

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA
REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA**

PRESENTADO POR:

CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO :

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA
REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA**

Presentado por :

CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes asesores :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR

San Salvador, marzo de 2016

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por el regalo de la vida, por las bendiciones recibidas y por permitirme culminar mi trabajo de graduación, ya que así he dado un paso más en mi vida a nivel académico y personal.

A mi familia, que siempre me ha apoyado y contribuido de diversas maneras para lograr alcanzar este objetivo.

A mis docentes asesores, Ing. Rigoberto Velásquez Paz e Ing. Álvaro Antonio Aguilar, por sus observaciones, propuestas y sugerencias sobre el trabajo, de igual forma por su paciencia, disponibilidad y flexibilidad para atender mis consultas e inquietudes.

A mis amigos y compañeros que de alguna forma estaban ahí para ayudarme a salir adelante en circunstancias complicadas y que se involucraron en el desarrollo de mi trabajo de graduación de forma significativa.

A la Unidad Productiva de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por permitirme, accesibilidad y disponibilidad de equipo; en especial al Arq. Juan Bautista Perla Solórzano por su ayuda para la realización del proceso de fabricación y pruebas.

A las autoridades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por la ayuda brindada en la adquisición de algunos elementos hidráulicos y material de construcción, que sin duda han ayudado a la elaboración del equipo.

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por permitirme finalizar una de mis más grandes metas que me propuse en mi vida. Por guiarme, iluminarme y darme ánimos para seguir adelante en todo momento, y sabiduría en situaciones adversas que tuve, pero que al final gracias a él puede superarlas y salí adelante.

A mis padres Ruth Elizabeth Zelaya y Manuel de Jesús Sarmiento, por su apoyo y sacrificio para poder sacarme siempre adelante; por confiar en mí, por su amor y comprensión. Ya que siempre en el transcurso de toda mi vida, han dado todo lo que ha estado a su alcance.

A mi familia, que ha sido un bastión fundamental para guiarme y animarme a salir adelante, y no dejar desviarme del buen camino de la vida. En especial a mi tía Ana Mirian Zelaya y a mi abuela Matilde España o como le gustaba que le dijeran Tía Maty (Q.E.P.D); quienes en mi vida han asumido gran parte del rol de madres, y lo han hecho muy bien, destaco que ellas han creído en mí siempre y sé que se enorgullecen al ver que todas sus acciones rindieron frutos.

A mis amigos, los cuales siempre has estado a mi lado en las buenas y mala, que siempre me animaron a seguir y nunca caer en adversidades. Y que de una u otra manera siempre estuvieron allí para mí a la hora que necesite de ellos. Quiero hacer mención especial a las hermanas Rubio Gonzales, siempre ha estado a mi lado, que me han apoyado, ayudado en el transcurso de la vida y en este paso tan grande, no se quedaron atrás.

Por último y no menos importantes, a todos mis compañeros que conocí dentro de la universidad, los cuales me es imposible mencionar uno a uno, pues no me alcanzaría el espacio para hacerlo. Pero que saben que han sido de mucho apoyo en mí desarrollo como estudiante en mí tan querida Alma Mater la Universidad de El Salvador. Me gustaría resaltar a mi querida asociación (ASEIM) de la cual aprendí muchas cosas y fue donde comenzó todo en mi vida universitaria, la cual espero siga creciendo tal como lo he visto desde sus inicios.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA

Estudiante: Br. Carlos Armando Sarmiento Zelaya
Docentes asesores: Ing. Rigoberto Velásquez Paz y Ing. Álvaro Antonio Aguilar.
Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de El Salvador

RESUMEN

El trabajo de graduación consiste en el diseño y construcción de un equipo para realizar prácticas oleohidráulicas con fines didácticas, que se convertirá en una herramienta importante para el aprendizaje y practica de los alumnos de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

Este sistema consta de elementos básicos que encontramos en los sistemas oleohidráulicos industriales, que han sido seleccionados con criterios técnicos y características de diseño para operar en un rango de presión entre 250 y 500 Psi. En el equipo se podrán realizar diferentes prácticas de las cuales en éste trabajo se han propuesto seis, cada una con su guía de laboratorio, las cuales permiten que el practicante identifique, instale, analice y opere los elementos del sistemas, con ello podrá obtener elementos de juicio y/o conclusiones con criterios técnicos de circuitos oleohidráulico.

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1 Introducción a la potencia hidráulica	2
1.1.1 Historia de los sistemas hidráulicos	3
1.1.2 Ventajas y aplicaciones de la potencia oleohidráulica.....	5
1.1.3 Componentes básicos de un sistema de potencia hidráulica	8
1.2 Propiedades de los fluidos	10
1.2.1 Definición de fluido	10
1.2.2 Funciones principales de un fluido hidráulico.....	10
1.2.3 Propiedades de los fluidos.....	11
1.2.4 Tipos de fluidos hidráulicos.....	15
1.2.5 Principios fundamentales de la potencia hidráulica.....	16
1.3 Energía y potencia en los sistemas hidráulicos.....	17
1.3.1 Ecuación de continuidad.....	18
1.3.2 Ecuación de Bernoulli.	19
1.3.3 Sistema de distribución.....	20
1.3.4 Dimensionamiento de conductores hidráulicos.	22
1.3.4.1 Esfuerzos en los conductores.....	22
1.3.5 Flujo hidráulico básico de tuberías.....	26
1.4 Elementos fundamentales de un circuito hidráulico	27
1.4.1 Bombas Hidráulicas.....	27
1.4.1.1 Teoría de Bombeo.....	27
1.4.1.2 Principio del desplazamiento positivo.	28
1.4.1.3 Características generales de las bombas de desplazamiento positivo.....	29
1.4.1.4 Clasificación de las bombas.	30
1.4.1.5 Funcionamiento de las bombas.	30
1.4.1.6 Tipos de bombas.	31
1.4.1.7 Selección de Bombas.....	39
1.4.2 Actuadores Hidráulicos.....	40
1.4.2.1 Cilindros hidráulicos.	41
1.4.2.2 Motores Hidráulicos.....	45
1.4.3 Elementos de control de la energía hidráulica	50
1.4.3.1 Válvulas hidráulicas.....	50
1.4.4 Acumuladores.....	62
1.4.5 Tanque	64
1.4.6 Filtros.....	66

2. SIMBOLOGÍA DE COMPONENTES DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS	67
2.1 Generalidades de la simbología hidráulica.....	67
2.2 Normas utilizadas	68
2.3 Designación de conexiones y normas básicas de representación.....	69
2.4 Simbología hidráulica.....	70
2.4.1 Simbología de Conexiones	70
2.4.2 Símbolos de medición y mantenimiento.....	71
2.4.3 Simbología de Bombas.....	72
2.4.4 Simbología de actuadores hidráulicos	73
2.4.5 Simbología de válvulas direccionales	75
2.4.6 Simbología de Accionamientos.....	76
2.4.7 Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión.....	78
3. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO DE PRACTICA OLEOHIDRÁULICA	79
3.1 Criterios de diseño.....	79
3.2 Limitantes	80
3.3 Configuración y dimensionamiento del equipo de prácticas	80
3.3.1 Estructura metálica del equipo.....	81
3.3.2 Distribución y dimensionamiento de módulos	82
3.3.3 Bastidor de alimentación eléctrica	84
3.3.4 Características de la unidad de poder.....	84
3.4 Elementos oleohidráulicos del equipo practico.....	87
3.5 Selección de la Bomba	90
3.6 Selección de motor eléctrico	92
3.7 Selección de mangueras.....	94
3.7.1 Mangueras de succión y descarga de la bomba	94
3.7.1.1 Selección de manguera de succión y descarga.....	95
3.7.2 Mangueras de interconexión.....	96
3.8 Selección de acopes para mangueras	97
3.9 Selección y caracterización de cilindros hidráulicos	98
3.10 Selección de manómetros.....	99

3.11 Selección del aceite hidráulico	100
3.12 Dimensionamiento del tanque de aceite	102
3.13 Selección del filtro.....	104
3.14 Selección de válvulas	105
3.14.1 Válvula direccional.....	105
3.14.2 Válvulas de control de presión	106
3.14.2.1 Válvula de alivio.....	106
3.14.2.2 Válvulas limitadoras de presión	107
3.14.3 Válvula de control de flujo.....	108
3.14.4 Válvula de bloqueo	108
3.15 Accesorios de Conexión	109
3.15.1 Placa de conexión para válvula direccional.....	109
3.15.2 Carcasa para válvulas de cartucho	110
3.15.3 Accesorios de interconexión	111
3.16 Selección de fuente de alimentación.....	112
4. CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS Y ACCESORIOS DEL EQUIPO PRACTICO OLEOHIDRÁULICO.....	113
4.1 Construcción de la estructura metálica.	113
4.2 Construcción de los Módulos	115
4.3 Construcción del tanque	118
4.4 Accesorios de construcción y montaje	119
4.5 Ensamble final del equipo de prácticas oleohidráulicas	123
5. GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN EL EQUIPO OLEOHIDRÁULICO.....	124
5.1 Metodología	124
5.2 Lista de guías de laboratorio.....	125
Práctica No. 1.....	126
Identificación y caracterización de componentes del equipo oleohidráulico	126
Práctica No. 2.....	129
Verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal y una limitadora de presión.....	129

Práctica No.3.....	132
Control de un cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem	132
Práctica No.4.....	135
Regulación de flujo de entrada y salida en cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem	135
Practica No. 5.....	138
Accionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en paralelo, accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem	138
Practica No. 6.....	141
Accionamiento y control de cilindros hidráulicos de doble efecto, conectados en serie y activados por electroválvula 4/3	141
6. COSTOS	145
6.1 Costos	145
6. 2 Detalle de costos	146
CONCLUSIONES	151
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXO 1. MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE PRÁCTICAS OLEOHIDRÁULICAS.....	155
ANEXO 2. GUÍA DE MANTENIMIENTO	156
ANEXO 3. MEDIDAS DE SEGURIDAD	157
ANEXO 4. PLANOS DE EQUIPO DE PRUEBA OLEOHIDRÁULICA.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Presión de trabajo recomendadas en función del factor de seguridad	23
Tabla 2. Tamaño nominal y número de calibre de tubería de acero.....	24
Tabla 3. Tamaños típicos de Mangueras	25
Tabla 4. Tamaños comunes de tubo de acero	26
Tabla 5. Tabla comparativa de parámetros de bombas de desplazamiento positivo	40
Tabla 6. Normas y descripción empleadas en sistemas oleohidráulicas	68
Tabla 7. Designación de conexiones en sistemas hidráulicos.....	70
Tabla 8 . Lista de elementos que conformaran el equipo oleohidráulico	89
Tabla 9 . Velocidades de motores.....	92
Tabla 10. Propiedades de aceite Mobil Nuto H 32	101
Tabla 11. Longitudes de Mangueras de interconexión, alimentación y descarga	102
Tabla 12. Accesorios de interconexión de equipo oleohidráulico	111
Tabla 13. Inventario de material para elaboración de estructura metálica.....	114
Tabla 14. Inventario de material para elaboración de módulos	116
Tabla 15. Inventario de material para elaboración de estructura metálica.....	118
Tabla 16. Inventario de accesorios construidos	120
Tabla 17. Inventario de materiales para la elaboración de la estructura metálica.....	121
Tabla 18. Contenido y estructura de las guías de laboratorio	125
Tabla 19. Costos de elementos hidráulicos.....	146
Tabla 20. Costos de materiales de construcción de estructura, tanque y accesorios	148
Tabla 21. Costos de elementos eléctricos.....	150
Tabla 22. Detalle de costo general	150

