicación de pintura color gris.....	88
Figura 93: Aplicación de pintura color blanca.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Magnitudes del Sistema Internacional.....	16
Tabla 2: Grados de viscosidad ISO.....	22
Tabla 3: Correlación entre grados de viscosidad SAE-ISO.....	22
Tabla 4: Rango de valores de la viscosidad cinemática.....	23
Tabla 5: Tabla de grados de filtración.....	26
Tabla 6: Factor de seguridad en mangueras flexibles, F_s	34
Tabla 7:Elementos del sistema del canopy del avión Cessna A-37B(Dragonfly).....	54
Tabla 8: Matriz de evaluación y decisión.....	59
Tabla 9: Simbología de los diagramas de procesos.....	90
Tabla 10: Costos primarios para la construcción del sistema hidráulico.....	104
Tabla 11: Costos secundarios invertidos en el proyecto.....	105
Tabla 12: Costos totales invertidos en el proyecto.....	105

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo ampliar el conocimiento del estudiante en el área práctica y así fortalecer el conocimiento de un **sistema hidráulico** y su aplicación en el funcionamiento de una aeronave mediante la **rehabilitación** del **canopy** del avión Cessna A-37B (Dragonfly), que servirá como guía a los docentes y estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas

En primer lugar en el proyecto, se pueden encontrar, temas relevantes para un buen entendimiento y desenvolvimiento en: partes, componentes hidráulicos, elementos estructurales y tipos de canopy, etc., colaborando con la impartición de clases teórico-prácticas

A su vez se detalla los **procesos**, métodos y/o pasos que se deben seguir en una adecuada rehabilitación e implementación para la operación de ascenso y descenso así como el bloqueo y desbloqueo del canopy en cabina, encontrando conceptos básicos sobre los mismos, los cuales ayudan a proveer la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto.

El proyecto fue analizado y diseñado de forma correcta para sus respectivas funciones en el montaje de partes y componentes de un sistema hidráulico. Se realizó pruebas de función y operación, para garantizar el estado de cada componente, mediante pasos descritos en los manuales guías desarrollados

PALABRAS CLAVES:

- Sistema Hidráulico
- Rehabilitación
- Procesos
- Canopy

ABSTRACT

This work aims to increase the student's knowledge in the area practiced and to enhance the knowledge of a hydraulic system and its application in the aircraft operation by restoring the canopy of Cessna A-37B (Dragonfly) which will serve as a guide for teachers and students of Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE. The first chapter contains relevant topics for a good understanding and development in: parts, hydraulic components, structural elements and types of canopy, etc., working with the teaching of theoretical and practical classes. In turn, the processes, methods and / or steps to be followed in a proper restoration and implementation to the operation of ascent and descent as well as locking and unlocking the cockpit canopy, finding the same basic concepts outlined, which will help to provide the information needed for the development of this project. The project was analyzed and designed properly to their respective roles in the assembly of parts and components of a hydraulic system, function and operation tests were performed to ensure the status of each component, with steps outlined in the manual developed guides.

KEYWORDS:

- Hydraulics
- Rehabilitation
- Processes
- Canopy

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TEMA: Rehabilitación del canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly) mediante un sistema hidráulico.

1.1 Antecedentes

El avance tecnológico hoy en día, exige de los centros de formación académica, un enorme esfuerzo que permitirá que sus estudiantes reciban una preparación del más alto nivel, de esta manera la UGT como centro de enseñanza brinda a través de los técnicos capacitados en aviación y personal docente una formación con bases sólidas para que el estudiante se desempeñe de buena manera en el campo profesional, pero el adiestramiento con los futuros técnicos se reforzaría al poseer las herramientas necesarias para la parte práctica de sus conocimientos.

Así mismo, se pudo determinar necesidades de los docentes de materias técnicas como la de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, para desarrollar la innovación tecnológica se crea la idea de rehabilitar el Canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly) mediante un sistema hidráulico y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Mecánica, lo que desarrolla que los estudiantes comprendan en un futuro las operaciones que se realizan en una aeronave.

1.2 Planteamiento del Problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías fue creada para brindar servicios de carácter académico con carreras como: Seguridad Aérea y Terrestre, Logística y Transporte, Mecánica Aeronáutica y Telemática.

La misma que en su Carrera de Mecánica Aeronáutica carece de aeronaves en buen estado con las cuales los estudiantes y docentes de la misma puedan realizar practicas

Dando origen a que los estudiantes no tengan mayor conocimiento en práctica como: uso de herramientas, búsqueda y manejo en el manual de mantenimiento, funcionamiento de herramientas y pérdida de tiempo.

Debido a este inconveniente seguirá la insatisfacción de los estudiantes, las habilidades y destrezas serán mínimas impidiendo la aplicación práctica de los conocimientos, esto conlleva a que la institución pueda tener inconveniente en ser un centro de educación superior de calidad exigido por organismos reguladores como: Consejo de Educación Superior (CES), Sistema de Aseguramiento de la Calidad de Educación Superior (SACES), Secretaria Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología e Innovación (SENESCYT).

Cabe mencionar que las secretarías antes mencionadas son organismos que controlan la eficiencia en la aplicación de los conocimientos adquiridos para el desarrollo tecnológico en las diferentes ramas académicas de la institución.

Por lo indicado es necesario que faciliten el desarrollo de prácticas a los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

1.3 Justificación e Importancia

Es necesario que en la Unidad de Gestión de Tecnologías se realice la implementación de un material didáctico para realizar prácticas de forma eficiente y de esta manera aplicar los conocimientos teóricos adquiridos por los estudiantes, facilitando así el entendimiento del funcionamiento de distintos sistemas de una aeronave.

Durante el transcurso académico de los estudiantes reciben instrucción teórica lo cual no es suficiente para mejorar sus conocimientos.

Para lo cual el proyecto denominado rehabilitación el Canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly) mediante un sistema hidráulico brindará la completa instalación de un sistema hidráulico, del cual se valdrán sus instructores para transmitir conocimientos práctico y a la vez percibir el aprendizaje de los mismos, aplicados en una aeronave que conste con los sistemas básico, que conllevan a un aprendizaje significativo a los estudiantes.

Además ayuda a:

- Mejorar el rendimiento académico ,
- Una mayor familiarización con el campo aeronáutico
- Mayor destrezas por parte de los estudiantes
- Adquirir conocimientos del correcto funcionamiento de componentes aeronáuticos.

De este modo es muy importante realizar la rehabilitación del Canopy para que facilite los trabajos a realizarse en la aeronave, el estudiante a futuro obtendrá vastos conocimientos prácticos para que se desenvuelva en su función.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Realizar la rehabilitación del canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly) mediante un sistema hidráulico para facilitar el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Recopilar información técnica pertinente al canopy, en base a la necesidad de la aeronave.
- b) Determinar requerimientos técnicos para la rehabilitación del canopy de la cabina.

- c) Localizar cada defecto en el canopy que no permita su correcto desempeño.
- d) Establecer lineamientos para la correcta utilización del sistema del canopy.

1.5 Alcance

El presente proyecto permitirá a todos los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías, especialmente a los que compete el área de mantenimiento, puedan comprender de una mejor manera práctica el procedimiento del funcionamiento de un sistema hidráulico y su aplicación en el campo aeronáutico.

Además el presente trabajo proporcionara una ayuda a personal de mantenimiento y/o estudiantes ya que facilitara el montaje de los diferentes componentes de un sistema hidráulico y su utilizará para posteriores trabajos que se requiera su utilización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos de la aeronave

2.1.1 Historia del avión Cessna A-37B (Dragonfly)

El avión Cessna A-37B Dragonfly es una aeronave diseñada para cometidos de ataque ligero y tareas de reconocimiento, surge a principios de los años sesenta, como consecuencia del interés de Estados Unidos por aeronaves del tipo "Coin" (Contra insurgencia o antiguerrilla) para ser empleados en conflictos de "baja intensidad". La USAF inició una serie de evaluaciones de los aviones disponibles en su Centro de Guerra Aérea Especial y utilizó para este estudio al entrenador Cessna T-37B.

A este avión se le realizó modificaciones para aumentar sus prestaciones, uno de estos cambios fue incluir motores General Electric J-85 que duplicaron su potencia original, a este prototipo se le denominó YAT-37D, se le hicieron más pruebas incrementando el peso total del avión que alcanzó los 6.350 kgs., mucho más del doble del T-37B. Estados Unidos entró en la Guerra de Vietnam y ya en 1966 comenzó la transformación de los primeros T-37B en los Cessna A-37A Dragonfly, con motores J-85, un fuselaje más reforzado, tanques de borde marginal fijos que aumentan la capacidad interna de combustible a 1.920 lts. y ocho soportes subalares para una gran diversidad de armas y otras cargas. En 1967, veinticinco Cessna A-37A comenzaron a servir en Vietnam, permaneciendo en ese lugar hasta después de la retirada norteamericana.

A finales de este año finalizó el diseño definitivo del A-37B y para 1977 ya se habían entregado cerca de 600 unidades de este avión, la mayoría fueron recibidos por la Guardia Aérea Nacional y el resto fueron cedidos a países aliados.

El Cessna A-37B Dragonfly es muy económico de operar, con una nueva célula reforzada, posee una planta motriz compuesta por dos turboreactores General Electric J-85-17A generando 1290 kgs. de empuje, una velocidad máxima de 816 kms./h. y una autonomía de 1.480 kms., el tren de aterrizaje es de operación hidráulica, flaps de ranura, aerofrenos ventrales, la cabina posee una aviónica bastante completa que incluye instrumentos para vuelo nocturno y con mal tiempo, asientos lanzables a cada lado, sonda de reaprovisionamiento en vuelo en la pero la, instalación de tanques de combustible subalares en los pilones internos.

2.1.2 Características técnicas del avión Cessna A-37B (Dragonfly)

Avión de ataque ligero, de alas rectas para tener buen performance de vuelo a baja altitud, el avión es un birreactor de construcción totalmente metálica, biplaza con asientos lado a lado para el alumno y el instructor, de construcción resistente para poder mantenerse volando en caso de recibir ataques desde tierra, en las misiones de penetración profunda volando a baja altitud sobre territorio enemigo y para el respaldo de tropas desde el aire.

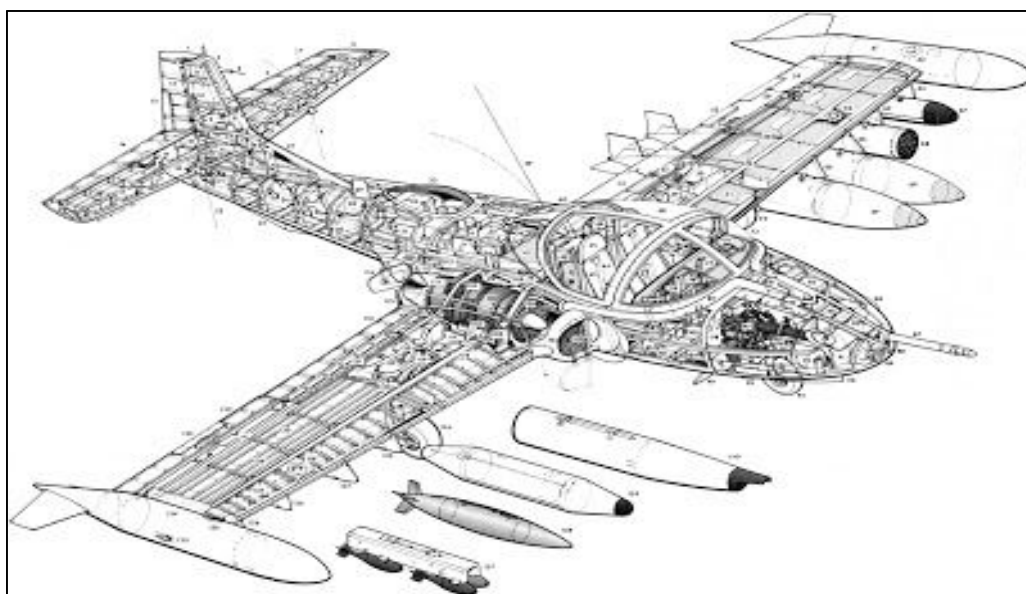


Figura 1: Avión Cessna A-37B (Dragonfly)

Fuente: <http://www.geocities.com/fae816/dragonfly.html>

2.1.3 Especificaciones Técnicas del Avión Cessna A-37B (Dragonfly)

Características

- Tripulación: 2
- Longitud: 8,62 m
- Envergadura: 10,93 m (incluyendo tanques de punta alar)
- Altura: 2,7 m
- Superficie alar: 17,09 m²
- Peso vacío: 2.817 kg
- Peso máximo al despegue: 6.350 kg
- Planta motriz: 2x Turborreactor General Electric J85-GE-17A.
 - Empuje normal: 12,7 kN (2.850 lbf) de empuje cada uno.

Rendimiento

- Velocidad máxima operativa (V_{no}): 879 km/h a 16.000 pies
- Velocidad crucero (V_c): 800 km/h a 25.000 pies
- Alcance: 1.480 km
- Radio de acción: 740 km con 4.100 libras de carga bélica
- Techo de servicio: 13.750 m
- Régimen de ascenso: 38,5 m/s

Armamento

- Ametralladoras: 1x Minigun GAU-2B/A de 7,62 mm en el morro
- Puntos de anclaje: 8 pilones subalares con una capacidad de 1.230 kg, para cargar una combinación de:
- Bombas: 4x Mark 82 de 241 kg (500 lb), dispensador de bombetas SUU-14
- Cohetes: Contenedores LAU-32/A de 7 cohetes Mk 4/Mk 40 FFAR de 70 mm
- Misiles: Misiles aire-aire de corto alcance AIM-9 Sidewinder

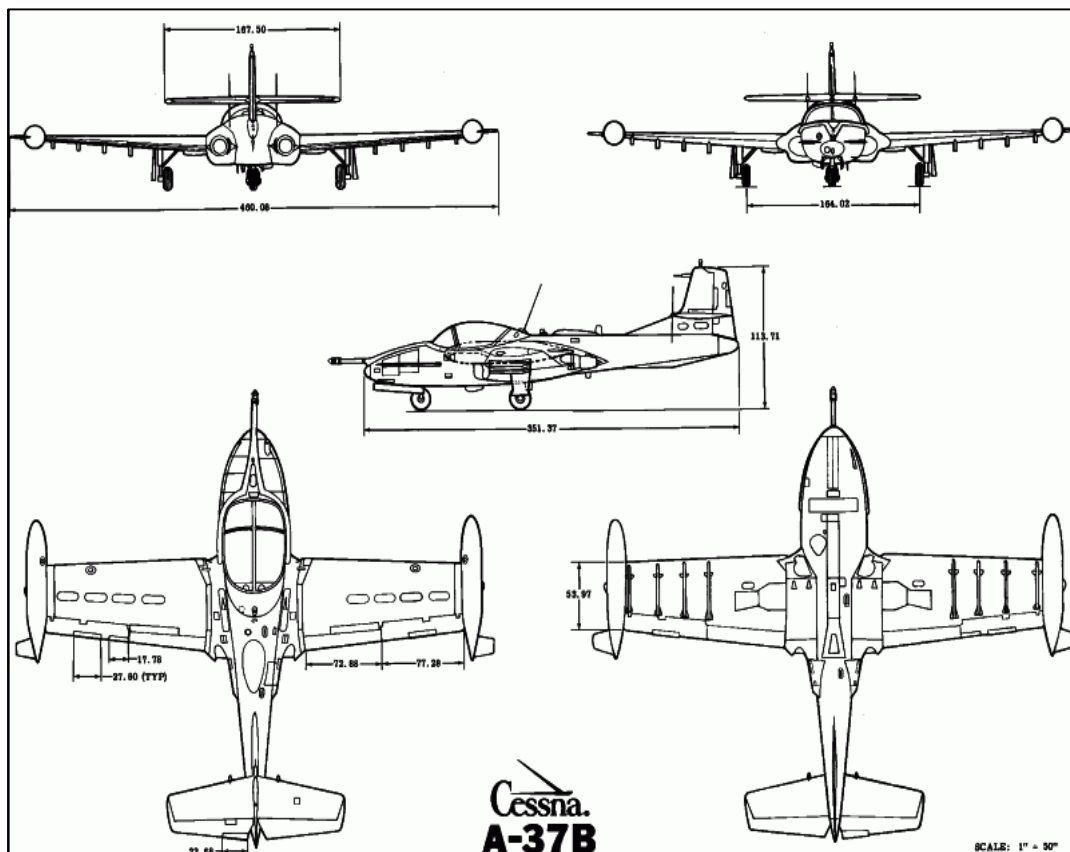


Figura 2: Especificaciones y dimensiones del avión Cessna A-27B (Dragonfly)

Fuente: <http://www.geocities.com/fae816/dragonfly.html>

2.2 Fundamentos de canopy

2.2.1 Definición de Canopy

El canopy (o cabina tipo burbuja) es una cabina de vuelo de un avión hecha como una pompa de jabón, que intenta proporcionar una visión de 360° al piloto.

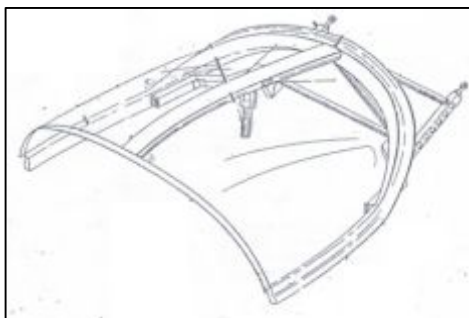


Figura 3 Canopy del avión Cessna A-37B (Dragonfly)

Fuente: (AMM) Cessna A-37B Aircraft Manual Maintenance

2.2.2 Historia de Canopy

Las cabinas de burbuja vienen siendo usadas desde la Segunda Guerra Mundial. Los británicos ya había desarrollado la "Malcolm hood", que era una cabina abultada, siendo el Miles M.20 uno de los primeros diseños de aeronave en ofrecer una verdadera cabina en burbuja. A pesar de que ese modelo nunca entrara en producción la idea de la cabina en burbuja fue usada en otros cazas británicos, como el Hawker Typhoon y el Tempest. También fue tomada por los Estados Unidos para los P-51 Mustang y P-47 Thunderbolt entre otros.

Los primeros aviones no tenía marquesinas en absoluto. Los pilotos fueron expuestos al viento y el tiempo, aunque la mayor parte del vuelo se realizó en un buen clima. A través de la Primera Guerra Mundial la mayoría de aviones no tenían canopy, aunque a menudo tenían un pequeño parabrisas para desviar el viento de golpear al piloto en la cara. En los años 1920 y 1930, el aumento de la velocidad y la altitud de los aviones hicieron necesaria una cabina completamente cerrada y marquesinas se hicieron más comunes.

Los primeros toldos estaban hechos de numerosas piezas de la placa de vidrio se mantiene en posición por un bastidor y montantes. Los montantes reducen la visibilidad, lo que era especialmente problemático para los aviones militares. También, cubiertas de vidrio son mucho más pesados que toldos acrílicos, que se introdujeron por primera vez poco antes de la Segunda Guerra Mundial. El pabellón de la burbuja de acrílico se utiliza en los aviones, como el Spitfire y Westland Whirlwind, que dio mejor visibilidad panorámica y un peso reducido.

2.2.3 Propósito de Canopy en la Aeronave

El propósito de una cabina de burbuja es proporcionar al piloto un ángulo de visión mucho más amplio que las cabinas empotradas. Como se puede ver entre los primeros modelos de los P-47 y P-51 (aún sin cabina de

burbuja), estos dejaban una zona ciega notable detrás del piloto que los pilotos enemigos pueden aprovechar para acercarse sin ser vistos.

Las cabinas tipo burbuja incrementan el campo de visión del piloto a expensas de armadura trasera en la cabina, haciendo al piloto más vulnerable ante los disparos de cañón enemigos desde atrás. Esto es un problema menor en los cazas a reacción modernos donde la mayoría de los combates aéreos son resueltos mediante misiles aire-aire.

2.2.4 Funcionamiento Orinal del conjunto de canopy en al avión Cessna A-37 (Dragonfly)

El conjunto de canopy es controlado de las siguientes maneras:

Eléctricamente:

- a) En el interior de la cabina en el cuadrante de control mediante un switch marcado con las posiciones de Open y Close.
- b) Mediante la decluth handle o palanca y un swith con las posiciones de Internal y External ubicada el lado izquierdo de la cabina.
- c) En la parte izquierda del compartimiento de la nariz se encuentra el panel del circuit breaker y un swith con dos posiciones marcadas Normal y External power

Manual

Dentro de la puerta de acceso en lado izquierdo de la aeronave se encuentra la decluth handle la cual también puede ser accionar desde adentro de la cabina abriendo la cremallera ubicada a lado izquierdo de la cabina

Ballistic (JETTISON)

- a) Sobre cada uno de los asientos se encuentran interconectados con los pedales
- b) En medio de la puerta de acceso en el lado izquierdo del aeronave se encuentra la Canopy jettison handle

2.3 Sistema hidráulico

2.3.1 Fundamentos de la hidráulica

La hidráulica es la tecnología o estudio de presión y flujo del Líquido. Los Líquidos son materiales que se vierten y toman la forma de sus contenedores. Ejemplos de líquidos son el aceite y el agua.

Los fundamentos de la hidráulica se basan en dos principios fundamentales de la física, a saber:

Los fundamentos de la hidráulica se basan en dos principios fundamentales de la física, a saber:

- **Principio de Pascal:** el cual expresa que la presión que ejerce un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

- **Principio de Bernoulli:** expone que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes: cinética (que es la energía debida a la velocidad que posee el fluido), potencial o gravitacional (que es la energía debido a la altitud del fluido), y una energía que se llama "flujo" (que es la energía que un fluido contiene debido a su presión).

En la siguiente ecuación, conocida como "Ecuación de Bernoulli" expresa matemáticamente este concepto:

$$\frac{v^2 \cdot \rho}{2} + P + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$$

Siendo,

v la velocidad del fluido en la sección considerada;

ρ la densidad del fluido;

P es la presión del fluido a lo largo de la línea de flujo;

g la aceleración de la gravedad;

2.3.2 Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos es la rama de la mecánica de medios continuos, rama de la física a su vez, que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos) así como las fuerzas que lo provocan. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida). También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita.

2.3.3 Conceptos de mecánica de fluidos

2.3.3.1 Presión.

Es la fuerza aplicada por unidad de superficie. Es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción es decir:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

Por consiguiente se obtiene las siguientes observaciones:

El aceite ejerce una fuerza de igual valor en todas las direcciones de la superficie del recipiente que lo contiene. El líquido en un recipiente será presurizado y transmitido con igual fuerza.

Se utilizan otras unidades como:

- 1 KiloPascal = 1000 Pascal
- 1 MegaPascal = 1000000 Pascal
- 1 Bar = 101.325 Pascal
- 1 Bar = 1Kg/cm²
- 1 Atm = 760 mmHg
- 1 Atm = 1024 bar

Los datos de presión están relacionados con una presión de referencia que suele ser la presión atmosférica y esta oscila entre 0,98 y 1,04 bar según las condiciones climatológicas

2.3.3.2 Caudal

Se puede definir como la cantidad de fluido que pasa por una determinada en la unidad de tiempo.

Caudal= Volumen / Tiempo

Existen dos formas de expresar el caudal:

1. Caudal másico.- Cantidad de masa de un fluido que pasa por una sección en una unidad de tiempo.
2. Caudal volumétrico. - Volumen del fluido que pasa por una sección en la unidad de tiempo.

2.3.3.3 Punto de fluidez

Está caracterizado por la temperatura más baja a la que un líquido puede fluir. Es una especificación muy importante si el sistema hidráulico está expuesto a temperaturas extremadamente bajas.

2.3.3.4 Índice de viscosidad (I.V.).

Existen diferentes tablas de clasificación de los aceites en función de su viscosidad. Destaca la americana S.A.E. en la que se obtiene la viscosidad del aceite en cuestión, comparándola con dos aceites patrones. Como la viscosidad es función de la temperatura, para los aceites de automoción se indican dos viscosidades, por ejemplo 15W40, donde 40 representa la viscosidad a temperatura de arranque y 15 a la temperatura normal de funcionamiento de la máquina.

2.3.3.5 Capacidad de lubricación.

Todo ingenio mecánico que tenga partes móviles con rozamiento entre ellas presenta una holgura controlada, en la que se deposita una película de aceite que impide la fricción entre dichas piezas, alargando la vida útil de la

máquina y aumentando el rendimiento total, puesto que reduce el rozamiento.

2.3.3.6 Resistencia a la oxidación.

Los aceites no sintéticos, son compuestos orgánicos derivados del petróleo con componentes químicos, tales como el carbono e hidrógeno, que reaccionan fácilmente con el oxígeno atmosférico, degradando considerablemente al aceite. Aunque la oxidación aumenta con la temperatura, no es significativa para temperaturas inferiores a los 57 °C.

2.3.3.7 Régimen laminar.

Se produce cuando las moléculas del fluido se desplazan dentro de una conducción de forma ordenada.

2.3.3.8 Régimen turbulento.

Se produce cuando las moléculas del fluido se desplazan dentro de una conducción de forma desordenada.

2.3.3.9 Densidad (ρ).

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2.3.3.10 Cavitación.

Fenómeno que produce que en un fluido se forme una bolsa de vapor (de ese fluido) que vuelve a condensarse. Este fenómeno erosiona las partes metálicas que tiene a su alrededor, al someterlas a grandes gradientes de presión.

2.3.3.11 Fuerza.

Una fuerza es cualquier causa o influencia capaz de producir un cambio en el movimiento de un cuerpo.

Unidades:

Sistema Ingles: Libra-Fuerza (Lb-f)

Sistema Internacional: Newton (N)

2.3.3.12 Energía.

Es la condición de movimiento o movimiento de un cuerpo por la aplicación de una fuerza.

Tipos de energía:

- Energía mecánica.
- Energía térmica.
- Energía eléctrica.
- Energía luminosa.
- Energía química.
- Energía sonora.

2.3.4 Ley de la conservación de la energía

Ésta dice que la energía no puede ser creada ni destruida, aunque puede ser transformada de una forma a otra.

2.3.5 Trabajo

Es la aplicación de una fuerza para causar el movimiento de un objeto a través de una distancia dada.

Trabajo = Fuerza x Distancia

Unidades: S. Inglés: Pie x libra-fuerza (Pie-Lbf)

S.Internacional: Joule (J)=1N x 1m= Nm

2.3.6 Potencia

Es la rapidez o tasa con la que se realiza un trabajo Potencia = (Fuerza x Distancia) / Tiempo $P = (FxD)/T$

Unidades:

S. Inglés: Caballo de potencia (HP) S. I.: Watt (W)

Caballos de fuerza

$HP = (550 \text{ Lbf} \times 1 \text{ ft}) / 1 \text{ Seg}$

$HP = 550 \text{ Ft-Lbf/seg} = 745 \text{ Watts}$

2.3.7 Unidades.

Sistema Inglés: Caballo de potencia (HP)

Sistema Internacional: son magnitudes básicas del sistema internacional

Tabla 2: Magnitudes del Sistema Internacional.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	S
Temperatura	Grados Kelvin	K
Intensidad de corriente eléctrica	Ampere	A
Intensidad luminosa	Candela	Cd
Cantidad de sustancia	Mol	Mol

2.3.8 Propiedades de los Fluidos.

Fluido es aquella sustancia que debido a su poca cohesión intermolecular, (Las fuerzas intermoleculares son el conjunto de fuerzas atractivas y repulsivas que se producen entre las moléculas como consecuencia de la polaridad que poseen las moléculas), carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos se clasifican en líquidos y gases; los líquidos ofrecen gran resistencia al cambio de volumen, pero no de forma; en cambio los gases ofrecen poca resistencia al cambio de forma y de volumen, todo esto debido a la fuerza de cohesión de las moléculas (nula en casi todos los gases). Los sólidos y los líquidos son poco comprensibles, para efecto de cálculos se los considera incompresibles a diferencia de los gases en los cuales esta capacidad es muy alta.

Las propiedades que poseen los fluidos, se detalla a continuación, se debe aclarar que se han omitido definiciones de algunas otras propiedades, ya que se las ha considerado innecesarias.

2.3.8.1 Densidad

Se define a la densidad (p) como la cantidad de masa por unidad de volumen de un cuerpo.

$$p = m/V$$

2.3.8.2 Peso específico.

El peso específico (y) de una sustancia, es el cociente entre su peso y su volumen.

$$Y = m \cdot g/v$$

$$Y = (m/v)g$$

$$Y = p \cdot g$$

Siendo

$$W = m \cdot g$$

2.3.8.3 Viscosidad.

La viscosidad de un líquido es la resistencia que ponen sus partículas a su desplazamiento. Para efectos de estudio se la divide en dos clases: viscosidad convencional y viscosidad absoluta (que se divide a su vez en: dinámica y cinemática); la diferencia entre estas dos clases, radica en la exactitud de medida que brinda la viscosidad absoluta. La viscosidad cinemática se define como la resistencia a fluir de un fluido bajo la acción de la gravedad. En el interior de un fluido, dentro de un recipiente, la presión hidrostática (la presión debida al peso del fluido) está en función de la densidad.

2.3.8.4 Punto de inflamación.

Se llama punto de inflamación a la temperatura mínima en la cual un aceite empieza a emitir vapores inflamables. Está relacionada con la volatilidad del aceite. Cuanto más bajo sea este punto, más volátil será el aceite y tendrá más tendencia a la inflamación. Un punto de inflamación alto es signo de calidad en el aceite.

En los aceites industriales el punto de inflamación suele estar entre 80 y 232 °C, y en los de automoción entre 260 y 354°C. El punto de inflamación también orienta sobre la presencia de contaminantes, especialmente gases (los cuales pueden reducir la temperatura de inflamación hasta 50°C en algunos aceites), riesgo de incendios a causa de los vapores y procesos no adecuados en la elaboración del aceite.

2.3.8.5 Punto de combustión.

Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman, y permanecen ardiendo al menos 5 segundos al acercársele una llama. El punto de combustión suele estar entre 30 y 60 ° por encima del punto de inflamación.

2.3.8.6 Punto de congelación.

El punto de congelación (también llamado punto de fluidez) es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. Se expresa en múltiplos de 3°C o 5°F.

2.3.9 Componentes de un sistema hidráulico

2.3.9.1 Fluido hidráulico

Es una sustancia que toma siempre la forma del recipiente donde está contenido.

Para que un fluido pueda ser empleado como líquido del circuito de un sistema hidráulico, éste deberá presentar las siguientes propiedades:

- Ser un fluido incompresible para un rango amplio de presiones;
- Ofrecer una buena capacidad de lubricación en metales y gomas;

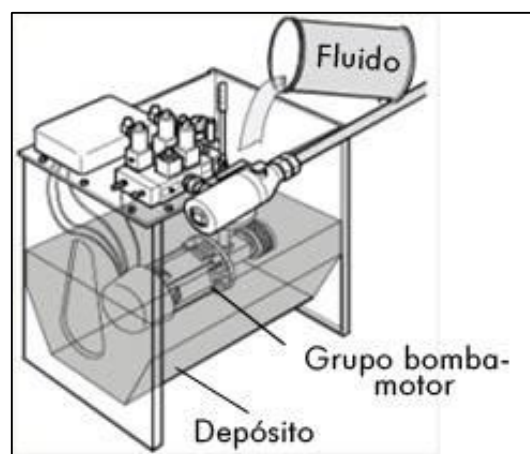


Figura 4: Fluido hidráulico

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- Buena viscosidad con un alto punto de ebullición y bajo punto de congelación (el rango de trabajo debe oscilar entre -70°C hasta +80°C);
- Presentar un punto de auto ignición superior, al menos a los 100°C;
- No ser inflamable;

- Ser químicamente inerte y no corrosivo;
- Ser un buen disipador de calor, al funcionar también como refrigerante del sistema;
- Presentar buenas condiciones en cuanto a su almacenamiento y manipulación.
- Los fluidos hidráulicos presentes en el mercado se pueden agrupar, en general, en tres grandes grupos:

- **1- Fluidos sintéticos de base acuosa:** son resistentes a la inflamación.

A su vez, se subdividen en dos tipos:

- Emulsiones de agua y aceite. En este tipo de fluidos, además del aceite de base mineral emulsionable se emplean aditivos que le confieren propiedades antioxidantes, anti desgaste, etc.

- Soluciones de agua-glicol. Mezclas de 40% glicol y 60% agua, más aditivos especiales.

- **2- Fluidos sintéticos no acuosos:** son compuestos sintéticos orgánicos (fosfatos ésteres simples o clorados, hidrocarburos clorados y silicatos ésteres). Son caros, pero presentan un punto de inflamación muy alto.

- **3- Aceites minerales o sintéticos:** son hidrocarburos extraídos del petróleo a los que se le añaden aditivos químicos, que les confiere unas buenas prestaciones a un coste relativamente bajo. Son los más usados comercialmente.

La forma de denominar a los fluidos hidráulicos está regulada según la norma DIN 51524 y 51525. Así, los fluidos hidráulicos siguiendo esta normativa se denominan todos con la letra **H** a la que se le añaden otras letras, para indicar el tipo de aditivos o propiedades del fluido. A continuación, se muestra la designación de los fluidos hidráulicos según su tipo:

- **Aceites minerales o sintéticos:**

- **HH:** si se trata de un aceite mineral sin aditivos;

- **HL:** si se trata de un aceite mineral con propiedades antioxidantes y anticorrosivas;

- **HP (ó HLP):** aceite tipo HL con aditivos que mejoran la resistencia a cargas;

- **HM (ó HLM):** aceite mineral tipo HL que incluye además aditivos anti desgaste;

- **HV:** aceite tipo HM que además incorpora aditivos que mejoran su índice de viscosidad.

En ocasiones, a las siglas anteriores se les agrega un número que indica el coeficiente de viscosidad según DIN 51517 (clasificación de viscosidad según ISO). Ejemplo, *HLP 68*, que indica:

H: se trata de aceite hidráulico;

L: con aditivos para protección anticorrosivas, con propiedades antioxidantes;

P: posee aditivos que mejora la carga;

68: código de viscosidad, según DIN 51517.

- **Fluidos sintéticos de base acuosa:**

- **HFA:** emulsión de aceite en agua (contenido de agua: 80-98%);

- **HFB:** emulsión de agua en aceite (contenido de agua: 40%);

- **HFC:** solución de poliglicoles (contenido de agua: 35-55%);

- **HFD:** líquidos anhídricos (contenido de agua: 0-0,1%).

- **Fluidos sintéticos no acuosos:**

- **HFD-R:** aceite a base de esterfosfatos;

- **HFD-S:** aceite a base de hidrocarburos halogenados;

- **HFD-T:** aceite a base de mezcla de los anteriores.