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Esquema de componentes básicos de un circuito hidráulico.....	9
Fig. 2 Esquema de volumen de control.....	19
Fig. 3 Esquema del principio de Bernoulli	20
Fig. 4 Principio del Desplazamiento Positivo.....	28
Fig. 5 Bomba de engranajes interiores.	32
Fig. 6 Bomba de engranes externos	33
Fig. 7 Bomba de engranes helicoidales.	34
Fig. 8 Bombas de Paleta.....	34
Fig. 9 Bombas de Pistones Radiales.	36
Fig. 10 Bombas de Pistones Axiales.....	37
Fig. 11 Bomba de Lóbulo	38
Fig. 12 Bomba de Tornillo.....	39
Fig. 13 Esquema base de un Cilindro Hidráulico.....	41
Fig. 14 Cilindro de Simple Efecto.....	42
Fig. 15 Cilindro de Doble Efecto.	43
Fig. 16 Cilindro tipo Buzo.....	43
Fig. 17 Cilindro de Vástago Doble.....	43
Fig. 18 Cilindro Telescopio.	44
Fig. 19 Cilindro en Tándem.....	44
Fig. 20 Cilindro Doble.	45
Fig. 21 Motor de Paletas.....	46
Fig. 22 Motor de Engranajes.	47
Fig. 23 Motor de Engranajes Internos.....	48
Fig. 24 Motor de Pistón.....	49
Fig. 25 Motor de Pistón Axiales de Desplazamiento Variable.	49
Fig. 26 Movimiento del fluido dentro de una válvula direccional.....	51
Fig. 27 Representación gráfica de tipos de actuadores de válvulas direccionales	52
Fig. 28 Representación accionamiento por solenoide.....	53
Fig. 29 Válvula de alivio de presión simple	54
Fig. 30 Válvula de alivio pilotada.....	55
Fig. 31 Válvula reductora de presión.....	56
Fig. 32 Válvula reguladora de presión.....	57
Fig. 33 Válvula de retención con orificio fijo	58
Fig. 34 Válvula de control de aguja.....	58
Fig. 35 Esquema de una válvula antirretorno.....	61
Fig. 36 Electroválvula 4/3.....	62
Fig. 37 Sección de un acumulador de membrana	63
Fig. 38. Tipos de acumuladores A) Peso, B) Resorte, C) Membrana, D) Vejiga	63
Fig. 39 Tanque de almacenamiento de aceite	65

Fig. 40 Tipos de filtro según su ubicación.....	66
Fig. 41 Configuración de posiciones de válvulas direccionales.....	69
Fig. 42 Dimensiones del equipo práctico oleohidráulico, cotas en cm.....	82
Fig. 43 Modelo de la estructura del equipo de prácticas.....	82
Fig. 44 Distribución de módulos dentro del equipo de práctica.....	83
Fig. 45 Ubicación del bastidor de alimentación eléctrica.....	84
Fig. 46 Modelo de unidad de poder para el equipo de prácticas.....	87
Fig. 47 Circuito base para la selección de elementos del equipo oleohidráulico.....	88
Fig. 48 Grafico de dato de rendimiento de bomba 26005 RZE.....	91
Fig. 49 Bomba 26005 RZE.....	91
Fig. 50 Motor trifásico MARATHON ELECTRIC 1.5 HP 6 Polos.....	93
Fig. 51 Acoples rápidos NPT ¼”.....	97
Fig. 52 Cilindro de doble efecto modelo 9-1649-06.....	98
Fig. 53 Manómetro 2” con glicerina.....	100
Fig. 54 Filtro STAUFF 068-N16F-140.....	104
Fig. 55 Símbolo de electroválvula 4/3 con tarden.....	105
Fig. 56 Electroválvula EATON DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61.....	106
Fig. 57 Símbolo de válvula de alivio.....	106
Fig. 58 Símbolo de válvula limitadora de presión.....	107
Fig. 59 Válvulas de cartucho para control de presión RV2 y RV3.....	107
Fig. 60 Símbolo de válvula reguladora de flujo.....	108
Fig. 61 Válvula reguladora de flujo DELTROL EF20S.....	108
Fig. 62 Símbolo de válvula Check.....	108
Fig. 63 Válvula check DELTROL EC20S.....	109
Fig. 64 Placa de conexión DARMAN AD03SPS4P.....	110
Fig. 65 Carcasa para Válvula de Cartucho EATON Vickers.....	110
Fig. 66 Fuente de corriente directa de 24V y 5 amperios.....	112
Fig. 67. Proceso de elaboración de estructura metálica del equipo de prácticas oleohidráulicas.....	115
Fig. 68. Proceso de elaboración de módulos del equipo de prácticas oleohidráulicas.....	117
Fig. 69 Ubicación de elementos hidráulicos dentro de módulos, cotas en cm.....	117
Fig. 70. Unidad de poder y Tanque finalizado para equipo de prácticas oleohidráulicas.....	119
Fig. 71 Imágenes de piezas accesorios terminados y su ubicación.....	122
Fig. 72 Equipo para realizar prácticas oleohidráulicas.....	123

SIGLAS Y SÍMBOLOS

P	Presión
F	Fuerza
A	Área
γ	Peso específico
ρ	Densidad
g	Gravedad
m	Masa
v	Volumen
E	Compresibilidad
μ	Viscosidad
ν	Viscosidad cinemática
V	Velocidad
Q	Caudal
t	Espesor
De	Diámetro externo
Di	Diámetro interno
Fs	Factor de seguridad
Pb	Presión máxima
Pw	Presión de trabajo
Gpm	Galones por minuto
NPT	Rosca para tubería
Psi	Libra por pulgada cuadrada
RPM	Revoluciones por minuto
HP	Caballos de potencia
CD	Corriente directa
Mm	Milímetro
Cm	Centímetro
Mpa	Mega pascales

INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria oleohidráulica existen muchos campos en los que este tipo de sistemas son utilizados gracias a su versatilidad y gobernabilidad. Estos proveen de muchas ventajas como la facilidad de conexión, exactitud, multiplicación de fuerzas y torques constante. Estas características son de gran importancia en los distintos procesos industriales, por lo que para el ingeniero mecánico es importante poseer conocimientos constructivos de este tipo de sistemas es esencial.

El presente de trabajo de graduación, trata sobre de un diseño y posterior construcción de un equipo para realizar prácticas de oleohidráulica, para la realización de pruebas de laboratorio de transmisión de potencia hidráulica para que los alumnos de la escuela de ingeniería mecánica puedan realizar prácticas de laboratorio en el área hidráulica. Tomando en cuenta la teoría básica sobre transmisión de potencia hidráulica, principios y características se seleccionarán e identificarán los elementos básicos constitutivos que deberá tener el banco. Para la construcción de circuitos de potencia hidráulica, se seleccionaran y se ajustaran a la estructura física a construir. Posterior a su elaboración se realizarán pruebas operativas del sistema, para proponer prácticas de laboratorio de nivel básico.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción a la potencia hidráulica

En función del contexto en que se utilice, el concepto de "hidráulica" puede definirse de varias maneras. En nuestro caso, dentro del contexto de la mecánica de los fluidos, entenderemos la hidráulica como la parte de la física que estudia el comportamiento de los fluidos [1].

La palabra hidráulica proviene del griego, hydros, y trata de las leyes que están en relación con el agua. Por lo que cuando el fluido empleado sea aceite (derivado del petróleo) deberíamos de hablar de oleohidráulica [1].

El vocablo oleohidráulica se utiliza para definir a una tecnología de ámbito industrial que emplea el aceite como fluido y energía, y que está íntimamente relacionada con las leyes de la mecánica de los fluidos [1].

La potencia oleohidráulica estudia la generación, control y transmisión de la potencia utilizando líquidos presurizados. En la actualidad gran cantidad de máquinas modernas e instalaciones son controladas en forma parcial o totalmente por medio de la potencia hidráulica y en muchos casos se han implementados en máquinas manuales, haciendo posible nuevos procesos automáticos o semiautomáticos, por medio de dispositivos hidráulicos. Entre algunos ejemplos en los que encontramos esta tecnología hidráulica son:

- Máquinas herramientas.
- Prensas.
- Maquinaria de obras.
- Vehículos.
- Aeronáutica.
- Grúas y robots.

1.1.1 Historia de los sistemas hidráulicos

La rueda hidráulica y el molino de viento son preámbulos de mucho interés para la historia de los sistemas con potencia fluida, pues familiarizaron al hombre con las posibilidades de los fluidos para generar y transmitir energía, esto le enseñó en forma empírica la Hidromecánica y sus propiedades [2].

La primera bomba construida por el hombre fue la jeringa y se debe a los antiguos egipcios, quienes la utilizaron para embalsamar las momias. Ctesibius en el siglo II A.C., la convirtió en una bomba de doble efecto [2].

Galileo en 1612 elaboro el primer estudio sistemático de los fundamentos de la Hidrostática. Un alumno de Galileo, Torricelli, enunció en 1643 la ley del flujo libre de líquidos a través de orificios. Construyo El barómetro para la medición de la presión atmosférica [2].

Blaise Pascal, aunque vivió únicamente hasta la edad de 39 años, fue uno de los grandes científicos y matemáticos del siglo XVII. Fue responsable de muchos descubrimientos importantes, pero en relación con la mecánica de fluidos son notables los siguientes [2]:

- La formulación en 1650 de la ley de la distribución de la presión en un líquido contenido en un recipiente. Se conoce esta, como ley de Pascal.
- La comprobación de que la potencia del vacío se debe al peso de la atmósfera y no a un "horror natural" como se creyó por más de 2000 años antes.

A Isaac Newton, además de muchas contribuciones a la ciencia y a las matemáticas, se le debe en Mecánica de Fluidos [2]:

- El primer enunciado de la ley de fricción en un fluido en movimiento.
- La introducción del concepto de viscosidad en un fluido.
- Los fundamentos de la teoría de la similaridad hidrodinámica.

Hasta la mitad del siglo XVIII no existía aun una ciencia integrada sobre el comportamiento de los fluidos. Los fundamentos teóricos de la Mecánica de Fluidos como una ciencia se deben a Daniel Bernoulli y a Leonhard Euler en el siglo XVIII.

Daniel Bernoulli, perteneció a una famosa familia suiza en la cual hubo once sabios celebres, la mayoría de ellos matemáticos o mecánicos. Gran parte de su trabajo se realizó en San Petersburgo, como miembro de la academia rusa de ciencias. En 1738 en su "Hidrodinámica", formulo la ley fundamental del movimiento de los fluidos que da la relación entre la energía de: presión, velocidad y posición. Propuso que la presión atmosférica se notaba más cuando en un recipiente hay un agujero y el agua sale con menos presión y más fuerza y que la presión es mayor cuando la altura del recipiente es mayor [2].

Leonhard Euler, también suizo, desarrollo las ecuaciones diferenciales generales del flujo para los llamados fluidos ideales (no viscosos). Esto marco El principio de los métodos teóricos de análisis en la Mecánica de Fluidos. A Euler se le debe también la ecuación general del trabajo para todas las maquinas hidráulicas rotodinámicas (turbinas, bombas centrifugas, ventiladores, etc.), además de los fundamentos de la teoría de la flotación [2].

Inmediatamente siguieron sin número de aplicaciones y como era de esperarse, se abrió un mercado para el mismo sin precedentes y que superaba las disponibilidades tanto técnicas como financieras de su tiempo [2].

En el periodo que comprende los últimos años del siglo XVIII y la mayoría del XIX, se caracterizó por la acumulación de datos experimentales y por la determinación de factores de corrección para la ecuación de Bernoulli. Se basaron en el concepto de fluido ideal, o sea que no tuvieron en cuenta una propiedad tan importante como la viscosidad. Cabe destacar los nombres de experimentalistas notables como Antoine Chezy, Henri Darcy, Jean Poiseuille En Francia; Julius Weisbach Y G. Hagen en Alemania. De importancia especial

fueron los experimentos de Weisbach y las fórmulas empíricas resultantes que fueron utilizadas hasta hace poco tiempo [2].

En el periodo siguiente, al final del siglo XIX y principios del XX, se tomó en cuenta la viscosidad y la teoría de la similaridad. Se avanzó con mayor rapidez por la expansión tecnológica y las fuerzas productivas. A este período están asociados los nombres de George Stokes y De Osborne Reynolds [2].

En la Hidráulica contemporánea se deben mencionar a: Ludwig Prandtl, Theodor Von Karman y Johan Nikuradse. Los dos primeros por sus trabajos en Aerodinámica y Mecánica de Fluidos que sirvieron para dilucidar la teoría del flujo turbulento; el último sobre flujo en tuberías [2].

1.1.2 Ventajas y aplicaciones de la potencia oleohidráulica.

El secreto del éxito de la potencia hidráulica y su uso general, se debe a su versatilidad y gobernabilidad, ya que esta no es absorbida por la geometría de la máquina, como es los sistemas mecánicos. Además, pueden transmitir potencia en cantidades ilimitadas, el límite de la potencia de un sistema hidráulico solo es restringido por la capacidad que el material tenga para soportarlo.

Se pueden mencionar las siguientes ventajas:

- a) Facilidad y exactitud de control: con el uso de palancas y botones, el operador del sistema de potencia fluida puede rápidamente arrancar, detener, subir, bajar la velocidad y proporcionar fuerzas, que produzcan la potencia deseada con tolerancias y presiones hasta de milésimas de pulgada.

- b) Protección contra sobrecargas de presión: con el uso de válvulas limitadoras de presión, se protegen a las instalaciones de cualquier sobrepresión.
- c) Desarrollo de grandes fuerzas: al utilizar sistemas de elevada presión, y al ser la fuerza el producto de la presión por la superficie, con componentes de tamaño reducido se pueden desarrollar elevadas fuerzas y pares.
- d) Paradas intermedias exactas: debido a la incompresibilidad del fluido los actuadores pueden detenerse en cualquier punto de la trayectoria sin que se produzcan vibraciones ni oscilaciones.
- e) Simplicidad y seguridad: en general los sistemas de potencia hidráulicos, usan pocas partes en movimiento en comparación con los sistemas eléctricos y mecánicos. Esto se traduce en economía ya que las pérdidas de fricción son menores; y en seguridad ya que hay menos piezas en movimiento y contactos eléctricos. Cabe mencionar que este tipo de sistemas pueden transmitir potencia a grandes distancias con pocas pérdidas.

En la actualidad, las aplicaciones de la hidráulica son muy variadas, esta amplitud en usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañada además de estudios más acabados de las materias y principios que rigen la hidráulica. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general [3].

Dentro de las aplicaciones se pueden distinguir dos, móviles e industriales:

Aplicaciones Móviles: El empleo de la energía proporcionada por el aire y aceite a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles tales como [3]:

- Tractores
- Grúas
- Retroexcavadoras
- Camiones recolectores de basura
- Cargadores frontales
- Frenos y suspensiones de camiones
- Vehículos para la construcción y mantenimiento de carreteras

Aplicaciones Industriales: En la industria, es de primera importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Se tiene entre otras [3]:

- Maquinaria para la industria plástica
- Máquinas herramientas
- Maquinaria para la elaboración de alimentos
- Equipamiento para robótica y manipulación automatizada
- Equipo para montaje industrial
- Maquinaria para la minería
- Maquinaria para la industria siderúrgica

Otras Aplicaciones: se pueden dar en sistemas propios de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales, por otro lado se pueden tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión, así se tiene [3]:

- Aplicación automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.

- Aplicación Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.
- Aplicación Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares
- Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

1.1.3 Componentes básicos de un sistema de potencia hidráulica

Los circuitos hidráulicos tienen el mismo sistema de aplicación y el cual la función básica es transmitir potencia por medio de un fluido incompresible, los líquidos se adaptan a cualquier forma; este puede fluir en cualquier dirección y hacia todos los componentes donde tenga paso. Hay siete componentes básicos requeridos en un circuito hidráulico, como se pueden apreciar en la Fig. 1, estos componentes del sistema son:

- a) Tanque o reservorio para almacenar el aceite hidráulico y enfriarlo.
- b) Filtro para eliminar los contaminantes del fluido y evitar que los componentes del sistema sufran daños u obstrucciones.
- c) Bomba que convierte la energía mecánica en hidráulica en forma de flujo para forzarlo a través de todo el sistema.
- d) Un motor eléctrico o de otro tipo de energía para accionar la bomba.
- e) Válvulas de control direccional, de presión y caudal que regulan el flujo del líquido a través del sistema como sea conveniente.
- f) Actuador o cilindro hidráulico que convierte la energía del fluido en fuerza mecánica o torque para realizar un trabajo útil. El actuador puede ser un cilindro hidráulico para producir un movimiento lineal o un motor hidráulico para producir un movimiento de rotación.

- g) Tuberías y/o mangueras por las cuales se conduce el líquido de un punto del sistema a otro, por lo general son flexibles y con conectores en sus terminales.

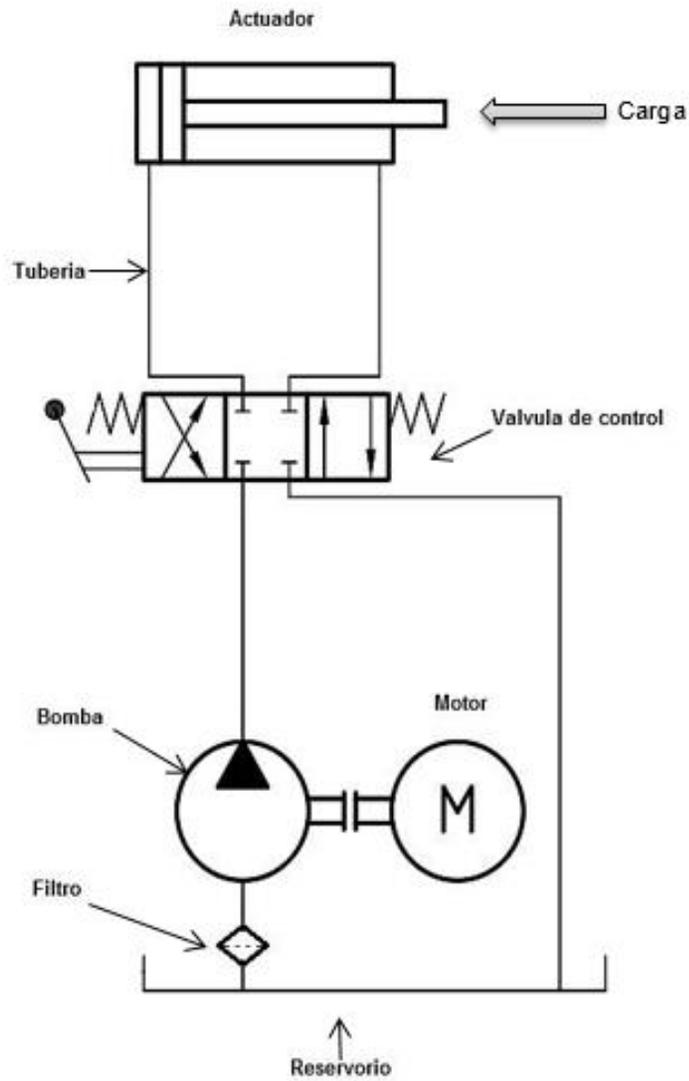


Fig. 1 Esquema de componentes básicos de un circuito hidráulico

1.2 Propiedades de los fluidos

La mecánica de los fluidos se ha desarrollado mediante el entendimiento de las propiedades de los fluidos (peso, densidad, presión, etc.) pero antes de definir las propiedades es necesario definir que es un fluido.

1.2.1 Definición de fluido

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar que tan pequeño sea este esfuerzo. Fuerza cortante es la componente de una fuerza tangente a una superficie y está dividida por el área de la superficie es el esfuerzo cortante promedio sobre el área. La incapacidad de los fluidos para resistir esfuerzos de corte les proporciona su habilidad característica de cambiar de forma o fluir [4].

1.2.2 Funciones principales de un fluido hidráulico.

Un fluido hidráulico ejecuta esencialmente cuatro funciones principales:

- Transmitir potencia.
- Lubricar las partes en movimiento.
- Sellar las partes de unión entre las piezas.
- Disipar calor.

Acoplado adecuadamente estas funciones primarias y siendo prácticos desde el punto de vista de costos y seguridad, un fluido hidráulico deberá tener las siguientes propiedades:

- Viscosidad ideal.
- Buen lubricador.
- Estabilidad química y ambiental.
- Compatibilidad con los componentes del sistema.