Por otro lado, la propiedad que más distingue un fluido hidráulico de otro es la medida de su viscosidad. La norma DIN 51524 define los siguientes grados para la llamada viscosidad cinemática, según la tabla siguiente:

Tabla 2: Grados de viscosidad ISO

ISO Grados de viscosidad	Viscosidad cinemática (mm ² /s) a 40 °C	
	Mín.	Máx.
ISO VG 10	9,0	11,0
ISO VG 22	19,8	24,2
ISO VG 32	28,8	35,2
ISO VG 46	41,4	50,6
ISO VG 68	61,2	74,8
ISP VG 100	90,0	110,0

Decir que la viscosidad cinemática es el cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad del fluido. En el S.I. su unidad es el m^2/s , mientras que en el sistema C.G.S. su unidad es el cm^2/s , que se denomina *stokes (St)*.

Por otro lado, la unidad en el S.I. de la viscosidad dinámica o absoluta es el $kg/(m \cdot s)$ ó $Pa \cdot s$. En el sistema C.G.S., la unidad de la viscosidad absoluta es $g/(cm \cdot s)$, que se denomina *poise (P)*.

La viscosidad del aceite lubricante se expresa con un número SAE, definido por la Society of Automotive Engineers. Los números SAE están definidos como: 5W, 10W, 20W, 30W, 40W, etc. En la siguiente tabla se indica la correlación SAE-ISO:

Tabla 3: Correlación entre grados de viscosidad SAE-ISO

Grados SAE	Grados ISO VG	Áreas de Aplicación
30	100	Instalaciones en áreas cerradas, de difícil refrigeración y altos rangos de temperatura
20, 20W		
10W	46	Rangos normales de temperatura
5W	32	
	22	Aplicaciones abiertas, refrigeradas al aire, y maquinaria hidráulica móvil
	15	
	10	Bajas temperaturas

Todos los aceites lubricantes se adelgazan cuando su temperatura aumenta y por el contrario, se espesan cuando su temperatura disminuye. Si la viscosidad de un aceite lubricante es muy baja, habrá un excesivo escape por las juntas y los sellos. Si la viscosidad del aceite lubricante es muy alta, el aceite tiende a "pegarse" y se necesitará mayor fuerza para bombearlo a través del sistema. Se adjunta una tabla con los rangos permitidos de viscosidad para los fluidos hidráulicos.

Tabla 4: Rango de valores de la viscosidad cinemática

Viscosidad cinemática (mm²/s)	
Límite inferior	10
Rango ideal de viscosidad	de 15 a 100
Límite superior	750

2.3.9.2 Depósito hidráulico

El depósito o también llamado tanque hidráulico, cumple con varias funciones:

- Además de servir, como uso más inmediato, de dispositivo por donde se realiza el llenado y vaciado de fluido hidráulico, sirve también como depósito pulmón desde donde se realiza la aspiración por parte de la bomba.
- Sirve también como elemento disipador de calor a través de las paredes del tanque, refrigerando así el aceite contenido en su interior.
- Al servir como depósito de remanso del aceite, se usa también para la deposición en el fondo de partículas y contaminantes que se puedan arrastrar del circuito hidráulico, evitándose así que vuelvan a recircular.
- Para un circuito hidráulico se pueden fabricar dos tipos de tanques: presurizados y ventilados.

Los presurizados están sellados, evitándose así que penetre la suciedad y la humedad en su interior. La presión interna que se genera a medida que se calienta el fluido hidráulico también sirve para empujar el aceite hacia la bomba, evitando que se produzca la cavitación de la misma. No obstante, como medida de seguridad se debe instalar una válvula hidráulica de alivio, que se utiliza para evitar que se pueda alcanzar un exceso de presión a medida que el aceite se calienta, y que pudiera exceder la seguridad del tanque.



Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/06/deposito-hidraulicos.html>

Por otro lado, los tanques ventilados, al estar abiertos a la atmósfera, permiten que haya compensación de presión cuando se producen cambios en los niveles o en la temperatura del aceite, y no necesitan de válvula de alivio.

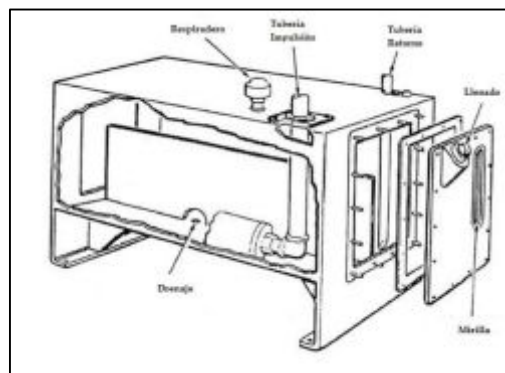


Figura 6: Tanque no presurizado

Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/06/deposito-hidraulicos.html>

Se adjunta la simbología ISO de los tanques hidráulicos, según el tipo:

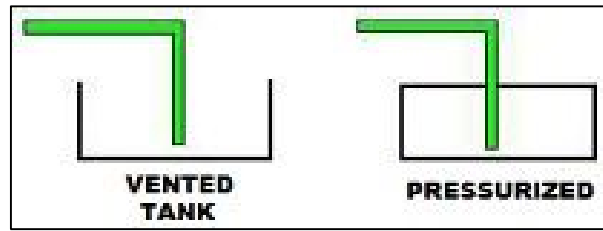


Figura 7 Esquema de representación de un tanque hidráulico
Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/06/deposito-hidraulicos.html>

2.3.9.3 Tapa de llenado.

Mantiene los contaminantes fuera de la abertura usada para llenar y añadir aceite al tanque. En los tanques presurizados la tapa de llenado mantiene hermético el sistema.

2.3.9.4 Mirilla.

Permite revisar el nivel de aceite del tanque hidráulico. El nivel de aceite debe revisarse cuando el aceite está frío. Si el aceite está en un nivel a mitad de la mirilla, indica que el nivel de aceite es correcto.

2.3.9.5 Drenaje.

Ubicado en el punto más bajo del tanque, el drenaje permite sacar el aceite en la operación de cambio de aceite. El drenaje también permite retirar del aceite contaminante como el agua y sedimentos.

2.3.9.6 Filtros

Un filtro hidráulico es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica, de lubricación o de engrase. Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico.

La filtración del fluido hidráulico es necesaria para evitar que la suciedad producida por el funcionamiento normal del sistema termine afectando a elementos sensibles de la instalación, como puedan ser, válvulas o la propia bomba hidráulica.

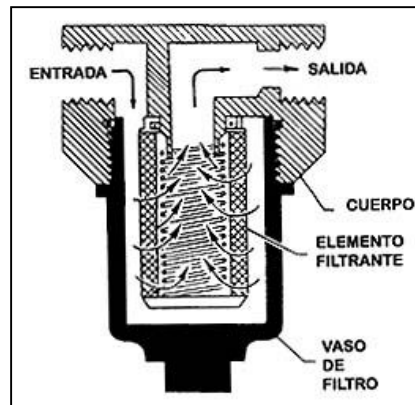


Figura 8: Esquema de un filtro de succión

Fuente: http://lvula_de_alivio_de_presi%C3%B3n#mediaviewer/Archivo

En la siguiente tabla se recogen los distintos grados de filtración exigidos, según la aplicación del sistema hidráulico.

Tabla 5: Tabla de grados de filtración

Grados de Filtración, en μm	Tipo de Sistema Hidráulico
1-2	Para impurezas finas en sistemas altamente sensibles con gran fiabilidad, preferentemente en aviación y laboratorios.
2-5	Para sistemas de mando y control sensibles y de alta presión, con aplicaciones frecuentes en la aviación, robots industriales y máquinas herramientas.
5-10	Para sistemas hidráulicos de alta calidad y fiabilidad, con previsible larga vida útil de sus componentes.
10-20	Para hidráulica general y sistemas hidráulicos móviles, que manejen presiones medianas y tamaños intermedios.

15-25	Para sistemas de baja presión en la industria pesada o para sistemas de vida útil limitada.
--------------	---

Para sistemas de baja presión con holguras grandes.

20-40

2.3.9.7 Bomba hidráulica

La bomba hidráulica es el componente que genera el flujo dentro del circuito hidráulico, y está definida por la capacidad de caudal que es capaz de generar, como ejemplo, galones por minuto, litros por minuto, o centímetros cúbicos por revolución. Hay dos grandes grupos de bombas: rotativas y alternativas.

A) Bombas rotativas:

Dentro de la familia de bombas rotativas, se encuentran los siguientes tipos:

- **Bombas de engranajes:** Las bombas de engranajes son compactas, relativamente económicas y tienen pocas piezas móviles, lo que les confiere tener un buen rendimiento.

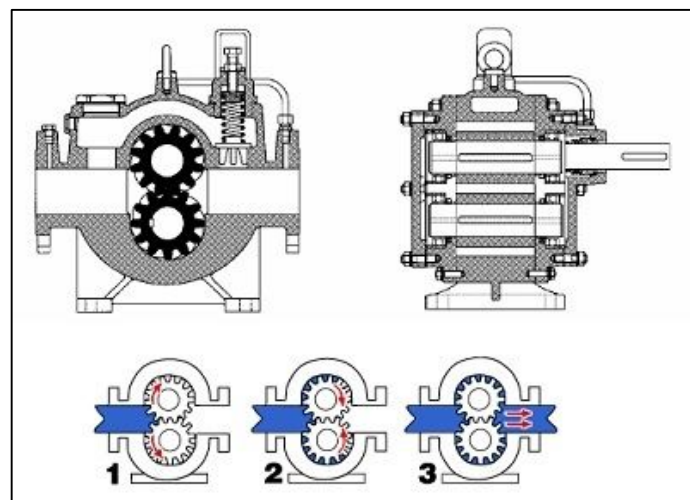


Figura 9: Bomba de engranaje. Principio de funcionamiento.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico>

- **Bombas lobulares:** son bastante semejantes a las de engranajes, pero con un número de dientes menor y con rangos de funcionamiento menores. Normalmente se utilizan para incrementos de presiones bajas donde puede haber problemas de erosión en los dientes si se empleara una bomba de engranajes.



Figura 10: Bomba hidráulica de tipo lobular
Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- **Bombas de paletas:** básicamente constan de un rotor, paletas deslizantes y una carcasa. Se dividen en dos grandes tipos, compensadas y no compensadas.

En las bombas de paletas no compensadas cuando el rotor gira desplaza las paletas hacia fuera debido a la fuerza centrífuga, haciendo contacto con el anillo, o la carcasa, por lo que se forma un sello positivo. El fluido en este tipo de bombas entra y va llenando la porción de volumen mayor que se genera con el hueco dejado por el rotor descentrado dentro de la carcasa. Al girar entonces se genera una fuerza que empuja el fluido hacia afuera. Se denominan de paletas no compensadas porque una mitad del mecanismo de bombeo se encuentra a una presión inferior a la atmosférica, mientras que la otra mitad estará sometida a la presión de trabajo propia del sistema.

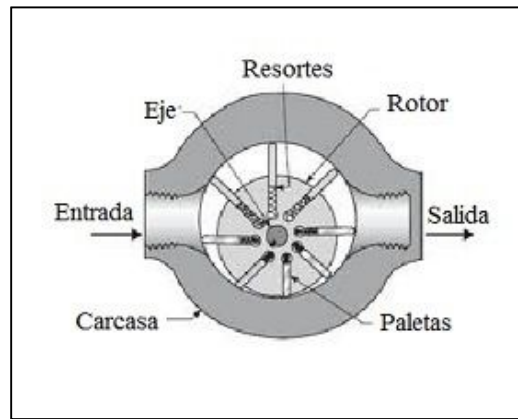


Figura 11: Esquema de una bomba de paletas
Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

Para equilibrar los esfuerzos dentro de la bomba se desarrollaron las llamadas bombas de paletas compensadas. En este tipo se cambia la forma circular de la carcasa por otra forma geométrica en forma de leva, que consigue equilibrar las presiones interiores.

B) Bombas hidráulicas alternativas:

- **Bombas de émbolos o pistones:** en este tipo de bombas se convierte el movimiento giratorio de entrada de un eje en un movimiento de salida axial del pistón. Son un tipo de bombas por lo general, de construcción muy robusta y adecuada para presiones y caudales altos. Su rendimiento volumétrico también es alto.

Se pueden distinguir tres tipos de bombas de pistones:

1. *Pistones en línea:* tienen una construcción muy simple y el rendimiento que son capaces de obtener puede llegar al 97%.

2. *Bombas de pistones radiales:* en este tipo se puede también regular el caudal de cada pistón. Su cilindrada puede ser fija o variable, y el rendimiento puede llegar a ser de un 99 %.

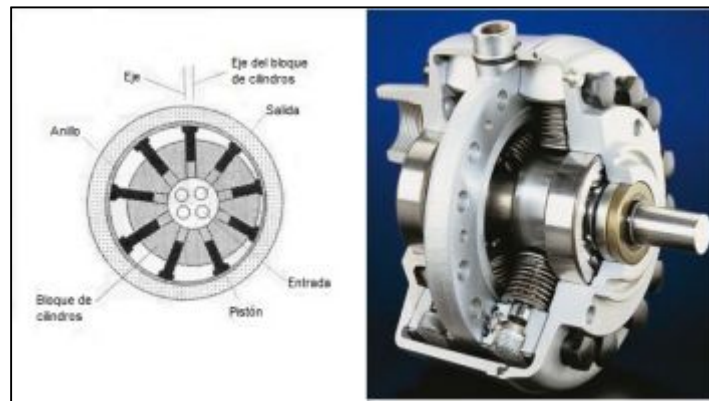


Figura 12: Bomba de pistones radiales
Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

3. *Bombas de pistones axiales*: también pueden ser de cilindrada fija o variable. En las que son de caudal variable, pueden autorregularse.

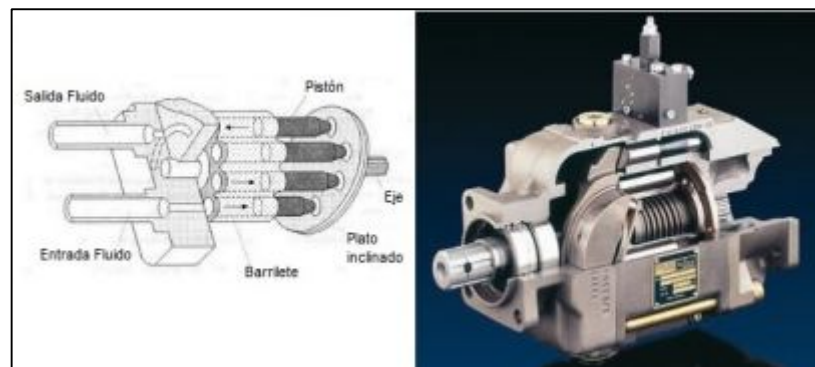


Figura 13: Bomba de pistones axiales
Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- **Bombas de diafragma:** en este tipo de bombas el flujo se consigue por el empuje de unas paredes elásticas, de membrana o diafragma, que varían el volumen de la cámara, aumentándolo y disminuyéndolo alternativamente.

2.3.9.8 Cilindro actuador

El cilindro actuador es el elemento final que transmite la energía mecánica o empuje a la carga que se desee mover o desplazar. Aunque hay actuadores de tipo rotativo, los más conocidos son los cilindros lineales.

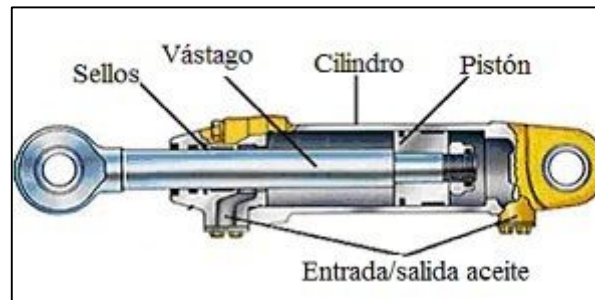


Figura 14: Cilindro hidráulico

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

Los cilindros lineales pueden ser de simple o de doble efecto. En los cilindros de simple efecto el aceite entra sólo por un lado del émbolo, por lo que sólo puede transmitir esfuerzo en un sentido. El retroceso se consigue o bien por el peso propio del cilindro, bien por la acción de un muelle o por una fuerza exterior (ejemplo, la propia carga que se eleva). Por el contrario, en los cilindros de doble efecto, el aceite puede entrar por los dos lados del émbolo, por lo que puede transmitir esfuerzo en los dos sentidos del movimiento.

Uno de los aspectos a tener en cuenta en el diseño de un cilindro hidráulico es cómo realizar el amortiguamiento o frenada del movimiento del vástago, cuando éste se acerca al final de carrera, evitando así que se produzcan impactos entre el pistón interior y la tapa del cilindro.

Para ello los cilindros hidráulicos disponen de un pivote amortiguador que paulatinamente reduce la salida del aceite hasta que, poco antes de llegar al final de carrera, cierra totalmente el paso del caudal de salida del aceite, "bypasseando" el flujo mediante una válvula de estrangulamiento por donde se evacua el resto del aceite. De este modo se va disminuyendo progresivamente la velocidad del cilindro y el pistón se consigue frenar suavemente. Este tipo de amortiguamiento para las posiciones finales de carrera se utiliza si las velocidades del cilindro oscilan entre 6 m/min y 20 m/min.

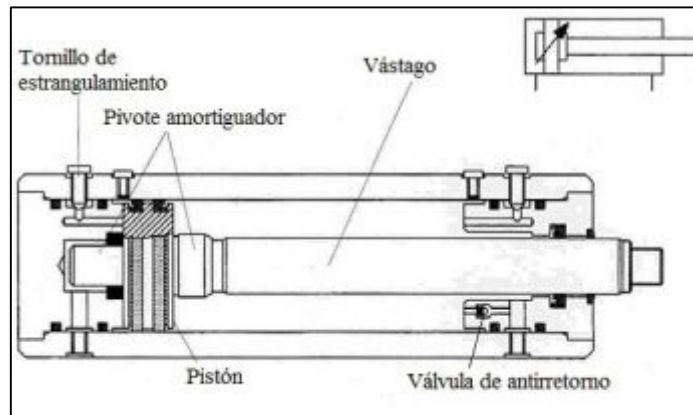


Figura 15: Amortiguamiento del cilindro en final de carrera
Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

Por último, cabe indicar un aspecto a tener muy en cuenta en el diseño de los cilindros hidráulicos, y en concreto, en lo que se refiere al vástago.

En efecto, cualquier pieza esbelta sometida a esfuerzos de compresión, y el vástago estará sometido a este tipo de sollicitación, corre el riesgo de sufrir el fenómeno de pandeo.

2.3.9.9 Tuberías hidráulicas

Para la conducción del fluido hidráulico se emplean tanto tuberías rígidas de acero sin soldadura, como mangueras flexibles, evitándose en todo momento emplear elementos galvanizados, dado que el zinc presente puede ser muy reactivo con ciertos aditivos presentes en los fluidos hidráulicos.

Las tuberías hidráulicas pueden ser de dos tipos:

- Tuberías Rígidas o Metálicas
- Tuberías flexibles

- Tuberías Flexibles.

Se denominan tuberías flexibles a un elemento tubular flexible, fabricado de goma natural o de cauchos sintéticos, estas son empleadas en todas aquellas zonas en las que existe un movimiento relativo entre los

componentes de un circuito. Las tuberías de conexión de las bombas son flexibles con el fin de absorber los movimientos que produce la impulsión del líquido.

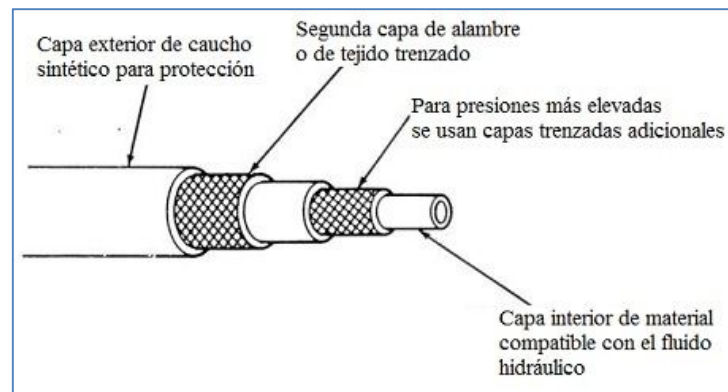


Figura 16: Tuberías Flexibles.

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- Tuberías Rígidas.

Son fabricadas de aleación de aluminio, de aleación de titanio, de acero y entre otros materiales; y se tiene en cuenta que se debe emplear racores de iguales materiales para su unión. Se utiliza una tubería metálica en estos tres casos:

- Cuando la línea no está sometida a vibraciones importantes,
- Cuando no conecte elementos que se desplacen uno respecto al otro,
- Cuando no pertenece a líneas de conexión directa a las bombas.



Figura 17: Tuberías Rígidas

Fuente. (http://www.parker.com/parkerimages/Parker.com/Divisions-2011/Hose%20Products%20Division%20-%20Europe/Literature/Bulletin%20C4400-A_ES%202008-06-04.pdf)

En el caso de mangueras flexibles, en su cálculo hay que tener en cuenta un factor de seguridad F_s , en función de la presión de servicio o de funcionamiento a la que trabaje la manguera.

Tabla 6: Factor de seguridad en mangueras flexibles, F_s

Factor de Seguridad en mangueras flexibles, F_s	
Presión de servicio, en bares	F_s
De 0-70	8
De 70-175	6
> 175	4

2.3.9.10 Acople motor bomba

El acoplamiento bomba motor es un dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos. Se compone de motor, acoplamiento, cierre, cuerpo y rodete, las características principales son: Caudal uniforme. El caudal disminuye cuando aumenta la altura a bombear, siguiendo una curva característica de cada bomba. La potencia absorbida aumenta con el peso específico del líquido.

2.3.9.11 Válvulas

Las válvulas, como elementos de regulación, de control y mando de la circulación del fluido hidráulico por el interior del circuito, pueden ser de diversos tipos: válvulas controladoras de presión, de caudal, válvulas direccionales o distribuidoras, válvulas de bloqueo o válvulas de cierre.

- **Válvula de derivación**

Otro tipo de componente que protege al sistema hidráulico es la válvula de derivación. Durante el movimiento de extensión y retracción de los pistones, la presión de aceite mantendrá las válvulas cerradas, a medida que el pistón se acerque al extremo de su carrera, en cualquier sentido, las válvulas se abren permitiendo que el aceite a presión se descargue.

- **Válvula de alivio**

Las válvulas de alivio de presión, también llamadas válvulas de seguridad o válvulas de alivio, están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. Existen también las válvulas de alivio que liberan el fluido cuando la temperatura supera un límite establecido. Las válvulas de seguridad se pueden encontrar en instalaciones industriales, comerciales y domésticas. En general son obligatorias en las instalaciones en las que circulen o se mantengan fluidos sometidos a cambios de presión

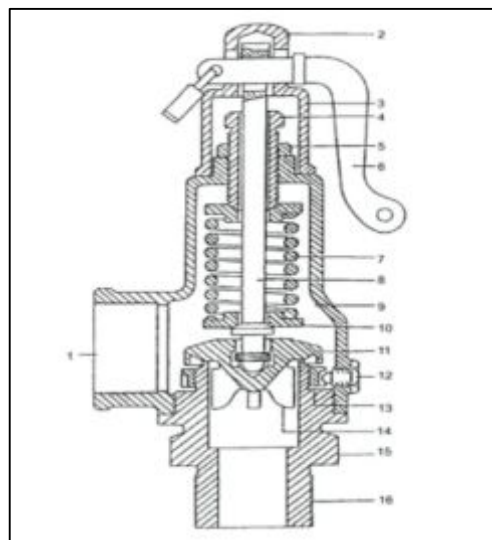


Figura 18: Válvula de alivio

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- **Válvula reguladora de caudal.**

Las válvulas reguladoras de caudal permiten controlar la velocidad de avance o retroceso de un cilindro. Cada reguladora de caudal sólo regula la velocidad en un sentido. El fluido puede circular por la estrangulación o por el anti retorno, cuando el anti retorno le deje paso libre circulará a la misma velocidad que en el resto del circuito, sin embargo, cuando el anti retorno le corte el paso el único camino que le quedará será la estrangulación y por lo tanto disminuirá su velocidad. Las válvulas reguladoras de caudal deben colocarse lo más cercanas posible al cilindro. En los cilindros de doble efecto siempre se debe regular la salida del fluido del cilindro ya sea al avance o al retroceso.

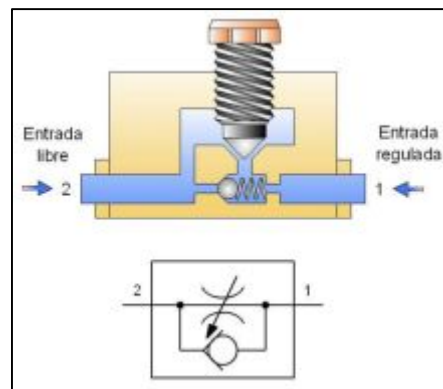


Figura 19: Válvula reguladora de caudal

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

- **Válvula unidireccional o válvula check**

Su función es controlar el flujo en una sola dirección. Esta válvula se encuentra en el flujo, de tal manera que el aceite pasa por la válvula. También se le conoce como válvula de retención.

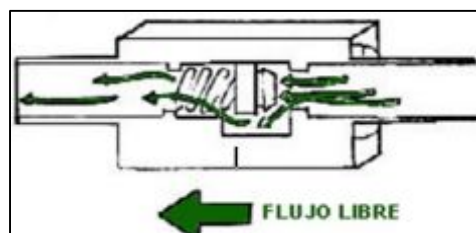


Figura 20: válvula unidireccional o valvula check

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas>

2.3.9.12 Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.



Figura 21: Manómetro de presión hidráulica

Fuente. (http://www.parker.com/parkerimages/Parker.com/Divisions-2011/Hose%20Products%20Division%20-%20Europe/Literature/Bulletin%20C4400-A_ES%202008-06-04.pdf)

2.3.9.13 Motor.

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

- **El estator.**

Está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.

- **El rotor.**

Es la parte móvil del motor, está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

- **Los escudos.**

Están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

- **Motores Eléctricos.**

Los motores eléctricos trifásicos están conformados por dos grandes grupos:

1. Motores Síncronos.
2. Motores Asíncronos.

- Motores Síncronos

Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante.

Las máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están relacionadas en la generación de energía eléctrica.

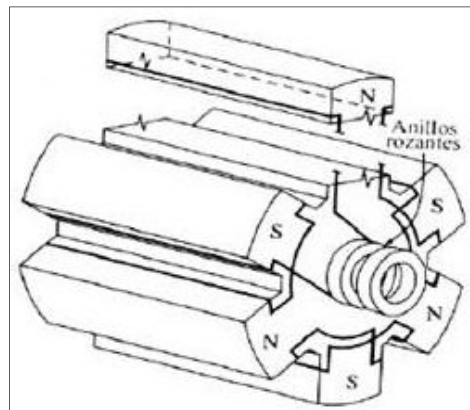


Figura 22: Rotor de polos salientes en un motor síncrono
Fuente. (<http://www.parker.com/parkerimages/Parker.com/Divisions-2011/Hose%20Products%20Division%20-%20Europe/>)

- Motor Asíncrono

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rasantes.

2.3.10 Simbología Hidráulica

Tanto en la neumática como en la hidráulica, existen una serie de organismos nacionales e internacionales que se encargan por velar de la

normalización simbólica. Dichos organismos han creado una serie de sistemas de normalizaciones, las más importantes son:

1. Organización Internacional de Normalización. **ISO**.
2. Asociación de instituciones de ingeniería alemanas. **VDMA**.
3. Comité europeo de transmisiones oleo hidráulicas y neumáticas. **CETOP**.

2.3.10.1 Simbología CETOP

La simbología normalizada consiste de una serie de pictogramas, con sentido completo, cuyo objeto es la representación de los elementos que componen un circuito hidráulico, neumático, eléctrico o electrónico. Esta simbología está reconocida por las normas internacionales, entre otras: DIN, ISO, CETOP, UNE.

- Norma DIN.- Instituto Alemán de Normalización.
- Norma ISO.- Organización Internacional de Normalización.
- Norma CETOP.- Comité Europeo de Transmisiones oleo hidráulicas y Neumática.
- Norma UNE.- Una Norma Española.

Son un conjunto de normas tecnológicas creadas por los comités técnicos de normalización (CTN), de los que forman parte todas las entidades y agentes implicados e interesados en los trabajos del comité. Por regla general estos comités suelen estar formados por: fabricantes, consumidores y usuarios, administración, laboratorios y centros de investigación.

Simbología Normalizada consiste en un Sistema de Normas para Representación de elementos de circuitos hidráulicos y neumáticos. Permite leer e interpretar planos de circuitos hidráulicos y neumáticos Con ella se establece una distribución lógica de elementos en circuito.

De todos modos, un símbolo tiene una información limitada, es decir, nos indicará solamente la función de lo representado. En cambio, no nos dará

información de su tamaño, por ejemplo. Por este motivo, los esquemas incluyen informaciones adicionales. Ejemplos, el caudal, el tipo de tubería, la clase de racor, potencia, presión, etc. Una información que es vital para el técnico encargado de realizar la instalación y su mantenimiento.

Usted recordará más fácilmente los símbolos hidráulicos si aprende el significado de estas tres formas.

- Círculo: Bomba, Motor o Indicador
- Cuadrado: Válvula o alguna fuente
- Diamante: Acondicionador de fluido

2.3.10.17 Símbolos de Línea.

Empezando con símbolos de línea. La línea de trabajo es una línea continua la cual conecta símbolos en el diagrama Hidráulico.

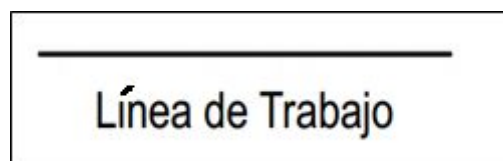


Figura 23: Líneas de trabajo

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

La línea de drenaje significa sistema de Línea de drenaje



Figura 24: Línea de drenaje

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

- **Símbolos de Líneas que se juntan.**

Este es el símbolo de líneas que se juntan.

Esto indica que los pasos de fluido están conectados

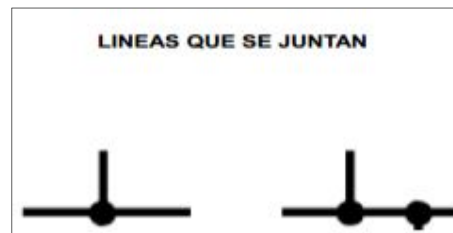


Figura 25: Líneas que se juntan

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

- **Símbolos de líneas flexibles.**

Este es el símbolo de las líneas flexibles o mangueras.

La curva en la línea indica una manguera flexible y dos puntos negros representan los terminales.



Figura 26: Líneas flexibles

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.18 Símbolos de flechas.

La flecha aparecerá en las líneas de trabajo.

Esta flecha muestra la dirección del flujo.



Figura 27: Dirección de flujo

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidr%C3%A1ulicas

2.3.10.19 Símbolos del Estanque o reservorio.

Estos son los símbolos de los estanques.

Aparecen en los diagramas hidráulicos como estanques venteados o presurizados.

Es importante notar que aunque estos símbolos pueden aparecer en muchos lugares en el diagrama hidráulico, normalmente hay un solo estanque centralizado.



Figura 28: Estanque venteado y presurizado

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.20 Símbolos de Filtros de Aceite.

Con una línea punteada dibujada desde la parte superior a la inferior, éste símbolo representa un filtro de aceite.

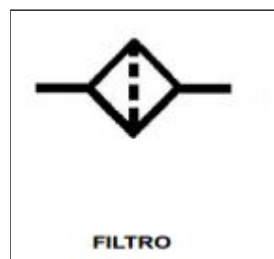


Figura 29: Símbolos de Filtro de aceite

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.21 Símbolo de Cilindros.

Hay dos símbolos de cilindros que son comúnmente usados.

Estos son el símbolo de los cilindros de doble acción de un solo vástago y el símbolo de doble acción de doble vástago.

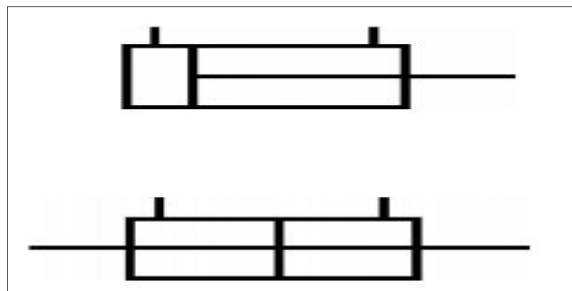


Figura 30: Cilindros

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.22 Símbolos de Elementos de Activación.

Hay diez arreglos básicos de los elementos de activación que aparecerán en los diagramas hidráulicos. Estos símbolos muestran como una bomba, motor o válvula es activada.

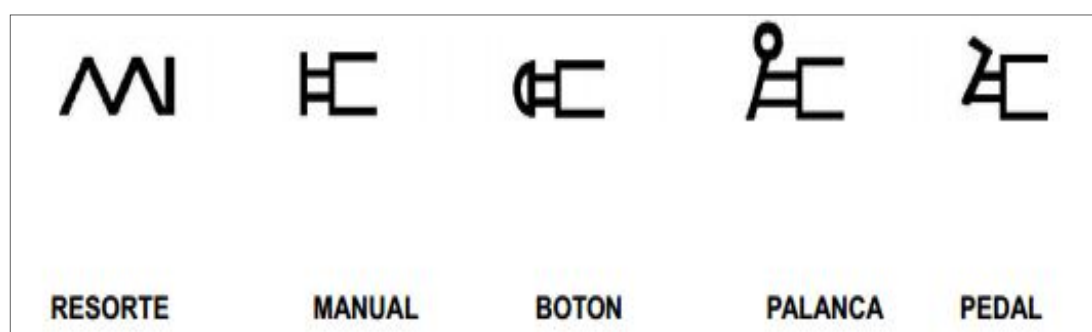


Figura 31: Elementos de Activación

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.23 Bomba y Motor.

Es importante ver que la única diferencia entre los símbolos del motor y la bomba es la dirección del triángulo.

Recuerde que en el símbolo de la bomba el triángulo apunta hacia la línea de trabajo.

En el símbolo del motor el triángulo apunta hacia el centro del círculo alejándose de la línea de trabajo.

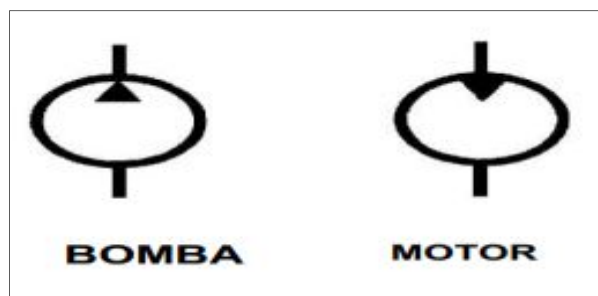


Figura 32: Simbología Bomba Y Motor

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.24 Símbolos de Bombas.