- Alto módulo de elasticidad volumétrica.
- Resistencia a la combustión.
- Buena capacidad de transmitir calor
- Baja densidad.
- Resistencia a formar espuma.
- No tóxico.
- Baja volatilidad.
- Bajo costo.

Este listado de propiedades no las posee cualquier fluido hidráulico en su totalidad, por lo que el diseñador de un sistema de potencia hidráulica deberá seleccionar de acuerdo con cada aplicación particular. Los fluidos hidráulicos se deben cambiar periódicamente, la frecuencia no depende solo del fluido, sino también de las condiciones de operación. Un análisis de laboratorio es el mejor método para determinar cuándo será cambiado el fluido. En general un fluido deberá cambiarse cuando pierda su viscosidad y su acidez se incremente debido a la degradación o contaminación del fluido.

1.2.3 Propiedades de los fluidos

Las propiedades físicas de los fluidos, que permiten describir los aspectos más importantes de la hidráulica son:

Presión (P):

Se define como presión la cantidad de fuerza normal que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia [4].

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ecu. 1})$$

Peso específico (γ):

Se define como el peso por unidad de volumen de una sustancia. También se le conoce como peso volumétrico.

$$\gamma = \rho * g \quad (\text{Ecu. 2})$$

Densidad de un fluido (ρ):

Se define como el cociente de su masa entre el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Ecu. 3})$$

La unidad de medida en el S.I. de Unidades es kg/m³, también se utiliza frecuentemente la unidad g/cm³. La densidad disminuye al aumentar la temperatura, esto es ocasionado por el aumento de la actividad y separación molecular.

Compresibilidad:

Se refiere al cambio de volumen que experimenta un fluido cuando este es sometido a un cambio de presión, la cantidad usual que se utiliza para medir este fenómeno específicamente es el modulo volumétrico de elasticidad o simplemente modulo volumétrico (E).

$$E = \frac{-\Delta P}{(\Delta V)/V} \quad (\text{Ecu. 4})$$

Viscosidad:

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación

bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal [4].

La viscosidad solo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega (μ). Se conoce también otra viscosidad, denominada viscosidad cinemática, y se representa por (ν). Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{Ecu. 5})$$

Tensión superficial:

Se denomina tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. Esta definición implica que el líquido tiene una resistencia para aumentar su superficie.

Conductividad térmica:

Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto.

Oxidación:

La oxidación de un fluido hidráulico se produce por la reacción de sus moléculas con el oxígeno del aire y se favorece con el aumento de la temperatura. Hasta los 60 °C, el proceso es lento, pero a temperaturas superiores la velocidad

de reacción se acelera considerablemente. Es el factor principal que limita su duración en servicio y origina los siguientes efectos nocivos:

- Aumento de la viscosidad
- Formación de compuestos ácidos corrosivos
- Formación de compuestos insolubles: lodos, lacas o barnices.

Herrumbres y corrosión:

Son dos fenómenos diferentes aunque contaminan el sistema y promueven el deterioro. La herrumbre es la reacción química entre el hierro o acero y el oxígeno. Una fuente primaria de humedad es el aire atmosférico, el cual entra a los reservorios a través de respiraderos.

Las partículas de herrumbre en el aceite pueden actuar como catalizadores para la oxidación del aceite. Agregada a otros contaminantes en un sistema de circulación, la herrumbre puede obstruir los elementos que tengan poca holgura entre sus piezas, tales como las servo válvulas y también pueden tapar filtros. Mientras que la corrosión es la reacción química entre un metal y un ácido. El resultado de corrosión es el deterioro de las superficies, lo que puede causar excesivo derrame de las superficies gastadas [5].

Punto de inflamación:

Un criterio para valuar un aceite es el punto de inflamación, que es la temperatura en la cual se forman suficientes vapores del aceite para incendiarse la mezcla de vapores y aire brevemente, por el contacto de una flama piloto.

Punto de Fluidéz o punto de derrame:

Se refiere a la temperatura más baja o mínima, en la cual un aceite apenas fluye. Para mejorar la fluidéz en bajas temperaturas, se usan mejoradores del

punto de fluidez, ellos evitan la aglomeración de los cristales de parafina en bajas temperaturas y la solidificación del aceite.

1.2.4 Tipos de fluidos hidráulicos

- Agua: Se utilizó hasta la segunda década del siglo XVII. Tiene los graves inconvenientes de corrosión, alto punto de congelación y bajo de ebullición, ausencia de poder lubricante y nulas propiedades anti desgaste y extrema presión. Su uso fue sustituido por los aceites minerales.
- Aceite mineral: Los fluidos con estas bases son los más utilizados en aplicaciones hidráulicas. Los aceites minerales poseen una buena relación viscosidad/temperatura (índice de viscosidad), baja presión de vapor, poder refrigerante, una compresibilidad baja, inmiscibilidad con agua, de satisfactorias o excelentes cualidades de protección, y no requieren especial cuidado respecto a las juntas y pinturas normalmente utilizadas. Además tienen buena relación entre calidad, precio y rendimiento.
- Emulsión de aceite en agua: también denominada emulsión directa, se trata de una emulsión de aceite (3 al 15%) en agua, que forma una especie de taladrina soluble. Tiene un costo muy bajo y excelentes propiedades de apagado de llama. Sus desventajas son: muy limitadas temperaturas de utilización, pobre resistencia de la película, dificultades con la corrosión, problemas de estabilidad de la emulsión y problemas de evaporación.
- Emulsión de agua en aceite: también denominada emulsión inversa, contiene del orden de un 40% de agua. Tiene excelentes propiedades de apagado de llama y un costo bajo/medio, pero su temperatura de utilización es muy limitada, su poder lubricante medio, presenta problemas de evaporación de agua/estabilidad, y es un fluido no newtoniano.

- Fluidos agua-glicol: Son mezclas en disolución del 20 al 45% de agua y etileno-propileno-glicol, con aditivos anticorrosivos y mejoradores anti desgaste. Tiene buena relación viscosidad/temperatura, muy buenas propiedades de resistencia a la llama, excelente comportamiento a bajas temperaturas, y un costo que no es prohibitivo. Sin embargo, su temperatura de utilización está limitada por el agua, suele tener problemas de corrosión, presenta problemas de evaporación y separación de fases, y requiere frecuentes cuidados de mantenimiento.
- Fluidos sintéticos no acuosos: En la actualidad existen una gran variedad de estos fluidos cada uno con sus características y propiedades muy diferentes. La elección de estos tipos de fluidos deberá hacerse teniendo en cuenta su alto precio, la posible reacción con juntas y materiales sellantes así como el ataque a pinturas e influencia fisiológica y ecológica/medio-ambiental.

1.2.5 Principios fundamentales de la potencia hidráulica

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

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 [5].

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, potencial o gravitacional, y una energía que podríamos llamar de "flujo" (que es la energía que un fluido contiene debido a su presión).

1.3 Energía y potencia en los sistemas hidráulicos.

Un sistema hidráulico transmite potencia entre dos puntos situados a cierta distancia, generalmente poca, utilizando para ello un fluido incompresible. Dicho fluido suele ser aceite mineral con aditivos que mejoran sus propiedades y le facultan para cumplir además otras funciones en el sistema.

En los sistemas hidráulicos el fluido entra a la bomba por debajo de la presión atmosférica y es llamada presión de succión. Como el fluido pasa a través de la bomba la energía potencial se incrementa debido a la diferencia de presión que existe en el fluido. Alguna de esta energía es perdida, como la fricción debido al rozamiento del fluido con la tubería, válvulas y accesorios [9].

En los dispositivos de salida la energía restante es transferida hacia la carga para realizar trabajo útil. Esto es esencialmente el ciclo de transferencia de energía en un sistema de potencia hidráulica.

Los sistemas hidráulicos no son una fuente de energía, la fuente de energía es el movimiento principal tal como un motor eléctrico, o un motor de combustión interna el cual conduce a la bomba.

En la realidad un sistema hidráulico, es esencialmente un sistema de transferencia de energía el cual es muy versátil y puede dar las siguientes ventajas:

- Velocidad variable
- Reversibilidad
- Protección de Sobrecarga
- Alta potencia por razón de peso
- Flexibilidad del fluido en las tuberías

Si todos los cambios de la energía son apropiadamente justificados el sistema hidráulico tendrá un balance de energía. Esto será comprendido utilizando el teorema de Bernoulli, el cual explica los cambios que ocurren en la energía potencial y cinética en el fluido a medida que este pasa a través del sistema hidráulico, también debido a la fricción el cual se transforma en calor, la energía mecánica adicional por la bomba y la energía mecánica removida por los actuadores en la carga [9].

1.3.1 Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es un importante principio físico muy útil para la descripción de los fenómenos en los que participan fluidos en movimiento

La ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa y que afirma que la masa dentro de un sistema permanece constante con el tiempo, es decir:

$$dm/dt = 0 \quad (\text{Ecu. 6})$$

La ecuación de continuidad para volumen de control afirma que la rapidez de aumento de la masa dentro de un volumen de control es justamente igual a la rapidez neta del flujo hacia dentro, por lo que tenemos:

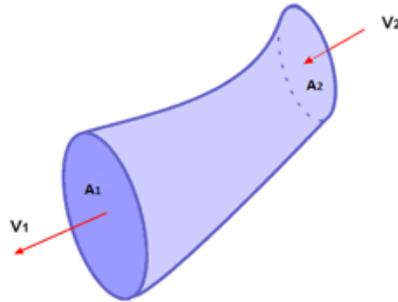


Fig. 2 Esquema de volumen de control

$$\frac{dm}{dt} = - \oint_{sc} \rho v \cdot dA \quad (\text{Ecu. 7})$$

Dónde: sc: superficie de control.

En un fluido incompresible la densidad es constante, la masa del volumen de control no varía con el tiempo, por lo que la Ecu. 7, se podría escribir para dos puntos de una misma tubería, la siguiente ecuación:

$$Q_1 = Q_2 = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (\text{Ecu. 8})$$

Dónde: Q: Caudal
 V: Velocidad del fluido
 A: Área transversal

1.3.2 Ecuación de Bernoulli.

La ecuación de Bernoulli es una de las relaciones más utilizadas para hacer análisis de circuitos hidráulicos, su aplicación nos lleva a seleccionar componentes tales como bombas, válvulas y tuberías. Esta ecuación se deduce por la aplicación de la conservación de la energía [4].

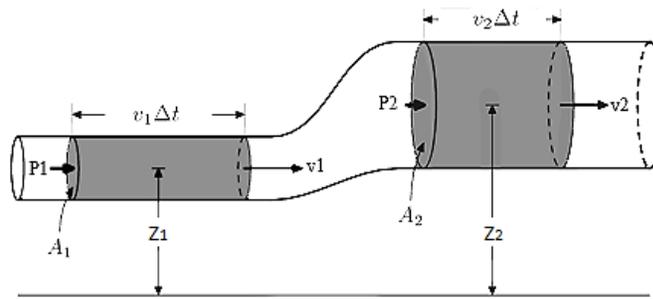


Fig. 3 Esquema del principio de Bernoulli

Ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (\text{Ecu. 9})$$

Dónde: P: Presión

γ : Peso específico.

V: Velocidad del flujo en la sección.

g : aceleración gravitatoria

Z: altura en la dirección de la gravedad, medida desde un punto de referencia.

En la ecuación anterior podemos ver que no se ha considerado las pérdidas de fricción (H_F) en la tubería. Si consideramos que existe una bomba o una turbina hidráulica entre la sección 1-2, y la ecuación de Bernoulli nos queda de la siguiente manera:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + W = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_F \quad (\text{Ecu. 10})$$

Dónde: W: trabajo externo que se le suministra (+) o extrae al fluido (-) por unidad de peso del fluido.

H_F : Disipación por fricción a través del recorrido del fluido.

1.3.3 Sistema de distribución.

En un sistema de potencia hidráulica, la potencia es transmitida por el sistema por medio de líneas de conducción, por lo que estas deben ser

adecuadamente diseñadas para que el sistema funcione en forma óptima y segura.

Los sistemas de distribución de potencia fluida en la actualidad son de los siguientes tipos:

- a) Tubería de acero
- b) Tubo de acero
- c) Tubo de plástico
- d) Manguera flexible

La elección del tipo de conducto depende de la presión de operación del sistema, del flujo y de las condiciones de los medios tales como el tipo de fluido como la temperatura de operación, si hay vibración y movimientos relativos entre los componentes conectados.

Podemos decir que la diferencia entre la tubería de acero y el tubo de acero es en el proceso de fabricación, la tubería de acero es hecha de lámina y soldado mientras que el tubo sólido es hecho de un cilindro macizo.

El tubo de plástico es uno de los más utilizados a nivel industrial debido a que es barato y los circuitos se construyen más fácilmente, aunque no pueden ser utilizados en sistemas de alta presión.

La manguera flexible se usa primeramente para conectar componentes que experimentan movimiento rotativo, son hechas de un gran número de elastómeros compactados, mallas aceradas y son capaces de conducir presiones arriba de 10 Kpsi (70 Mpa).

Conductores y accesorios de acero inoxidable se usa si un medio es extremadamente corrosivo y alta presión. Conductores de cobre no deben de ser usados en sistemas hidráulicos, ya que el cobre promueve oxidación en el aceite. Conductores de zinc, magnesio o cadmio, no deben de ser usados ya que rápidamente son corroídos por el agua del fluido. Conductores galvanizados

deben de ser desechados ya que la superficie galvanizada tiene la tendencia a exfoliarse sobre el aceite hidráulico.

1.3.4 Dimensionamiento de conductores hidráulicos.

Un buen dimensionamiento debe tener una adecuada sección transversal para manejar la cantidad de flujo requerida sin que se produzcan excesos de velocidad.

$$V_{prom} = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ecu. 11})$$

Un sobredimensionamiento en las tuberías nos eleva los costos, mientras que un dimensionamiento menor que el requerido nos producirá excesivas pérdidas por fricción es por eso que la velocidad máxima recomendada para una tubería de succión de una bomba es de 4 pies/segundos, (bombas de desplazamiento positivo) esto para prevenir que baje excesivamente la presión y produzca cavitación, y la velocidad máxima recomendada para las líneas de presión es de 20 pies/segundo (entre la bomba y el dispositivo de trabajo) para prevenir el flujo turbulento, excesos de pérdidas por fricción y elevadas temperaturas [4].

1.3.4.1 Esfuerzos en los conductores.

El espesor de pared requerido puede ser obtenido usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Presion maxima de ruptura : } P_b = \frac{2ts}{D_e} \quad (\text{Ecu. 12})$$

$$\text{Presion maxima de trabajo: } P_w = \frac{P_b}{F.S} \quad (\text{Ecu. 13})$$

$$\text{Espesor de pared : } t = \frac{D_e - D_i}{2} \quad (\text{Ecu. 14})$$

Dónde: s: esfuerzo de fluencia del material.
De: Diámetro externo.
Di: Diámetro interno.
F.s : Factor de seguridad.

La presión de trabajo es la máxima presión de operación segura. Estándares industriales recomiendan factores de seguridad basados en las presiones de operación.

Tabla 1. Presión de trabajo recomendadas en función del factor de seguridad

Rango de Presiones en Psi.	Factor de Seguridad
De 0 a 1000 (0 – 7 Mpa)	8
Más de 1000 a 2500 (7 – 17.5 Mpa)	6
Arriba de 2500 (> 17.5 Mpa)	4

1.3.4.1.1 Tuberías de acero.

Las tuberías son un sistema formado por tubos, que pueden ser de diferentes materiales, que cumplen la función de permitir el transporte de líquidos, gases o sólidos en suspensión (mezclas) en forma eficiente, siguiendo normas estandarizadas y cuya selección se realiza de acuerdo a las necesidades de trabajo que se va a realizar.

- Su uso común es en el transporte de agua, vapores, aceites, combustibles y gases.
- Se utiliza para altas temperaturas y presiones.
- Las tuberías con mayor capacidad condujeron al desarrollo de aceros con un mayor límite de fluencia.

Las tuberías de acero son clasificadas por su tamaño nominal el número de calibres, los calibres fabricados son el 40, 80,160 y son comúnmente usados en los sistemas hidráulicos.

Tabla 2. Tamaño nominal y número de calibre de tubería de acero

Tamaño Nominal en pulgadas	Diámetro Exterior en pulgadas	Diámetro Interior en Pulgadas		
		Calibre 40	Calibre 80	Calibre 160
1/8	0.405	0.269	0.215	-
1/4	0.540	0.364	0.302	-
3/8	0.675	0.493	0.423	-
1/2	0.840	0.662	0.546	0.466
3/4	1.050	0.824	0.742	0.614
1	1.315	1.049	0.957	0.815
1 ¼	1.660	1.380	1.278	1.160
1 ½	1.900	1.610	1.500	1.338
2	2.375	2.067	1.939	1.689

1.3.4.1.2 Tubería plástica.

Este tipo de tuberías, gracias al gran desarrollo tecnológico de la industria de plásticos y la facilidad de manipulación de todos los productos fabricados con éste material, hacen que en la actualidad tengan gran aceptación debido a sus costos relativamente bajos, también pueden doblarse para fijarse alrededor de obstáculos. El tubo plástico es flexible y por lo tanto menos susceptible a daños por vibración. Los accesorios para tubo plástico son casi idénticos de los tubos de acero. De hecho muchos accesorios de tubo de acero son utilizados en tubos plásticos. El tubo plástico se usa más en los sistemas neumáticos debido a que las presiones de trabajo son más bajas, comparado con los sistemas hidráulicos y se construyen de polietileno, polipropileno y nylon.

1.3.4.1.3 Mangueras flexibles.

Es el mejor tipo de conductor hidráulico, se usan cuando los componentes hidráulicos están sujetos a moverse. Las mangueras son fabricadas de capas de elastómeros y trenzas de tejido o de alambre lo cual les permite operar a altas presiones; en la tabla 3 se muestra los diferentes tamaños y tipos de mangueras.

Tabla 3. Tamaños típicos de Mangueras

Tamaño	Tubo Pulgadas.	Simple Trenza de Alambre			Doble Trenza de Alambre		
		Di (Pulg)	De (Pulg)	Radio de Curvatura (Pulg)	Di (Pulg)	De (Pulg)	Radio de Curvatura (Pulg)
4	1/4	3/16	33/64	1-15/16	1/4	11/16	4
6	3/8	5/16	43/64	2-3/4	3/8	27/32	5
8	1/2	13/32	49/64	4-5/8	1/2	31/32	7
12	3/4	5/8	15/64	6-9/16	3/4	1 1/4	9 1/2
16	1	7/8	1 15/64	7-3/8	1	1 9/16	11
20	1 1/4	1 1/8	1 1/2	9	1 1/4	2	16

1.3.4.1.4 Tubo de acero.

Es de gran importancia aclarar la diferencia que existe entre los términos “tubería” y “tubo”, pues comúnmente son confundidos. Las Tuberías corresponde al conjunto conformado por tubos normalizados, los accesorios, las válvulas, etc.; encargados de transportar algún tipo de fluido ya sea gas o líquido que así lo necesitan.

El tubo de acero es el más simple usado para sistemas hidráulicos y proporciona ventajas significativas sobre las tuberías ya que puede ser doblado fácilmente y puede ser reusado sin problemas de sello, el tubo de acero y sus accesorios son de costos más elevado.

El acero 1010 con una resistencia última de 53 Kpsi es el más ampliamente usado en tubos. Si mayores esfuerzos son requeridos el tubo debe de ser de acero AISI 4130 el cual es un acero con tratamiento de temple y revenido con una resistencia 75 Kpsi a la tensión. En la Tabla. 4 se muestran los tamaños más comunes de tubos de acero.

Tabla 4. Tamaños comunes de tubo de acero

Pulgadas	Espesor de Pared en pulgadas	Di Pulgadas	De Pulgadas	Espesor de Pared en pulgadas	Di Pulgadas
1/8	0.035	0.055	3/4	0.049	0.652
3/16	0.035	0.118		0.065	0.620
	-	-		0.109	0.532
1/4	0.035	0.180	7/8	-	-
	0.049	0.152		0.049	0.777
	0.065	0.120		0.065	0.745
	-	-		0.109	0.657
5/16	0.035	0.243	1	0.049	0.902
	0.049	0.215		0.065	0.870
	0.065	0.183		0.120	0.760
3/8	0.035	0.305	1 ¼	-	-
	0.049	0.277		0.065	1.120
	0.065	0.245		0.095	1.060
	-	-		0.120	1.010
1/2	0.035	0.430	1 ½	-	-
	0.049	0.402		0.065	1.370
	0.065	0.370		0.095	1.310
	0.095	0.310		-	-
5/8	0.035	0.555	-	-	-
	0.049	0.527		-	-
	0.065	0.495		-	-
	0.095	0.435		-	-

1.3.5 Flujo hidráulico básico de tuberías.

La resistencia a fluir es una medida de viscosidad del fluido; si la viscosidad aumenta produce mayores pérdidas y mayor es la energía requerida para mover el fluido. Las pérdidas ocurren en las tuberías rectas, en restricciones y accesorios.

Es muy importante mantener la energía perdida de un sistema en un nivel mínimo. En general los diámetros pequeños de tuberías producen mayores pérdidas pero si se utilizan diámetros de tuberías grandes resulta un mayor costo y una subutilización de la tubería.