Los símbolos de las bombas, hay cuatro configuraciones básicas que se encuentran en los diagramas hidráulicos.

1. Configuración Unidireccional
2. Configuración Bidireccional
3. Configuración de Desplazamiento Fijo
4. Configuración de Desplazamiento Variable

- **Símbolo de bomba de desplazamiento fijo unidireccional.**

El símbolo de la bomba de desplazamiento fijo unidireccional, lo que significa una dirección de flujo, que es mostrado por un círculo con un triángulo apuntando hacia la línea de trabajo.

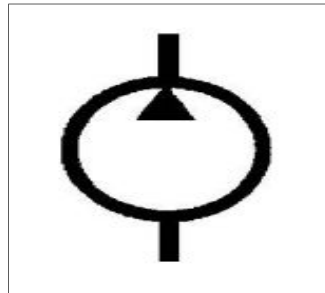


Figura 33: Símbolo de Bomba de Desplazamiento Fijo unidireccional
Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidráulicas

- **Símbolo de bomba de desplazamiento fijo bidireccional.**

El siguiente símbolo es para la bomba de desplazamiento fijo bidireccional, la cual tiene dos direcciones de flujo.

Los triángulos apuntan hacia las líneas de trabajo, un triángulo en la parte superior y el otro triángulo en la parte inferior del círculo.

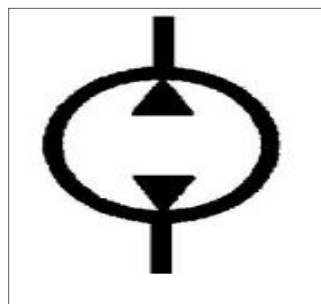


Figura 34: Símbolo de Bomba de Desplazamiento fijo bidireccional.

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidráulicas

- **Símbolos de bomba de desplazamiento variable.**

Las bombas unidireccionales y bidireccionales pueden ser bombas de desplazamiento variable.

Los símbolos para las bombas que tienen desplazamiento variable tienen una flecha a 45° dibujada dentro del círculo.



Figura 35: Símbolos de Bomba de Desplazamiento Variable.

Fuente: https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos

2.3.10.25 Símbolos de los motores hidráulicos.

- Siguiendo están los símbolos de los Motores Hidráulicos.
- Los símbolos de los motores están representados por un círculo con el triángulo apuntando hacia adentro desde la línea de trabajo.

Hay dos tipos básicos:

- Desplazamiento Fijo Unidireccional
- Desplazamiento Fijo Bidireccional

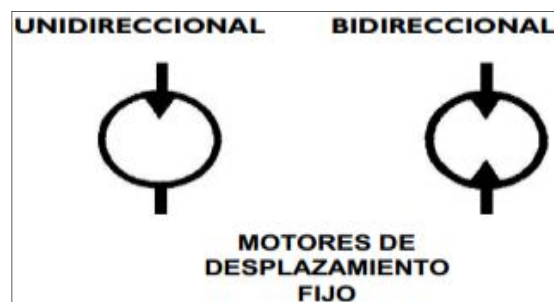


Figura 36: Motores de desplazamiento fijo

Fuente: https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos

2.3.10.26 Símbolos de Instrumentos.

- Hay tres tipos de símbolos de instrumentos que se deben conocer.
- El símbolo del instrumento indicador de presión se muestra en el lado izquierdo.
- El símbolo del instrumento indicador de temperatura se muestra en el centro
- El símbolo del indicador de flujo se muestra a la derecha

2.3.10.27 Símbolos de Instrumentos.

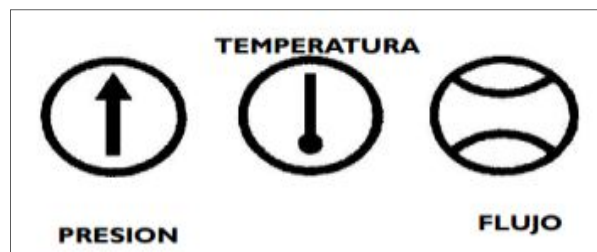


Figura 37: Simbología de instrumentos

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.28 Símbolos de Válvulas.

Vea que en éstos símbolos las cajas tienen líneas dibujadas en ellas. Esto está referido a las Puertas.

A la izquierda es una válvula de dos Puertas comúnmente llamada válvula de “2 Vías”.

En el centro de tres puertas o “3 Vías”.

A la derecha la válvula de Cuatro puertas o de “4 Vías”

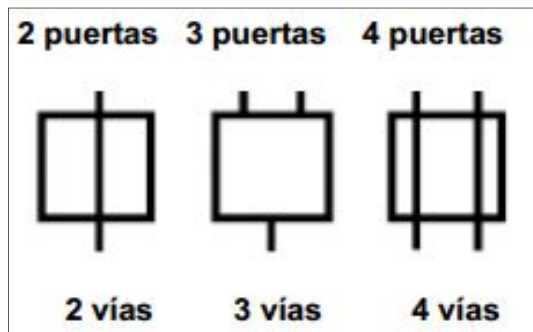


Figura 38: Símbolos de Válvulas

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.29 Válvula de Alivio de Presión.

Este es el símbolo de la válvula de alivio de presión, está mostrada en su posición normal. Vea que la flecha está siendo retenida al lado derecho por resorte. La línea piloto está conectada en el lado de arriba de la válvula. Cuando la presión en el lado de arriba excede el ajuste del resorte la flecha se mueve, descargando aceite al estanque

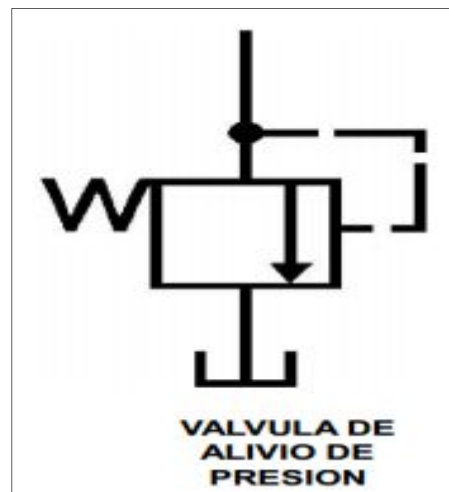


Figura 39 Válvula de alivio de presión

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.30 Válvula Reductora de Presión.

Este es el símbolo de la válvula reductora de presión.

Se muestra en su posición normal. Vea que la línea piloto está conectada a la línea de trabajo en la parte de debajo de la flecha.

Esta es la forma de diferenciar una válvula reductora de presión de una válvula de alivio de presión.

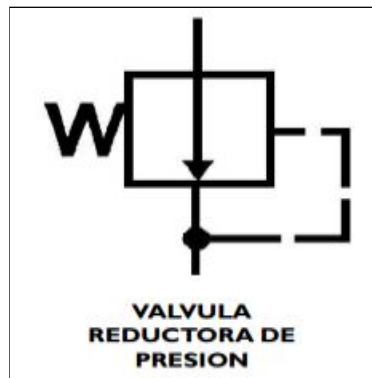


Figura 40: Válvula reductora de presión

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.10.31 Válvula Check.

Otro símbolo de válvula importante es la válvula check.

En la ilustración, la válvula check se muestra con la dirección de flujo libre a la izquierda.

El fluido no puede fluir hacia la derecha porque la bola está en su asiento.

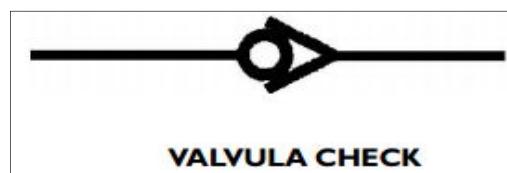


Figura 41: Válvula check

Fuente:

https://www.google.com.ec/?gws_rd=ssl#q=S%C3%ADmbolos+de+L%C3%ADneas+hidraulicas

2.3.11 Ventajas y desventajas de Sistemas Hidráulicos

A continuación se exponen algunas ventajas e inconvenientes de los sistemas hidráulicos frente a otros sistemas convencionales de transmisión de potencia:

a) Ventajas:

- Los sistemas hidráulicos permiten desarrollar elevados ratios de fuerza con el empleo de sistemas muy compactos.
- Permiten la regulación continua de las fuerzas que se transmiten, no existiendo riesgo de calentamiento por sobrecargas.
- Son elementos muy flexibles y que pueden adaptarse a cualquier geometría, gracias a la flexibilidad de los conductos que conducen el aceite hidráulico hasta los actuadores.
- Los actuadores o cilindros hidráulicos son elementos reversibles, que pueden actuar en uno u otro sentido y que además permiten su frenada en marcha. Además son elementos seguros, haciendo posible su enclavamiento en caso de producirse una avería o fuga del fluido hidráulico.

b) Desventajas

- La baja velocidad de accionamiento de los actuadores o pistones hidráulicos.
- La alta presión de trabajo exige labores de mantenimiento preventivos (vigilancia de posibles fugas en las juntas).
- Sistema no muy limpio, debido a la presencia de aceites o fluidos hidráulicos.
- En general, es un sistema más caro que otros, por ejemplo los sistemas de aire comprimido.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO

3.1 Preliminares

Este capítulo detalla los diferentes pasos de construcción, desmontaje y montaje de las partes y componentes del sistema de un sistema hidráulico para el ascenso y descenso del canopy accionado en cabina.

El paso más importante en la rehabilitación del canopy es el ensamblaje del sistema hidráulico por su grado de complejidad al momento de acoplar el actuador en la cabina de la aeronave sin afectar los componentes y estructura del mismo.

Para la implementación de este sistema se toman en cuenta muchos factores importantes ya que está montado en una área importante del avión, estos son: Resistencia, corrosión, desgaste, fricción o rozamiento, utilidad, costo, seguridad, peso, tamaño, acabado de superficies y mantenimiento estos serán parte del montaje del sistema hidráulico, de manera que no influya en su parte técnica como mecánica al tomar el mismo principio de funcionamiento.

Se procederá a describir paso a paso el montaje y desmontaje del actuador que es necesario para la rehabilitación y operación del sistema mencionado.

3.2 Planteamiento y estudio de alternativas

Previo al procedimiento de la rehabilitación del sistema de canopy se realizó varios análisis para ver cuál sería la mejor alternativa, para obtener un ambiente, donde los estudiantes puedan realizar prácticas de manera real.

3.2.1 Análisis de alternativas

En este punto se analiza las ventajas y desventajas existentes de cada una de las alternativas propuestas en base al costo de los componentes que van a conformar el sistema hidráulico, para poder determinar la más idónea y analizar los requerimientos técnicos de la misma.

3.2.1.1 Primera alternativa

Al realizar el primer estudio, al parecer el más conveniente y menos costoso fue la rehabilitación del propio sistema con los mismos componentes de esta manera se operará un sistema original y de aprendizaje real, se procedió a buscar cada uno de los componentes instalados en el avión y se observó que existían faltantes y algunos defectuosos sin mencionar que los arneses eléctricos fueron cortados bruscamente por los anteriores usuarios de la aeronave.

A continuación se detallara en una tabla los elementos del sistema ha rehabilitar mencionando faltantes y defectuosos:

Tabla 7: Elementos del sistema del canopy del avión Cessna A-37B(Dragonfly)

Elementos del sistema del canopy del avión Cessna A-37B(Dragonfly)				
Nº	Nombre de los elementos	Operable	Faltante	Defectuoso
1	Motor eléctrico		x	
2	Cuadrantes Posteriores	x		
3	Pernos de sujeción	x		
4	Actuador del canopy		x	
5	Canopy hook	x		
6	Brazos de unión		x	
7	Fitting	x		
8	Safety switch		x	
9	Palanca de bloqueo/desbloqueo			x
10	Plugs		x	
11	Ground Strap		x	
12	Panel Acrílico	x		
13	Batería		x	
14	Cartucho de eyección		x	

El sistema de canopy de la cabina de piloto (cubierta acrílica) es un elemento necesario y parte fundamental del trabajo de graduación, ya que tiene como objetivo proporcionar una visión de 360° al piloto. Por ende el canopy debe encontrarse en perfecto estado esto quiere decir sin rajaduras ni corrosión en su estructura.

El canopy consiste de una estructura metálica complementado con micas también de brazos mecánicos o cuadrantes posteriores y a su vez dos canopy hook o ganchos ubicados en la parte inferior una en cada lado.

En vista de la escases de gran parte de componentes que dificulta la rehabilitación de dicho sistema se realizó la búsqueda necesaria y el seguimiento de cada elemento en la base aérea de combate número 23 ubicada en la ciudad de Manta en su bodega de repuestos del avión Cessna A-27B(Dragonfly) pero se encontraron componentes duplicados de los ya existentes más no los componentes faltantes.

3.2.1.2 Segunda alternativa

Al realizar el segundo estudio, debido a la falta y falla de elementos del avión se analizó la adaptación de un sistema hidráulico que tiene similar funcionamiento en comparación con el avión antes mencionado.

Este sistema consta de una serie de elementos los cuales tres de los más importantes realizan la operación similar al sistema original a las del avión Cessna A-37B (Dragonfly) estos son: un motor eléctrico, una bomba hidráulica y un actuador hidráulico para efectuar el ascenso y descenso de la cubierta acrílica.

Se estableció que este sistema es una excelente alternativa entonces se procedió a analizar las características del motor eléctrico, presión hidráulica necesaria para el sistema para determinar una apropiada bomba, el recorrido del actuador hidráulico y por último la longitud y diámetro las cañerías.

El sistema hidráulico se instalara´ en espacios disponibles de las partes estructurales del fuselaje, del avión escuela Cessna A-37B(Dragonfly) de la Unidad de Gestión de Tecnología-ESPE donde se encontraba en calidad de obsoleto sistema anterior, operando el nuevo de manera similar sin afectar ni dañar la estructura de la aeronave.

3.2.2 Análisis de factibilidad

En esta parte se analiza las ventajas y desventajas existentes de cada una de las alternativas expuestas para así poder determinar la más idónea y analizar los requerimientos técnicos de la misma, con la finalidad de rehabilitar el canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly).

3.2.2.1 Primera alternativa

- **Ventajas**

- El sistema operará de forma y tiempo real, de manera que el estudiante pueda relacionarse con el sistema de forma práctica en conjunto con el aprendizaje teórico.
- Bajo costo al rehabilitar dicho sistema, por lo que se habilitarían los mismos componentes.
- Esta rehabilitación no es compleja.

- **Desventajas**

- No existe alimentación eléctrica ya que la batería no se encuentra operativa.
- El sistema original carece de algunos elementos, los cuales tampoco son encontrados en stock.
- Falta de información técnica, que respalde la rehabilitación y operación de dicho sistema.

3.2.2.2 Segunda alternativa

- **Ventajas**

- Son elementos muy flexibles y que pueden adaptarse a cualquier geometría, gracias a la flexibilidad de los conductos que conducen el aceite hidráulico hasta los actuadores.

- Los actuadores o cilindros hidráulicos son elementos reversibles, que pueden actuar en uno u otro sentido y que además permiten su frenada en marcha. Además son elementos seguros, haciendo posible su enclavamiento en caso de producirse una avería o fuga del fluido hidráulico
- En el mercado existe gran variedad de este tipo de componente o sistemas.
- Su funcionamiento es más complejo por lo cual permitirá a los estudiantes comprender de la mejor manera el sistema.

- **Desventaja**

- Alto costo en la adquisición de los componentes.
- Su funcionamiento es similar, mas no el original del avión.
- Dificultad para la ubicación, montaje, aceptación e instalación.
- Sistema no muy limpio, debido a la presencia de aceites o fluidos hidráulicos.

3.3.3 Estudio de factibilidad

Para el estudio de factibilidad se considera los siguientes factores:

- Factor mecánico
- Factor económico
- Factor complementario

3.2.3.1 Factor mecánico

- **Habilitación:** El montaje de los elementos deben caracterizarse por utilizar materiales óptimos que cumplan con los requerimientos de funcionamiento, operatividad y seguridad.

- **Mantenimiento:** El mantenimiento del sistema debe ser fácil de realizar y con el menor costo posible.
- **Material:** Los materiales deben ser adecuados para el trabajo a realizar y de fácil adquisición en el mercado local.

3.2.3.2 Factor económico

- **Costo de fabricación:** Este punto es de gran importancia para la decisión correcta en la selección del Material y componentes del sistema.

3.2.3.3 Factor complementario

- **Tamaño:** Se refiere al espacio ocupado por el sistema en consideración a las dimensiones del compartimiento en donde va hacer instalados en la aeronave
- **Forma:** La estética de cada uno de los elementos constitutivos del sistema.

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

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

$$0 - X_i - 1$$

Dónde: 0 corresponde al valor mínimo;

X_i es el valor asignado, y;

1 es el valor máximo

3.2.4 Matriz de evaluación y decisión

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

Tabla 8: Matriz de evaluación y decisión

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS		
	A.1	A.2	ALTERNATIVA IDEAL
Habilitación	0.4	0.8	1
Mantenimiento	0.6	0.7	1
Materiales	0.5	0.8	1
Costo de fabricación	0.4	0.7	1
Tamaño	0.5	0.8	1
Forma	0.4	0.7	1
TOTAL	2.8	4.5	6
%	47%	75%	100%

Elaborado por: Alex Sebastián Machay Catota

Fuente: Investigación de campo

Mediante una comparación gráfica, se analiza la alternativa que más se aproxime a la ideal, tal como se muestra en la figura 3.4.