1.4 Elementos fundamentales de un circuito hidráulico

Un circuito hidráulico es un sistema que comprende un conjunto interconectado de componentes separados que transporta líquido. Este sistema se usa para controlar las direcciones del flujo o controlar la presión del fluido. Dicho circuito constan de elementos hidráulicos representados por símbolos e interconectados con líneas. Los elementos oleohidráulicos se podrían dividir en:

- Bombas hidráulicas
- Actuadores hidráulicos
- Elementos de control
- Acumuladores
- Tanques de almacenamiento del fluido
- Filtros

1.4.1 Bombas Hidráulicas.

Una bomba es una máquina hidráulica generadora, que transforma la energía mecánica recibida en energía hidráulica, la cual entrega a un fluido.

1.4.1.1 Teoría de Bombeo.

El fluido a bombear puede ser líquido o una mezcla de líquidos. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud [6].

Para nuestro estudio nos ocuparemos de lo que son las bombas aplicadas a transmisiones de potencia y controles hidráulicos, la cual se basa en el principio del desplazamiento positivo, dicho principio detallaremos a continuación.

1.4.1.2 Principio del desplazamiento positivo.

El principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen mediante una bomba de desplazamiento positivo [6].

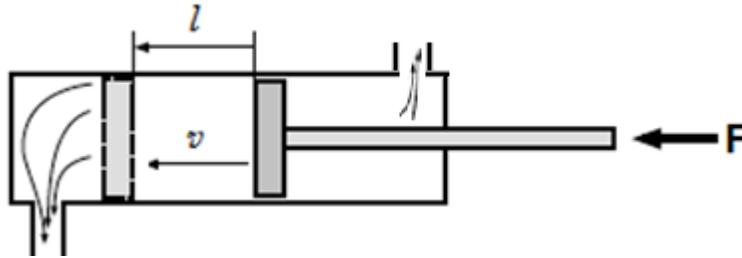


Fig. 4 Principio del Desplazamiento Positivo.

En el interior de un cilindro se mueve un émbolo con movimiento uniforme y velocidad “v” hay un fluido con una presión “P”. Supondremos que tanto el cilindro como el émbolo son rígidos o indeformables y el fluido es incompresible. El movimiento del émbolo se debe a la fuerza aplicada “F”. El émbolo al moverse desplaza al fluido a través del orificio de la Fig. 4. Si el émbolo recorre hacia la izquierda es el volumen ocupado. Como el fluido es incompresible el volumen del fluido que sale por el orificio será el área del émbolo multiplicada por la distancia que recorre el émbolo “A*L”. El tiempo “t” empleado en recorrer la distancia “L” es.

$$t = \frac{L}{v} \quad (\text{Ecu. 15})$$

El caudal Q, o el volumen desplazado en la unidad de tiempo, será teniendo en cuenta la ecuación.

$$Q = \frac{(A)(L)}{t} = A \cdot v \quad (\text{Ecu. 16})$$

Si no hay rozamiento la potencia Pot comunicada al fluido será:

$$P_{ot} = Fv \rightarrow F = PA \quad \text{entonces } P_{ot} = (P)(A)(v) = Q.P \quad (\text{Ecu. 17})$$

1.4.1.3 Características generales de las bombas de desplazamiento positivo.

El órgano intercambiador de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (embolo) sino que puede tener movimiento rotativo (rotor). Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo tanto alternativas como rotativas siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión en una bomba) y disminuye de volumen (impulsión). Por eso estas máquinas también se llaman máquinas volumétricas. Además si el órgano transmisor de energía tiene movimiento rotativo, la máquina se llama rotoestática para distinguirlas de las rotodinámicas [7].

Una máquina rotoestática es una máquina de desplazamiento positivo de movimiento rotativo, de la cual a continuación se muestran algunas características que cumplen:

- El intercambio de energía de fluido se hace siempre en forma de presión.
- El caudal Q no dependerá de la resistencia en la tubería de impulsión, sino de la velocidad de rotación del elemento impulsor y del volumen que este impulsa por revolución. La presión de descarga de la bomba será igual a la requerida por la carga, y su valor máximo estará limitada por la resistencia de las paredes de la misma y de la potencia del motor que la acciona.
- El principio de desplazamiento positivo hace que todas las máquinas basadas en él sean fundamentalmente reversibles.

1.4.1.4 Clasificación de las bombas.

Las bombas se clasifican en:

A) Según el órgano desplazador.

1. Bombas de Embolo o Pistones
2. Bombas de Engranajes
 - Externos
 - Internos
 - De tornillo
 - De lóbulos
3. Bombas de Paletas
 - Deslizantes
 - Oscilantes

B) Según la variación del desplazamiento o volumen impulsado por revolución:

Bombas de Desplazamiento Fijo

1. Bombas de Desplazamiento Variable
 - De Émbolos Radiales
 - De Émbolos Axiales
 - De paletas

1.4.1.5 Funcionamiento de las bombas.

La bomba aspira el fluido por la tubería de succión y lo expulsa por la tubería de salida con la energía necesaria para que este realice un trabajo específico, dicha energía es entregada a la bomba en forma de energía mecánica de rotación. El funcionamiento de una bomba, es una función primaria de la precisión de su fabricación [6].

Los componentes deben de ser fabricados apegados a tolerancias que se deben mantener mientras la bomba de trabajo, bajo determinadas condiciones de diseño. El respeto a estas tolerancias garantizará, que el mecanismo no sufrirá desperfectos ya que se lograra obtener presiones balanceadas. Teóricamente una bomba ideal es aquella que tiene cero tolerancias entre sus partes.

Los fabricantes de bombas hacen pruebas para determinar el grado de funcionamiento de los diferentes tipos de bombas. La eficiencia de una bomba puede ser calculada comparando la potencia disponible a la salida, con la potencia suministrada a la entrada.

1.4.1.6 Tipos de bombas.

1.4.1.6.1 Bombas de engranes.

La bomba de engranes consiste en dos ruedas dentadas iguales, ajustadas al cuerpo de la bomba o estator. El rotor es la rueda conductora, mientras que el órgano móvil, o elemento desplazante, es la conducida. Como el espacio entre elementos y la carcasa es extremadamente pequeño y el material que es bombeado actúa como agente lubricante, la bomba nunca girará en seco. Estas bombas no están diseñadas para transportar sólidos, y por regla general llevan filtros en la línea de succión. Se accionan por un motor eléctrico y giran a elevada velocidad.

Estas bombas pueden crear presiones entre 500 y 3000 Psi. Para obtener presiones más elevadas, se utilizan a veces bombas de engranajes de etapas múltiples, es decir, se hace un montaje de varias bombas de engranajes acopladas en serie, originándose así una Hm igual a la suma de las alturas manométricas correspondientes a las diversas etapas; para garantizar el llenado, el suministro de cada etapa anterior debe ser mayor que el caudal impulsado por la siguiente.

Las bombas de engranes pueden ser:

- i. Bombas de engranes internos.
- ii. Bombas de engranes externos.

1.4.1.6.1.1 Bombas de Engranajes Internos.

Estas están compuestas por:

- a) Carcasa en la cual gira un par de engranajes con juego axial y radial tan pequeño que se logra la hermeticidad.
- b) Zona de aspiración, está conectada con el recipiente del fluido.
- c) Zona de expulsión, esta va conectada con el sistema.

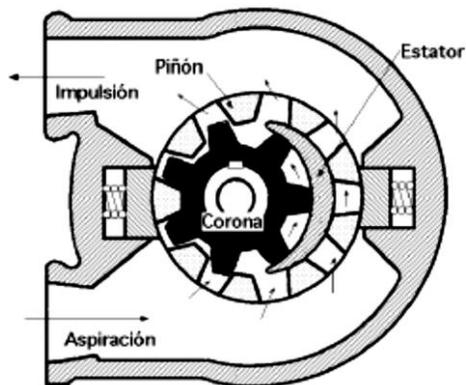


Fig. 5 Bomba de engranajes interiores.

1.4.1.6.1.2 Bombas de Engrane Exterior.

En la Fig.6 se muestra una bomba de engranajes, con dentado exterior, aquí giran dos engranes con dentado exterior. Un engrane es movido en el sentido de la flecha, y hace girar al otro en el sentido opuesto. El proceso de aspiración es igual al de las bombas con dentado interior. El flujo es transportado por las cámaras y en zona de presión es expulsado por los dientes que engranan.

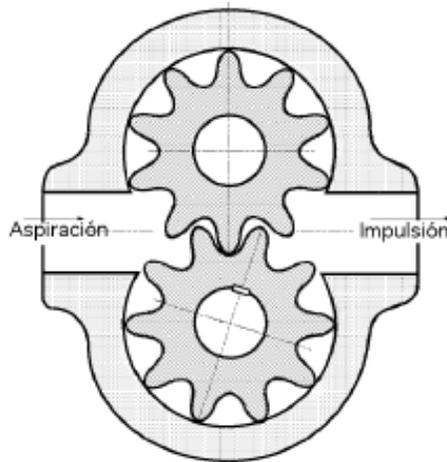


Fig. 6 Bomba de engranes externos

1.4.1.6.2 Bombas de Engranes Helicoidales.

Este tipo de bombas tienen características de que reducen el ruido y proporcionan una operación suave cuando se trabaja a altas velocidades, el esquema se muestra en la Fig. 7.

El modo de operación es igual a las bombas de dientes rectos con la única ventaja que pueden operar a un mayor número de revoluciones. Estas bombas están diseñadas para operar a 1800 rpm; y son utilizadas para equipos hidráulicos donde se requiere presiones superiores a 2000 psi. Las bombas helicoidales pueden ser de uno o varios tornillos, si se considera una bomba helicoidal de tres tornillos de los cuales el central es el conductor y los dos laterales los conducidos, para asegurar un cierre hermético de las cámaras de trabajo y, por lo tanto, la separación de las cavidades de aspiración e impulsión de la bomba, se necesita que los tornillos tengan un perfil cicloidal determinado.

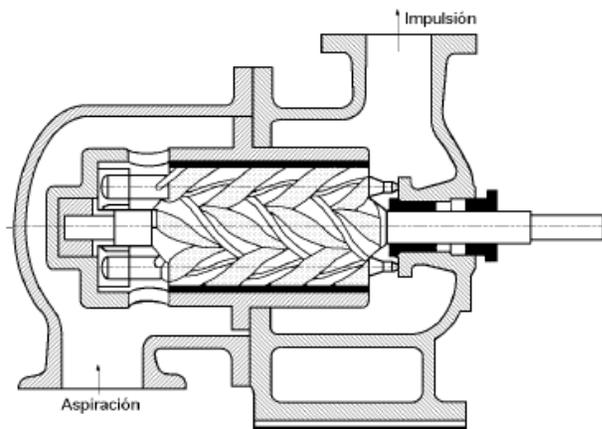


Fig. 7 Bomba de engranes helicoidales.