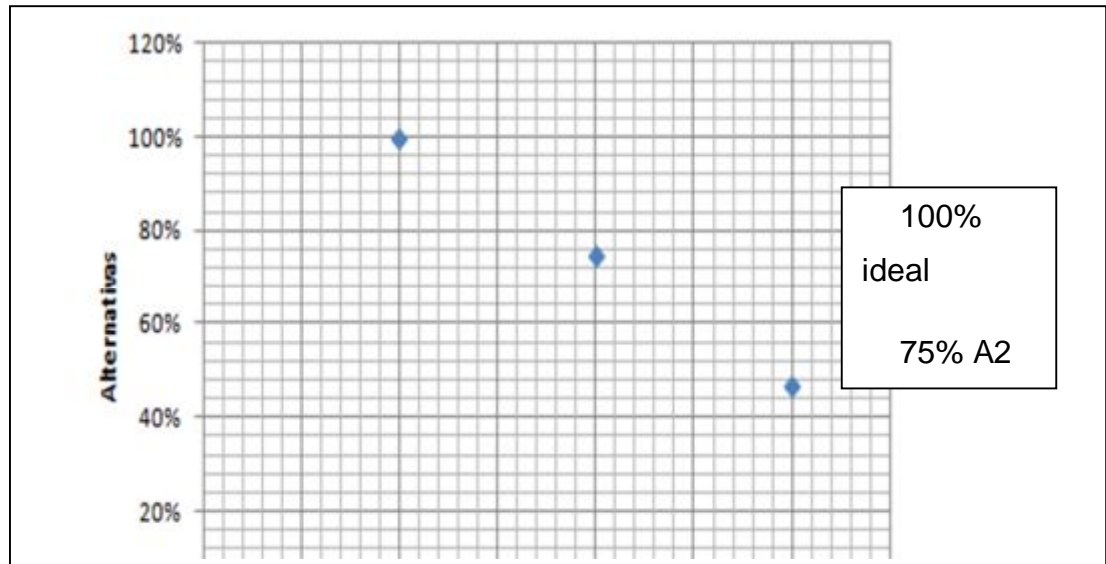


Figura 42: Grafico de análisis de alternativas
Fuente: investigación de campo

3.2.5 Selección de la mejor alternativa

Finalizado con el estudio técnico, análisis de las alternativas y evaluación de los parámetros, se determina que la mejor alternativa para rehabilitar el sistema de canopy, es la segunda alternativa la cual reúne excelentes condiciones, diseño y operación.

3.4 Elementos Utilizados

3.3.1 Actuador Hidráulico

Para el ascenso y descenso del canopy se utilizó un actuador hidráulico el cual también servirá como soporte ya que se encuentra sujeto en su parte inferior como superior

Figura 43: Actuador Hidráulico

3.3.2 Reservorio Hidráulico

Para la construcción del reservorio hidráulico se utilizó acero inoxidable, este elemento permite contener el aceite hidráulico que será utilizado en todas las configuraciones del sistema y a su vez también recoge el aceite que retorna. Consta de un medidor de cantidad el mismo nos permite verificar la cantidad precisa de aceite en el reservorio.

También consta de un filtro de succión el cual permite filtrar cualquier limalla o impureza que por la fricción de los elementos como la bomba y las válvulas pueden estar en aceite.



Figura 44: Reservorio Hidráulico

3.4.3 Motor Eléctrico

Para el accionamiento de la bomba hidráulica se utilizó un motor eléctrico monofásico de 1/2 hp el cual genera las rpm necesarias para hacer girar la bomba.



Figura 45: Motor Eléctrico

3.3.4 Bomba Hidráulica

También se utilizó una bomba hidráulica de engranajes 1.2 cc/rev que tiene como función suministrar presión a todo el sistema hidráulico.



Figura 46: Bomba Hidráulica

3.3.5 Válvulas hidráulicas

Para el ensamblaje del sistema hidráulico se utilizó válvulas hidráulicas reguladoras de caudal y de presión, la función principal de estas válvulas es regular y proporcionar la presión adecuada al momento de levantar el canopy desde cabina.

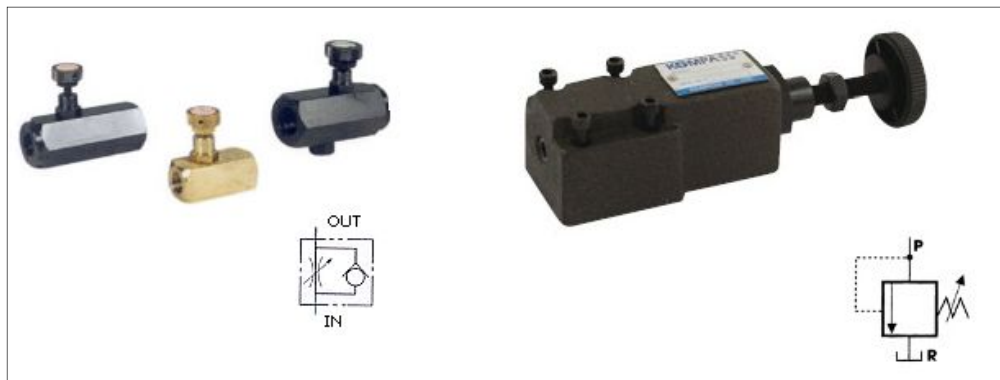


Figura 47: Válvulas hidráulicas

3.3.6 Materiales en General

Entre los materiales para la rehabilitación del canopy, se utilizó cañerías de $\frac{1}{4}$ ", uniones $\frac{1}{4}$ ", reductores de medida también cuatro T de $\frac{1}{4}$ " todo de material de acero. Brocas en distintas medidas.

3.5 Descripción de Rehabilitación

Para la rehabilitación del canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly) se realizaron varios procedimientos como construcción, lijado pintura y otros que a continuación se describirán.

3.4.1 Construcción del reservorio hidráulico

Para realizar la construcción del reservorio hidráulico se partió del análisis y la necesidad de construir un elemento el cual permitiera almacenar el líquido hidráulico.

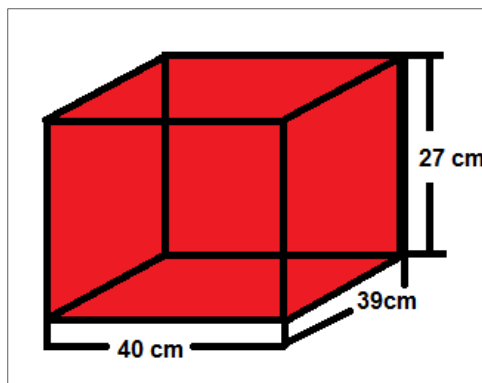


Figura 48: Medidas del reservorio

El reservorio está construido con una lámina de tool de acero inoxidable de dos milímetros (2mm) de espesor, lo primero que se realizó fue medir la lámina con la ayuda de un flexómetro y un color para marcar las medidas, una vez medido se procedió a cortar con la ayuda de una cortadora eléctrica



Figura 49: Medición del Reservorio

Una vez cortadas las piezas del reservorio de la lámina de tool se procedió a limar los filos para evitar cortes con las limallas existentes después del corte, con la ayuda de una pulidora eléctrica, siempre utilizando la ropa y equipo de protección adecuada.



Figura 50: Soldado del reservorio

Cuando el proceso de cortado se completó se procedió a soldar las tomas para cada una de las partes del reservorio, para esto se utilizó suelda eléctrica con un voltaje de 110V, y electrodos 6011. Quedando listo para realizar el pulimiento de los cordones de la suelda. Luego se procedió a perforar los orificios para empotrar el medidor de cantidad de aceite. Y el drain de aceite



Figura 51: Medidor de cantidad

Posterior a esto se tomó medidas en la tapa del reservorio con la ayuda de una regla metálica y un lápiz de color para ser perforada con la ayuda de un taladro neumático y una broca de 3/8 de acero y poder así colocar los cuatro pernos de 3/8 de rosca milimétrica para sujetar la tapa al tanque.

Una vez que se terminó de perforar los orificios donde van los pernos que sujetan la tapa, procedí a colocar cuatro tornillos de acero los cuales son encargados de mantener la tapa fija al tanque.

3.4.2 Montaje de servicios al reservorio.

También en el proceso de la construcción fue colocada una mirilla que sirve para observar la cantidad y la temperatura del aceite que se encuentra en el reservorio.

Para el servicio de retorno, fue necesario hacer un orificio en uno de los costados del reservorio con la ayuda de una tuerca la cual va a sostener a la cañería.



Figura 52:Orificio para retorno de aceite

También es muy importante que la central hidráulica tenga un orificio por donde drenar el aceite en caso de requerirlo, con este fin se le perforar en la parte interior como muestra la figura.



Figura 53: Orificio para drenaje de aceite

3.4.3 Limpieza y pintado del reservorio hidráulico.

Una vez que el reservorio fue terminado con su respectiva tapa, se procedió a lijarlo con lija de hierro numero 100 utilizando una lijadora neumática también se limpió con mek



Figura 54: Lijado del reservorio.

Una vez ya lijado el reservorio se le aplicó una capa de primer de color verde para proteger al material de la corrosión

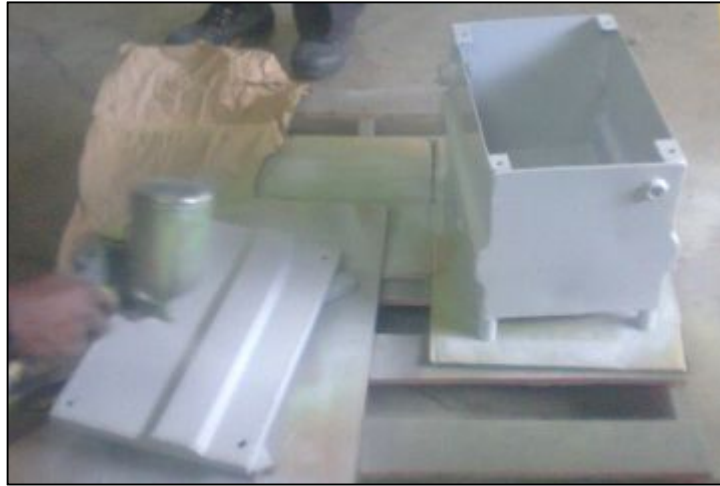


Figura 55: Pintura del reservorio hidráulico

Y por último se procedió a aplicar la capa de pintura sintética de color plomo utilizando una pistola neumática.

3.4.4 Montaje de Mirilla y Drain

Con el reservorio ya pintado se continuó a instalar los componentes del reservorio como son la mirilla para poder visualizar la cantidad de aceite y el drain que ayuda para el drenaje de aceite utilizando una llave inglesa de ocho pulgadas y teflón. Quedando listo para ser llenado con aceite



Figura 56: Medidor de cantidad drain de aceite

3.4.9 Readecuación de actuador hidráulico

Ya que originalmente el actuador hidráulico que se consiguió para el sistema tenía un recorrido más de lo deseado se procedió a una adecuación óptima y a su vez un acoplamiento con el canopy de la aeronave.

Se procedió a cortar el cilindro y vástago del actuador utilizando una cortadora eléctrica.



Figura 57: Cortado de actuador hidráulico

También se le instaló una especie de orejas metálicas en el borde inferior del actuador con el fin de poder acoplar el mismo con el piso de la cabina del aeronave mediante un perno ya para lo cual se utilizó un soldadora eléctrica y un taladro eléctrico.

Y por último en el proceso de readecuación se implementó en el borde superior del vástago una extensión de forma tubular de 30cm para acoplarlo con el canopy del aeronave para lo cual se utilizó para la construcción de dicha pieza un taladro eléctrico una tarraja, machuelos de 3/16 para los orificios en los costados y prisioneros de 3/16 por 1/4 para su ajuste con el vástago del actuador.



Figura 58: Perforación de la extensión

Una vez ya realizadas las modificaciones y construida la extensión superior del actuador se realizó el proceso de pintura de dicha partes.



Figura 59: Aplicación de primer en el actuador hidráulico

Primeramente se aplicó primer para proteger de la corrosión y posteriormente se procedió a pintar con pintura sintética de color negro utilizando una pistola neumática.



Figura 60: Proceso de pintura del actuador

3.4.10 Rehabilitación del Conjunto de Hinge Army del canopy

En vista de que el Hinge Army del canopy se encontraba en un estado deteriorado se procedió a lijarlo y a pintarlo para que este se encuentre en óptimas condiciones ya que sirve como soporte y guía al momento de levantar y bajar el canopy.



Figura 61: Hinge Army antes de su rehabilitación

Se procedió a lijarlo utilizando una lijadora neumática y lijas número 30 para dejar la superficie lisa y de esta manera proceder con la aplicación de pintura



Figura 62: Hinge Army lijado

Por último se le aplicó pintura de aviación de color gris y de esta manera se mejoró el estado y apariencia del mismo



Figura 63: Hinge Army pintado

3.4.11 Construcción de base para el Motor y Bomba hidráulica

Para poder colocar el motor y la bomba hidráulica hubo la necesidad de construir una base metálica.

En la construcción de dicha base se utilizó una plancha metálica de 5/16 de 20 x 25 cm una soldadora eléctrica y taladro eléctrico para realizar los orificios donde será sujeta la base



Figura 64: Base para el Motor y Bomba hidráulica

3.4.12 Instalación del sistema hidráulico en la aeronave

La mayoría de los componentes del sistema hidráulico fueron instalados en la bahía posterior del avión en la cual no se encuentra ningún sistema o componente de la aeronave en estado operativo por lo cual nos facilitó para realizar dicho procedimiento.

3.4.12.1 Montaje de Motor y Bomba

Para que el motor pueda impulsar a la bomba hidráulica se utilizó un acople o matrimonio siendo este ajustado con un prisionero de un $\frac{1}{4}$ por $\frac{1}{4}$ utilizando una llave allen de $\frac{11}{32}$ para que este quede fijo y ajustado al momento de accionar los componentes



Figura 65: Acoplamiento de motor y bomba

Se ubicó y ajustó el motor monofásico en su base mediante 4 pernos, 4 tuercas y arandelas utilizando dos llaves 3/8

Una vez empotrado el motor y la bomba en su base se procedió a instalar la misma en el soporte inferior ubicado en la bahía posterior, al lado izquierdo para lo cual se utilizó cuatro pernos de $\frac{1}{4}$, cuatro tuercas, y arandelas y como herramientas se utilizó una palanca racha con mando de $\frac{1}{4}$ una copa de $\frac{3}{8} \times \frac{1}{4}$ y una llave mixta $\frac{3}{8}$.

3.4.8.2 Instalación del pulsador eléctrico

En el lado izquierdo de la cabina del aeronave se encuentran dos tapas o paneles de acceso las cuales brindan un acceso donde fue ubicado el pulsador mediante una placa de aluminio de 0.4mm de espesor y la cual también fue remachada en el lado izquierdo con remaches pop quedando de esta manera fija ala estructura del aeronave



Figura 66: Pulsador Eléctrico

3.4.8.3 Montaje del pin eléctrico de 220v

Se instaló el pin eléctrico en la parte izquierda de la nariz de la aeronave mediante 4 tornillos de cabeza universal

3.4.8.4 Instalación de cableado eléctrico

Para este procedimiento se utilizó 6 m de cable eléctrico que fue instalado a lo largo del avión, teniendo como origen el motor continuando con el pulsador y terminando en el pin eléctrico

3.4.8.5 Instalación del reservorio hidráulico

El reservorio hidráulico fue empotrado en el soporte superior al lado izquierdo, bahía posterior. En este procedimiento al reservorio se le realizó una perforación de 1.45 cm de diámetro utilizando un taladro neumático, broca de una pulgada y por dicha perforación se logró instalar la cañería de succión hacia la bomba hidráulica



Figura 67: Reservorio Hidráulico instalado

3.4.8.6 Instalación de válvula de Alivio

Esta válvula fue montada en una de las bases existentes en la bahía posterior del avión para lo cual se necesitó una rápida o cortadora neumática para cortar uno de los lados de la base, y dos llaves inglesas para ajustar la válvula a la base mediante dos tuercas superiores de la misma.



Figura 68: Válvula de alivio instalada

3.4.8.7 Montaje de manómetros

El sistema cuenta con dos manómetros uno ubicado después de la válvula de alivio para medir la presión que sale de la bomba y el otro ubicado después de la válvula de caudal para conocer la presión al momento de regular la presión.