1.4.1.6.3 Bombas de Paletas.

Las bombas de paletas tienen un conjunto de paletas con cinemática radial. Las paletas deslizan u oscilan en un cilindro hueco con ranuras radiales en el rotor. Estas bombas consisten en un conjunto de cuatro o más paletas con cinemática plana radial, el rotor es un cilindro hueco con ranuras radiales en las que oscilan o deslizan las aletas, que son los desplazadores. El espesor tiene una pista interna con doble excentricidad. El elemento impulsado es el rotor que sobre su periferia tiene ranuras, en las cuales se pueden deslizar las paletas.

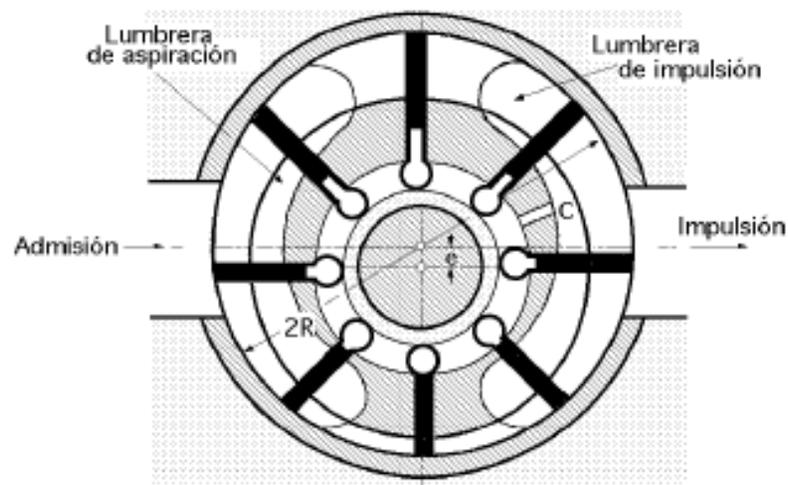


Fig. 8 Bombas de Paleta.

Al girar el rotor, las paletas son expulsadas radialmente hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga y a la presión del sistema que actúa en la parte posterior de las paletas. Las paletas se apoyan así sobre el estator. Las cámaras que transportan el fluido están formadas por el estator, rotor, dos pares de paletas y los discos laterales, la entrada y la salida del fluido se produce por ranuras en los discos laterales. Para la puesta en marcha se impulsa el rotor. El rotor está radialmente descargado por la acción hidráulica debido a que las dos cámaras de presión están enfrentadas así como las cámaras de aspiración.

Algunas bombas cuentan con dispositivos para poder variar mecánicamente la excentricidad como por ejemplo las bombas de desplazamiento variable; en donde un compensador de presión (resorte) puede ser utilizado para mover la media luna y así cambiar la excentricidad.

1.4.1.6.4 Bombas de Pistones.

Las bombas de pistones se utilizan tanto con diseños de cinemática plana, con pistones radiales, como con cinemática espacial, con pistones axiales.

1.4.1.6.4.1 Bombas de pistones Radiales.

En estas bombas los pistones están ubicados según la posición estrella radialmente el eje del motor. El movimiento de los pistones es perpendicular al eje. El flujo en las bombas de pistones radiales es comandado por válvulas o por lumbreras y puede ser variable o constante.

Además se puede distinguir por la forma en que se produce la carrera de los pistones, por pista externa (los pistones están hacia adentro) o por pistas interna (los pistones están hacia afuera). En la Fig. 9 se muestra una bomba comandada por válvulas con pista interna auto aspirante y de cilindrada constante

con los siguientes componentes: carcasa, árbol de excentricidad y los elementos de bombeo con pistón, válvula de aspiración y válvula de presión.

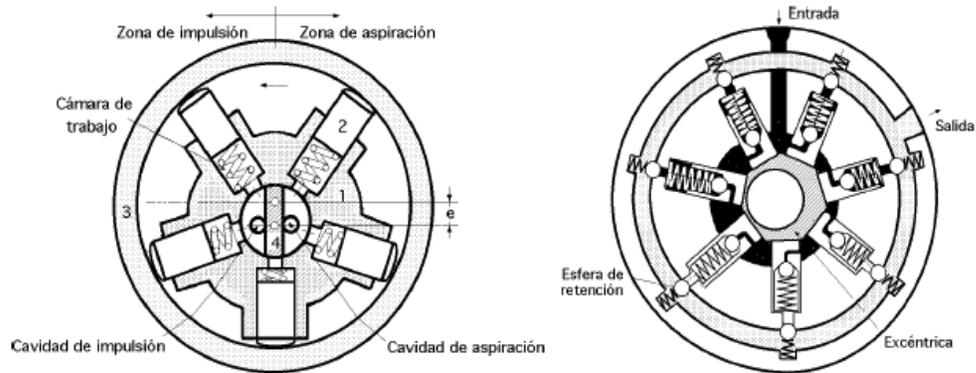


Fig. 9 Bombas de Pistones Radiales.

Los pistones son guiados y apretados contra las paredes de la bomba mediante resortes. Cada pistón recorre dos carreras por revolución del eje. El caudal está dado por la cantidad de pistones, de la carrera y el diámetro de estos, la potencia depende de la presión y el caudal, por ello dado un diámetro del pistón queda fijado a la presión máxima a que puede trabajar la bomba. Estas bombas se fabrican para presiones del orden de 200 a 300 atm y se emplean tanto para volúmenes de trabajo constantes, como variables, lo cual se consigue, al igual que en las bombas de aletas, variando la excentricidad.

Características Generales.

- Pueden ser utilizadas como bomba y como motor.
- Cada pistón recorre dos carreras por revolución del eje.
- El caudal está dado por la cantidad y el diámetro de los pistones.
- La potencia depende de la presión y del caudal y por ello, dado un diámetro de pistón se puede fijar la presión máxima de trabajo.
- El número impar de pistones ha sido elegido para reducir irregularidades en el caudal.

1.4.1.6.4.2 Bombas de Pistones Axiales.

En este tipo de bombas, el mecanismo de transmisión del movimiento a los desplazadores tiene una cinemática tridimensional. Las cámaras de trabajo cilíndricas van dispuestas en el rotor paralelamente al eje de rotación, o con un cierto ángulo respecto a dicho eje.

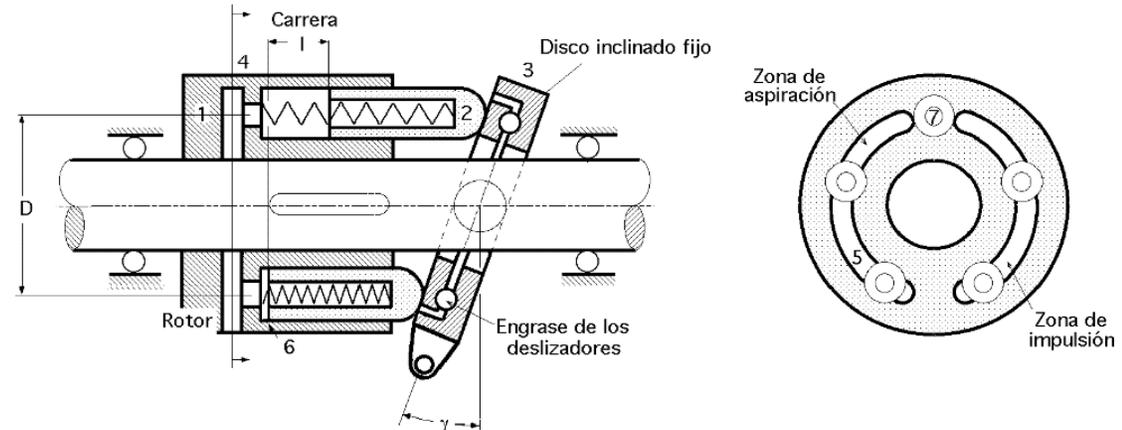


Fig. 10 Bombas de Pistones Axiales.

En la Fig. 10 se muestra un esquema sencillo de este tipo de bombas, en el que el rotor 1 tiene los alojamientos para los pistones, paralelos al eje de rotación; los pistones 2 que se desplazan mediante la acción de unos muelles deslizan sus extremos libres por un disco inclinado 3 en forma de arandela, que hace que los pistones ordenados circunferencialmente alrededor del eje, realicen un movimiento de vaivén en los alojamientos correspondientes, produciéndose de esta forma la aspiración e impulsión del líquido. En la parte 4 de la bomba, a la que va adherida el rotor, existen dos ranuras anulares, una de las cuales se comunica con la parte de aspiración y la otra con la de impulsión.

Al girar el rotor, los orificios 6 se desplazan por las ranuras 5 y, por lo tanto, van uniendo alternativamente los alojamientos con los conductos de aspiración e impulsión; cuando los orificios se encuentren en las posiciones 7, se cierra la cámara de trabajo y se obtiene el volumen máximo en la posición superior y el mínimo en la inferior. El disco inclinado va fijo, mediante una charnela, de modo

que puede girar alrededor del eje que intersecta al eje del rotor en ángulo recto y a la vez se modifica el ángulo de inclinación del disco (γ) para regular el desplazamiento.

1.4.1.6.5 Bombas de Tipo Lóbulo.

Las bombas tipo lóbulo, las cuales presentan un funcionamiento muy parecido a las bombas de engranes externos; con la diferencia que ambos lóbulos son conductores y por lo tanto no tienen contacto de transmisión entre sí. Lo que convierte a este tipo de bombas como las silenciosas que se disponen. Debido al pequeño número de elementos en contacto, la salida de la bomba de lóbulos presentara una presión pulsante, a pesar que su desplazamiento volumétrico es mayor que el de otros tipos de bombas de engrane. Hay diferentes tipos de lóbulos en la Fig. 11 se muestran algunos de estos tipos de bombas.

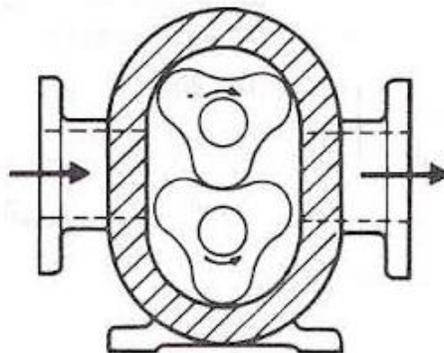


Fig. 11 Bomba de Lóbulo.

Este tipo de bombas el fluido es atrapado en los espacios formados entre los lóbulos y la carcasa de la bomba; es transportado hasta ser forzado a salir en la cámara de descarga.