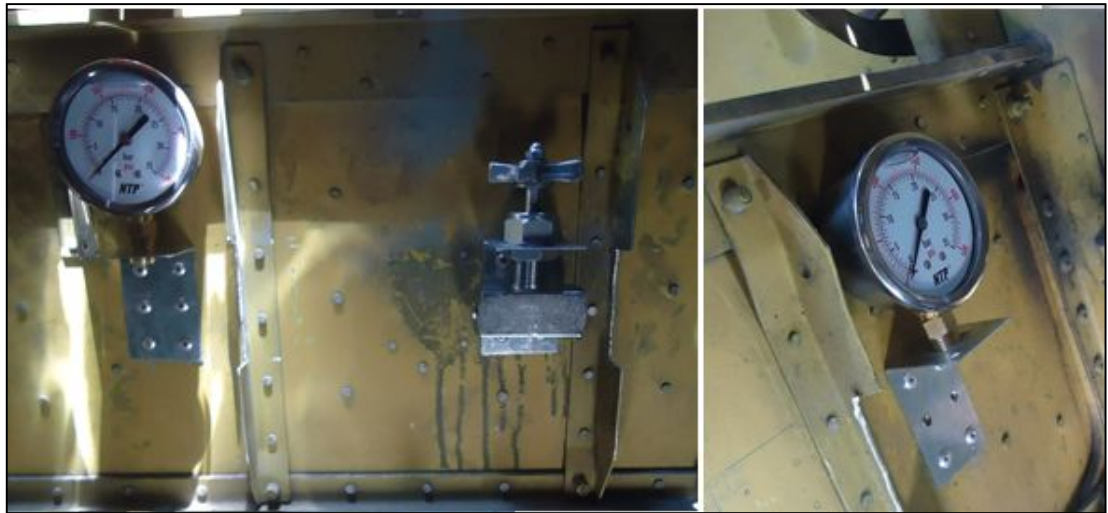


Figura 69: Manómetros y reguladora de caudal

3.4.8.8 Instalación de regulador de caudal

Una vez ya instalada su respectiva base se procedió instalar el regulador de caudal ajustando la tuerca ubicada en la parte superior del mismo con dos llaves inglesas de 8 pulgadas



Figura 70: Reguladora de Caudal

3.4.8.9 Montaje de válvula check y llave de paso

Para evitar que el fluido regrese y el sistema quede vacío se instaló una válvula y una llave de paso en la misma se utilizó teflón para evitar fugas y dos llaves inglesas de 8 pulgadas para ajustar dichos componentes y a su vez fueron empotrados en un base existentes en la bahía posterior del aeronave.

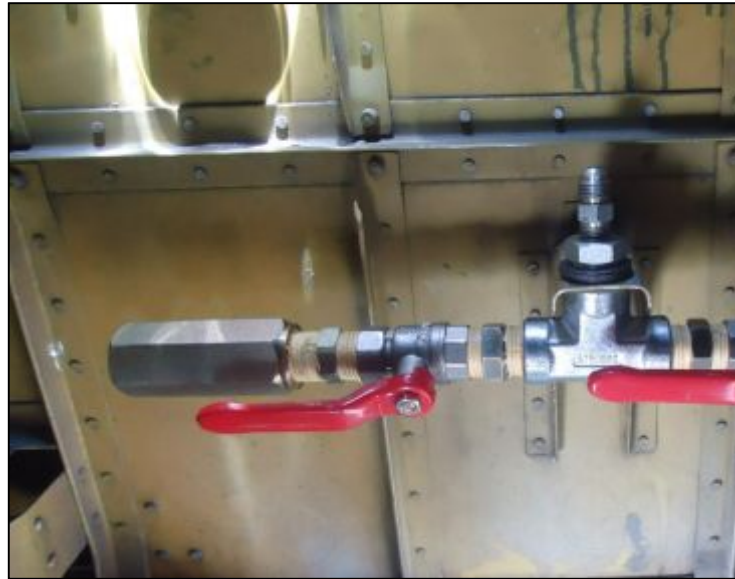


Figura 71: Válvula check

3.4.8.10 Instalación de mando hidráulico

Tomando como referencia la configuración original del canopy se ubico el mando hidráulico al lado izquierdo de la cabina del aeronave y este mando será accionado desde afuera mediante una compuerta ubicada al lado izquierdo del fuselaje y para cumplir este paso se utilizó como material dos pernos de $\frac{1}{4}$ de vástago y 2 pulgadas de largo.



Figura 72: Mando Hidráulico

3.4.8.11 Instalación del conjunto de Hinge Arm a estructura del canopy

Para cumplir este paso se utilizó como referencia el manual de mantenimiento del avión ya que estos componentes son originales del sistema



Figura 73: Conjunto de Hinge Arm instalado

Con la ayuda de un martillo de goma, dos llaves mixtas de 7/16 se procedió a unir el hinge arm tanto como izquierdo como derecho con el hinge arm aft



Figura 74: Ajuste de pernos de sujeción de Hinge Army

Por último se procedió a dar un torque de 40 lib-inch a los pernos de sujeción de 1/4 de vástago con 2 pulgadas de largo como indicaba el manual con la ayuda de un torcometro para que de esta manera quede sujeto para mayor seguridad

3.4.8.12 Montaje de actuador hidráulico en la cabina del avión

Este es uno de los pasos más importantes al momento de la instalación del sistema hidráulico ya que este servirá como soporte que levantará y bajará el canopy al momento de ser suministrado de presión hidráulica.



Figura 75: Actuador Hidráulico instalado en la cabina de la aeronave

Para unir el lado inferior del actuador con la estructura de la cabina se utilizó un perno de sujeción



Figura 76: Parte inferior del actuador hidráulico

Para sujetar la parte superior del actuador se procedió a unir el vástago del mismo con la extensión construida anteriormente. Mediante tres prisioneros de 5/32 para ajustar las dos piezas.



Figura 77: Extensión y vástago del actuador hidráulico acoplados

Y a su vez la extensión se acopló con la parte intermedia del canopy mediante un perno el cual atraviesa los puntos de sujeción que tiene la

estructura del canopy y el bushing ubicado en la parte superior de la extensión pudiendo así instalar todo el conjunto del actuador hidráulico.



Figura 78: Parte superior y punto de sujeción acoplados

Para que el conjunto del actuador tenga un libre movimiento al momento de ascender o descender el canopy se soldó un bushing en el acople superior e inferior



Figura 79: Bushing acoplado

3.4.8.13 Instalación y ajuste de mangueras hidráulicas

Una vez ya instalados todos los componentes del sistema hidráulico se procedió a conectar y ajustar las mangueras y de esta manera unir todo el sistema para el suministro de líquido hidráulico.



Figura 80: Componentes hidráulicos instalados

Se procedió a ajustar las cañerías con la ayuda de llaves inglesas como herramientas y como material se utilizó teflón para evitar la fugas y tener un mejor ajuste.



Figura 81: Cañerías y acoples ajustados



Figura 82: Cañerías de mando y actuador hidráulico

3.4.8.14 Pulida del cristal del canopy

Para mejorar el aspecto del canopy se procedió a pulir el cristal y de esta manera se obtenga una mejor a visión desde cabina hacia el exterior y viceversa.



Figura 83: Cristal del canopy antes de pulir

Para cumplir con este proceso se utilizó pulimentos wipe, y tela



Figura 84: Pulimento

Y se realizó los siguientes pasos:

- El polvo y otras impurezas del cristal fueron removidas del cristal.
- Se aplicó una capa de pulimento con la ayuda de wipe
- Se frotó de manera circular con la tela hasta ver una mejora y brillo en el cristal.
- Se aplicó nuevamente una capa de pulimento
- Por último se frotó con tela de manera circular hasta obtener brillo y mejor apariencia del cristal.



Figura 85:Proceso de pulida



Figura 86: Cristal de canopy pulido

3.4.8.15 Proceso de lijado y pintura del conjunto de canopy

Por último para terminar con la rehabilitación del canopy se procedió a lijar y pintar para obtener una mejor apariencia del mismo y protegerla de daños al estar expuesto al medio ambiente.

Se utilizó Primer, Pintura de Aviación de color Blanco para parte externa y pintura de aviación de color gris para el interior del canopy. Y como herramientas se utilizó una pistola neumática y un compresor



Figura 87: Pintura de color gris



Figura 88: Primer

Se cumplió los siguientes pasos

a) El proceso de lijado de toda la estructura con lijas número 180 para que de esta manera la superficie que de lisa y pueda adherirse fácilmente la pintura



Figura 89: Estructura del canopy lijado

b) Enmascarado de los cristales con papel periódico y cinta maskin para protegerla de la pintura y afecte su condición.



Figura 90: Estructura del canopy enmascarado

c) Aplicación de una capa de Primer al interior y exterior de la estructura del canopy para proteger al material de la corrosión.



Figura 91: Aplicación de primer

d) Se aplicó una capa de pintura de color gris al interior del canopy



Figura 92: Aplicación de pintura color gris

e) Por último se aplicó una capa de pintura de color blanco al exterior de la estructura del canopy

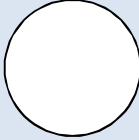

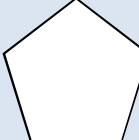



Figura 93: Aplicación de pintura color blanca

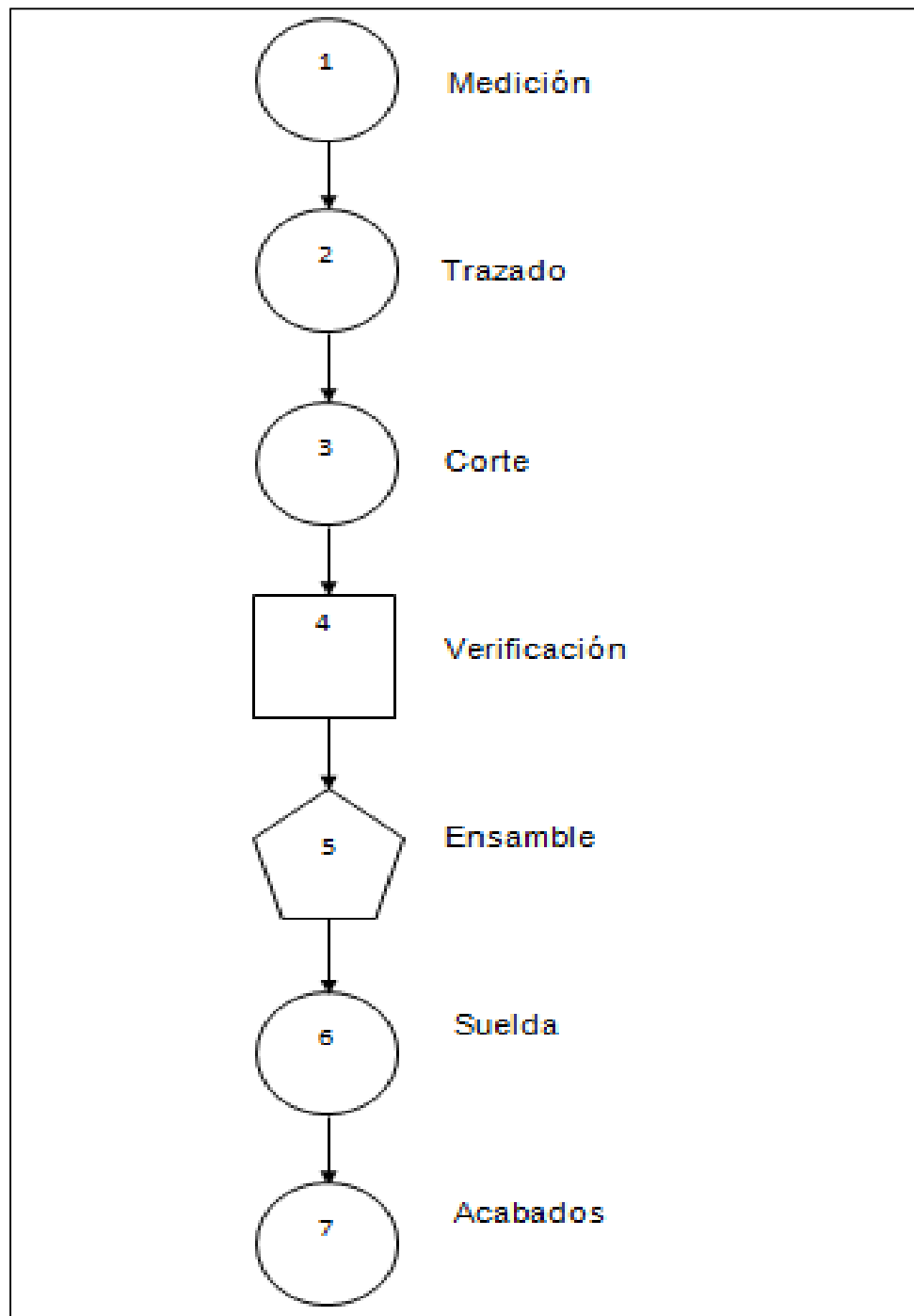
3.5 Diagramas de procesos

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

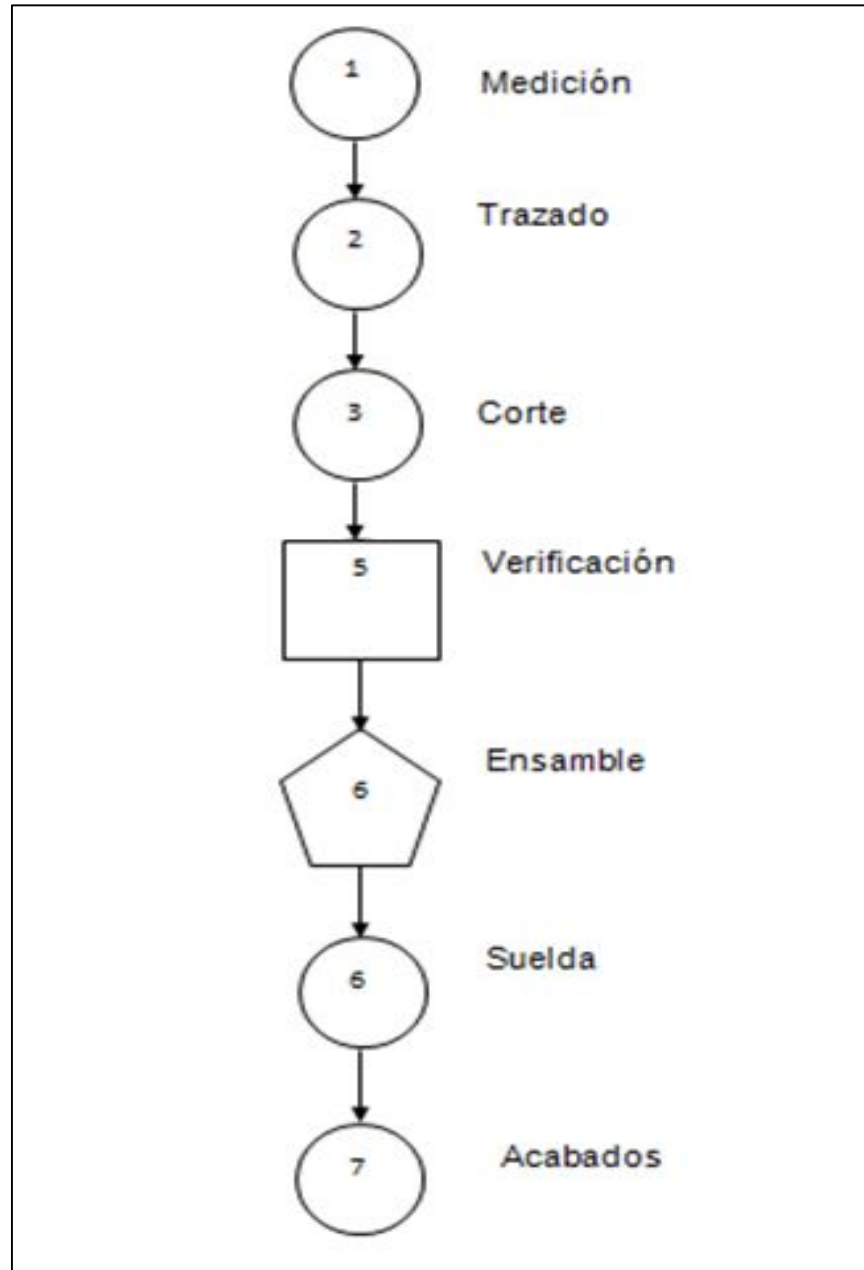
Tabla 9: Simbología de los diagramas de procesos

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

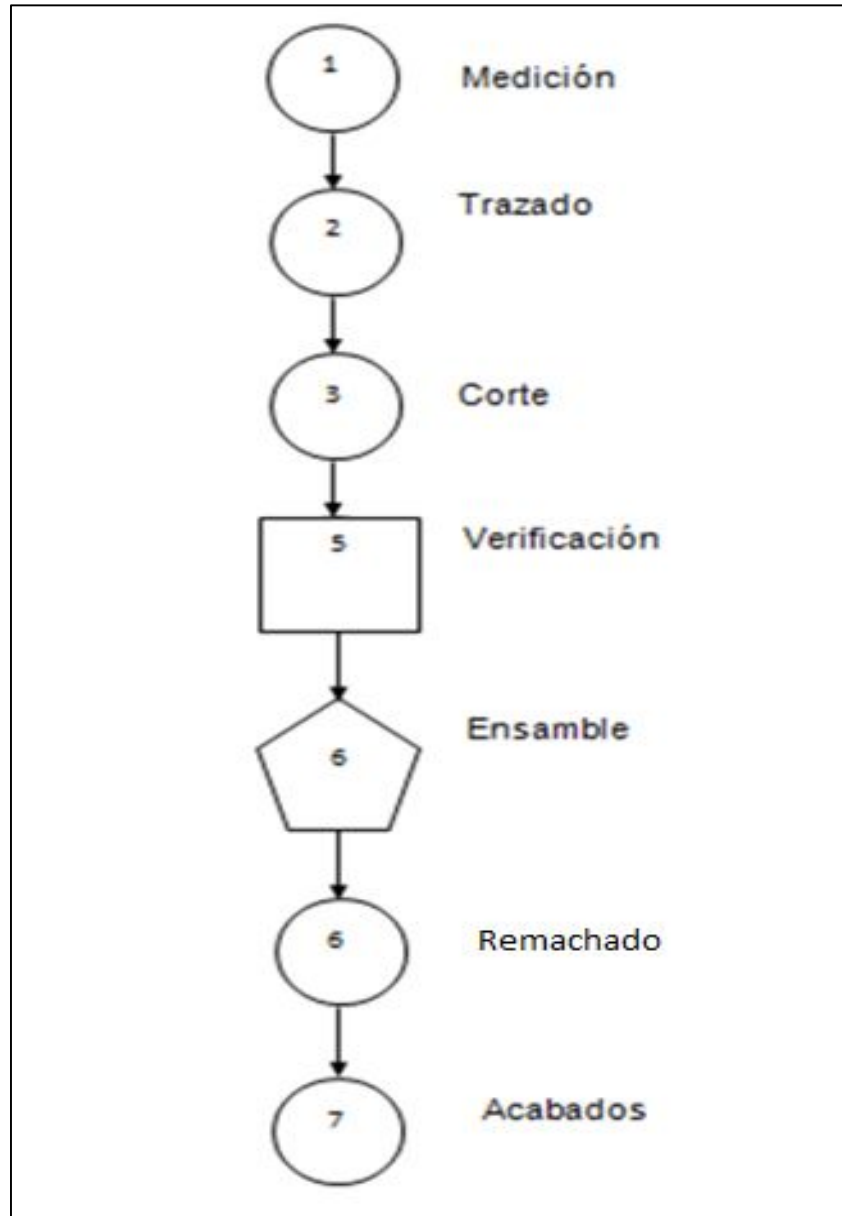
3.5.1 Diagrama de procesos de construcción del reservorio.



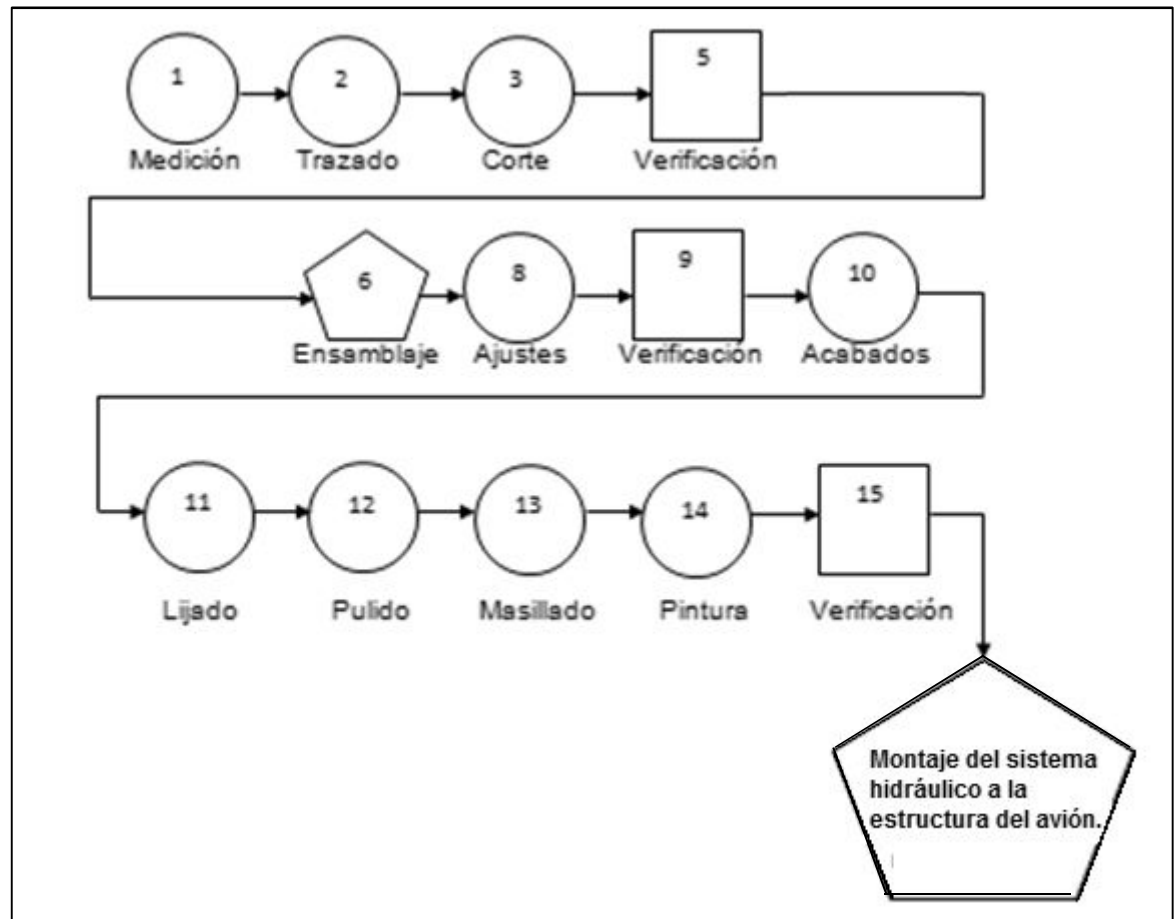
3.5.2 Diagrama de procesos de la construcción de base para motor y bomba hidráulica



3.5.3 Diagrama de procesos de la construcción de bases para componentes hidráulicos



3.5.4 Diagrama de procesos de montaje del sistema hidráulico a la estructura del avión.



3.6 Prueba de funcionamiento

Una vez ya instalado cada componente y ajustado su respectiva manguera se procedió a realizar una prueba de funcionamiento para lo cual se deben tomar las siguientes precauciones.

1. Chequeo del cableado eléctrico para evitar daños a motor monofásico al momento de suministrar energía eléctrica de 220v
2. Chequeo de ajuste en líneas y mangueras hidráulicas para evitar alguna fuga de fluido hidráulico

3. Chequeo de ajuste de pernos, tuercas para evitar daños a terceros al momento de levantar el canopy

Una vez corregidos dichos errores

1. Se procedió a energizar el sistema ubicando en ON el pulsador eléctrico y así encender el motor eléctrico y este a su vez impulsar la bomba de engranajes hidráulica y suministrar presión al sistema

2. Tomando en cuenta la presión existente se procedió a manipular la reguladora de caudal

3. Continuando por último a manipular el mando hidráulico a la posición A o OPEN para empezar levantar el canopy y chequear su velocidad de ascenso. Y fugas en los retenedores del actuador.

4. Una vez el canopy arriba se tomó la medida de la carrera del actuador


5. Se volvió a chequear el torque de conjunto de Hinge Arm

6. Una vez que se culminó con los pasos anteriores, el mando hidráulico es posicionado en B o CLOSE para empezar a descender el canopy

7. Y por último una vez ya el canopy totalmente abajo se procedió a verificar los seguros y regular el conjunto de Hinge Arm para el bloqueo el canopy.

3.7 Descripción de Manuales.

Este procedimiento permite conocer todos aquellos pasos y métodos establecidos de cualquier máquina, material o herramienta a operar como pueden ser de mantenimiento, operación y de seguridad, estas técnicas brindaran una mejor operatividad, comodidad y ante todo un mejor desenvolvimiento al momento de operar el sistema hidráulico para levantar el canopy de la cabina del avión Cessna A-37B (Dragonfly)

<p style="text-align: center;">UGT</p> 	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 1 de 5
	“REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO”	Código:
	Elaborado por: Machay Catota Alex Sebastián	Revisión Nº: 01
	Aprobado por: Ing. Pablo Espinel	Fecha : Abril 2015
<p>1. OBJETIVO.</p> <p>Detallar los procedimientos, de operación y manipulación para el ascenso y descenso del canopy del avión Cessna A-37B (Dragonfly).</p> <p>2. ALCANCE.</p> <p>Contribuir información apropiada a Docentes, técnicos y estudiantes capacitados para la utilización correcta del sistema, y aportar los pasos que deben seguir.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS ANTES DE LA OPERACIÓN</p> <p>a) Verificar que se cuente con una conexión de corriente eléctrica de 220 V para energizar el sistema.</p> <p>b) Asegurarse que el botón de control de encendido se encuentre en la posición apagado (OFF).</p> <p>c) Verificar que el nivel de aceite este dentro del nivel de operación. (observar que en el indicador de nivel se encuentre evidencia de aceite).</p> <p>d) PRECAUCIÓN, La válvula de alivio no debe ser manipulada debido a que se encuentra regulada para la operación del sistema hidráulico.</p>		

- e) Verificar que la válvula de control de caudal este totalmente abierta al momento de encender el sistema hidráulico
- f) Asegurarse que las cañerías y mangueras hidráulicas se encuentren bien ajustadas.
- g) Utilice equipos de protección personal, zapatos puntas de acero, gafas de protección translúcidas, Orejeras, guantes de fuerza, overol.

PRECAUCIÓN, las personas que van a realizar las prácticas no estén utilizando anillos, pulseras, cadenas, relojes.



PASOS DE OPERACIÓN.

- a) Conectar la Fuente de energía de 220V en la conexión del aeronave
- b) Encender el interruptor de control de encendido a la posición **(ON)**.



- c) Esperar 10 segundos a que todo el sistema se estabilice.
- d) Verificar la presión de salida de la bomba que se muestra en el manómetro (0 a 1000 PSI), indique 200 PSI.



NOTA: No manipular la válvula de alivio, se encuentra regulada para trabajar a 200 psi, si manipula la válvula de alivio, no cerrarla en su totalidad (+), porque se tapona la presión de la bomba.



- e) Para aumentar o disminuir el flujo, manipular únicamente la válvula de caudal.



- f) En caso de emergencia apagar el interruptor con el control de encendido de la central hidráulica.



- g) Manipular el mando hidráulico a la posición OPEN para comenzar a levantar el canopy



- h) Para descender el canopy manipular el mando hidráulico a la posición de CLOSE


2. DESPUÉS DE LA OPERACIÓN.

- a) Apagar el sistema hidráulico presionando el botón de OFF, en el control de encendido.
- b) Desconectar la aeronave de la fuente eléctrica.



- c) Verificar fugas de aceite en los acoples de las cañerías, mangueras y demás componentes de la central hidráulica.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

UGT 	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 1 de 2
	TEMA: “REHABILITACIÓN DEL CANOPY DE LA CABINA DEL AVIÓN CESSNA A-37B (DRAGONFLY) MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO”	Código:
	Elaborado por: Machay Catota Alex Sebastián	Revisión Nº: 01
	Aprobado por: Ing. Pablo Espinel	Fecha : Abril 2015

1. OBJETIVO

Mantener los componentes del sistema hidráulico y el conjunto de canopy en condiciones de operación para realizar sus prácticas.

2. ALCANCE

Mantener en funcionamiento el sistema de canopy, el presente documento está dirigido al personal encargado de efectuar el mantenimiento de los equipos del laboratorio de Mecánica Aeronáutica.

3. MANTENIMIENTO PERIÓDICO

3.1 TRIMESTRAL.

- a) Inspeccionar estado de cañerías y mangueras, que no presenten roturas, rajaduras o fugas.
- b) Inspeccionar el cableado eléctrico evidenciar que no exista cortes ni daños de ningún tipo.
- c) Verificar el ajuste del matrimonio que une los ejes de la bomba y el motor, no debe existir juego entre las dos partes del acople

3.3 SEMESTRAL.

- a) Remover y limpiar el filtro de succión, que se encuentra ubicado en la parte inferior del reservorio.
- b) Verificar las uniones de los manómetros y válvulas.
- c) Chequear las líneas y conexiones para evitar posibles fugas del líquido hidráulico.

3.4 ANUAL.

- a) Revisar el nivel de fluido hidráulico del reservorio, Si fuera necesario llenar con fluido hidráulico multigrado N° ISO 68AW.
- b) Inspeccionar el reservorio que no haya fisuras y corrosión en la parte externa.
- c) Verificar los pernos de sujeción de la bomba (2) y del motor (4) que no estén flojos, si existe esta novedad realice un reajuste.
- d) Verificar pernos de sujeción del conjunto de Hinge Arm que no se encuentren flojos ,si existe esta novedad realice un reajuste

3.5 SERVICIO DE LÍQUIDO HIDRÁULICO.

Para el servicio de aceite al sistema se procederá de la siguiente manera.

- Abrir la tapa de llenado en el reservorio.
- Llenar con aceite hidráulico ISO 68AW.
- Verificar que el nivel de aceite en el indicador de cantidad.
- Cerrar la tapa de llenado.
- Limpiar el contorno, si fue derramado el aceite.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

3.8 Presupuesto.

Se realizó un análisis de costos con la finalidad de exponer la cantidad requerida para realizar el presente proyecto.

3.8.1 Costos primarios.

Tabla 10: Costos primarios para la construcción del sistema hidráulico.

No	MATERIAL	\$ V/U	\$ V/T
1	Motor eléctrico monofásico	165	165
2	Tapa de reservorio	15	15
3	Válvula de alivio	106	106
4	Indicador de aceite	15	15
5	Manómetros	25	50
6	Filtros	25	25
7	Acople motor bomba	50	50
8	Bomba hidráulica	220	220
9	Válvula reguladora de caudal	45	45
10	Reservorio	100	100
11	Cañerías	50	50
12	Mangueras	200	200
13	Acoples	40	40
14	Varios	60	60
TOTAL			1,141

3.8.2 Costos secundarios.

Tabla 11: Costos secundarios invertidos en el proyecto.

CANTID	MATERIAL	V/U	V/T
AD			
6	Anillados	1.50	9
5	Empastado	8	40
---	Alimentación	500	500
---	Transporte	100	100
850	Copias	0.02	17
---	Vivienda	400	400
---	Material de oficina	-----	50
SUBTOTAL			\$1,11
			6

3.8.3 Costos Totales.

Tabla 3.6: Costos totales invertidos en el proyecto.

Costos Primarios	\$ 1,141
Costos Secundarios	\$ 1,116
Costo Total Proyecto	\$2,257

El costo del Trabajo de investigación tiene un costo total \$ **2,257** dólares americanos.

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

- Se reunió importante información sobre el trabajo de grado conforme con lo necesitado y pedido para el canopy, esto en base a la necesidad de la aeronave, permitiendo así tener un buen resultado en la rehabilitación del mismo.
- Se determinó los respectivos requerimientos técnicos para proceder con la rehabilitación total del canopy de la cabina.
- Se localizó los defectos que el canopy poseía, corroborando los daños que existían en este, obteniendo como resultados un perfecto desempeño del mismo después de su rehabilitación.
- El éxito que se obtuvo en la rehabilitación del canopy, se debió a que se establecieron lineamientos después de la rehabilitación para llegar a obtener una buena utilización del sistema del canopy.

4.2 Recomendaciones:

- Es importante que toda información relacionada con el canopy sean de base confiada y sean de manera técnica con el fin de evitar información errónea que dificulte con la rehabilitación del sistema.
- Todo requerimiento técnico que se determine se recomienda que sea clasificada para obtener mejores resultados y así evitar una pérdida de tiempo.
- Es importante en primera estancia dar a conocer los defectos que el sistema del canopy pueda tener, para evitar un mal gaste de tiempo al momento de proceder con la rehabilitación.
- Antes de proceder con la rehabilitación, es necesario establecer lineamientos para continuar con el trabajo de grado sin interrupción alguna, con el fin de llegar a obtener una perfecta rehabilitación

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

- **Abolladuras:** Depresión producida en una superficie a causa de un golpe o una presión.
- **IPC:** En inglés Catalog Illustred Parts que significa Catálogo Ilustrado de Partes
- **Habilidades.-** Existen diferentes definiciones que intentan englobar el concepto de habilidad. Es el grado de competencia de un sujeto concreto frente a un objetivo.
- **Implementación.-** Poner en funcionamiento, aplicar los métodos y medidas necesarios para llevar algo a cabo.
- **Movimiento.-** Cambio de posición de un cuerpo respecto de un sistema de referencia.
- **Objetivo.-** Relativo al objeto en sí, independientemente de juicios personales.
- **Observación.-** Acción y resultado de observar.

ABREVIATURAS.

- **FAA.-** Administración Federal de Aviación de estados unidos
- **E.S.P.E.-** Escuela Superior Politécnica del Ejército
- **P.D.F.-** “Portable Document Format” Formato De Documento Portable
- **ISO.-** Organización Internacional de Normalización.
- **VDMA.-** Asociación de instituciones de ingeniería alemanas.
- **CETOP.-** Comité europeo de transmisiones oleo hidráulicas y neumáticas.
- **DIN.-** Instituto Alemán de Normalización.
- **DAC.-** Dirección de la Aviación Civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cessna Aircraft Company, (AMM) Cessna A-37B Aircraft Manual Maintenance, Military Division (2001).

Cessna Aircraft Company, (IPC) Cessna A-37B. Illustrate Parts Catalog, Military Division (2001).

CF34-3A/-37-B Regional Jet Manuals Index
 Recuperado [www.ge.com.net.productshttps:// CESSNA+A-37B&h](http://www.ge.com.net/productshttps://CESSNA+A-37B&h) (Citado el 12 Enero del 2015)

Former Military High-Performance Aircraft
 Recuperado tesis.ipn.mx/bitstream/handle/1,3,4,5,7,8/15,16,17.pdf.sequense
 =(Citado el 05 Febrero del 2015)

American Attack Aircraft Since 1926
 Recuperado www.cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas
 (Citado el 05 Febrero del 2015)

CF34-8C Aircraft Manuals Index
 Recuperado es.wikipedid.fa.org./wiki./Cabina_de_burbuja.. (Citado el 05
 Febrero del 2015)

ANEXOS