3. Determine la velocidad de la bomba y seleccione el motor. Este dato junto al caudal determina el tamaño de la bomba (desplazamiento volumétrico).
4. Seleccione el tipo de bomba basado en la aplicación (engranes, paletas, o pistones).
5. Seleccione el sistema de presión. Esto tiene que ver con el tamaño del actuador y la magnitud de la fuerza resistiva producida por la carga.
6. Seleccione el reservorio y la tubería, incluyendo válvulas, cilindros hidráulicos y accesorios.
7. Calcule el costo total del sistema.
8. Considere factores como niveles de ruido, pérdidas de potencia, necesidad de intercambiadores de calor debido al calor generado.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de los diferentes tipos de bombas haciendo notar valores de presión, velocidad, eficiencia total y caudal.

Tabla 5. Tabla comparativa de parámetros de bombas de desplazamiento positivo

Tipos de Bombas	Rangos de Presión (PSI)	Rango de Velocidad (RPM)	Eficiencia Total (%)	Capacidad de Caudal (Gpm)
Engrane Externo	2000 a 3000	1200 a 2500	80 – 90	1 – 150
Engrane Interno	500 a 3000	750 a 2500	70 – 85	1 – 200
Paletas	1000 a 2000	1200 a 1800	80 – 95	1 – 80
Pistón Axial	1200 a 2000	1200 a 3000	90 – 98	1 – 200
Pistón Radial	300 a 1200	1200 a 1800	85 – 95	1 – 200

1.4.2 Actuadores Hidráulicos.

Los actuadores hidráulicos son dispositivos que convierten la energía hidráulica en energía mecánica, tales como: los cilindros hidráulicos y los motores hidráulicos.

1.4.2.1 Cilindros hidráulicos.

Los cilindros hidráulicos transforman la energía hidráulica en mecánica lineal o directa, la que se aplica a un objeto resistente para realizar un trabajo. El cilindro consiste en un tubo calibrado con un cierre en cada extremo y un pistón móvil que esta fijo al vástago. El cuerpo del cilindro está previsto en un extremo de un orificio de entrada por el que ingresa el fluido al tubo y en otro extremo de un orificio de salida.

Durante la carrera del cilindro, la presión del fluido se aplica a la superficie del pistón móvil. La presión de la energía de trabajo aplicada al pistón, no deberá ser superior a la resistencia a vencer.

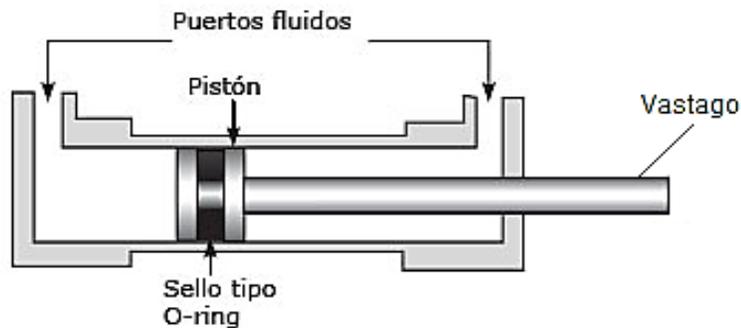


Fig. 13 Esquema base de un Cilindro Hidráulico

Siempre es necesario saber cuál debe de ser la presión para una determinada medida del cilindro para desarrollar una fuerza de salida particular. Para determinar esta presión se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$Presion = \frac{Fuerza}{Area} = \frac{F}{A} \quad (\text{Ecu. 18})$$

La distancia a través de la cual se aplica la energía de trabajo, determina cuanto trabajo se realiza. Esta distancia se conoce como carrera del cilindro. Cada cilindro tiene un volumen (desplazamiento) que se calcula multiplicando la carrera por el área del pistón.

Volumen del cilindro = Area del cilindro × carrera del piston

La velocidad del vástago que el cilindro se determina conforme a la velocidad con que se llena de líquido el volumen existente detrás del pistón. La siguiente formula describe la velocidad del vástago del pistón.

$$V_v = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ecu. 19})$$

Donde:

Vv: Velocidad del Vástago

Q: Caudal

A: Área de la cámara del cilindro a la cual ingresa el fluido hidráulico

1.4.2.1.1 Tipos de Cilindros Hidráulicos.

Cilindro de Simple Efecto.

Tienen una única conexión (entrada del fluido), por lo que solo pueden realizar trabajo cuando se mueven en un sentido. Cuando el fluido entra en la cámara del cilindro, empuja y desplaza al émbolo, que retorna a la posición inicial por efecto de un muelle incorporado al cilindro o de alguna fuerza externa.

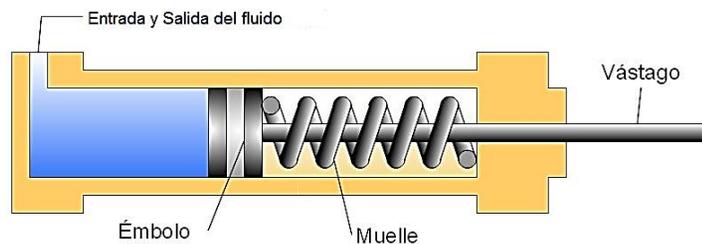


Fig. 14 Cilindro de Simple Efecto

Cilindro de Doble Efecto.

Tienen dos conexiones del fluido que hacen que el émbolo sea empujado por el fluido en los dos sentidos. Se emplean sobre todo cuando el émbolo tiene que realizar también un trabajo al retornar a su posición inicial.

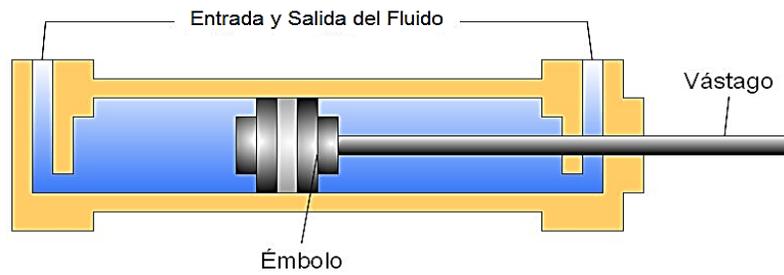


Fig. 15 Cilindro de Doble Efecto.

Cilindro de Ariete hidráulico (buzo).

Es un cilindro en la cual la parte móvil tiene la misma superficie transversal que el vástago del pistón.

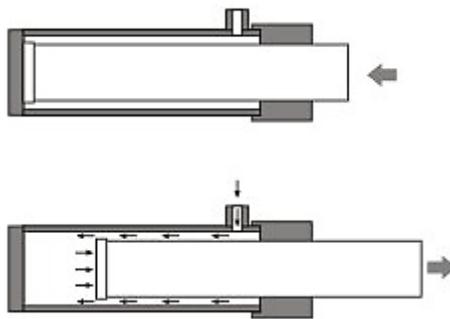


Fig. 16 Cilindro tipo Buzo.

Cilindro de Vástago Doble.

Es un cilindro con un pistón simple y en el cual el vástago del pistón se desliza desde cada extremo.

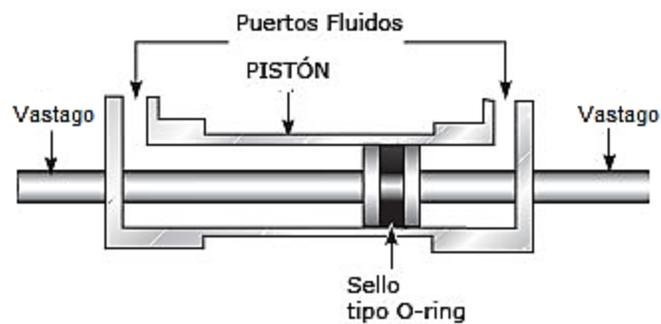


Fig. 17 Cilindro de Vástago Doble.

Cilindro Telescopio.

Es un cilindro que aleja segmentos de vástago tubulares múltiples y que tiene una carrera operativa extensa en una posición retraída breve.

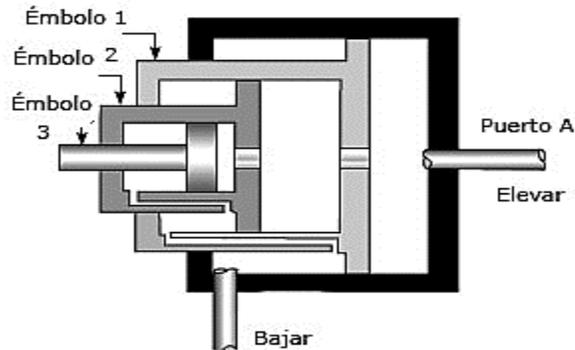


Fig. 18 Cilindro Telescopio.

Cilindro en Tándem.

Consiste de dos o más cilindros alineados con los pistones, conectados por un vástago común, los sellos del vástago se colocan entro los cilindros para permitir la operación de doble efecto de cada uno. El cilindro en Tándem suministra una fuerza solida aumentada, cuando está limitada del diámetro interno del cilindro pero no su carrera.

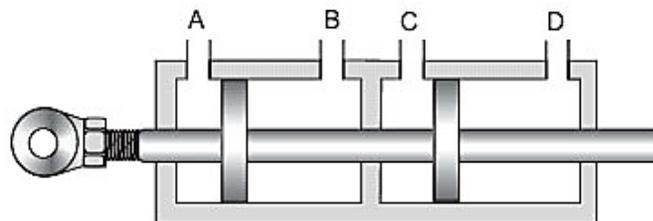


Fig. 19 Cilindro en Tándem.

Cilindro Doble.

Consiste de los cilindros alineados con los pistones que no están conectados, los sellos del vástago se colocan entre los cilindros para permitir que se realice el doble efecto de cada uno. Estos cilindros ofrecen una capacidad de tres posiciones.

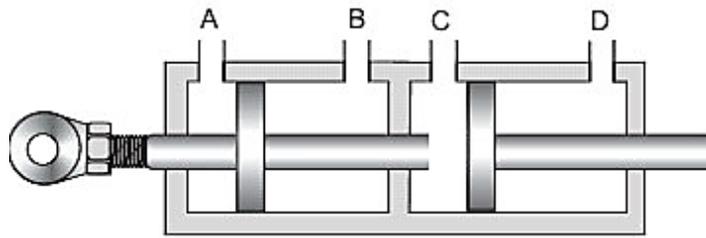


Fig. 20 Cilindro Doble.

1.4.2.2 Motores Hidráulicos.

Los motores hidráulicos convierten la energía operativa de un sistema hidráulico en energía mecánica rotativa. La construcción de los motores se parece mucho a la de las bombas. En vez de suministrar fluido como lo hace una bomba, son impulsados por este y desarrollan un par y un movimiento continuo de rotación, es decir, convierten la energía hidráulica en torque y como resultado fuerza. Los motores hidráulicos operan creando un desequilibrio que resulta en la rotación del eje. Este desequilibrio se genera de diversos modos, según el tipo de motor.

Los motores hidráulicos son dispositivos de desplazamiento positivo; es decir, a medida que recibe un flujo constante del fluido la velocidad del motor permanecerá relativamente constante, sin tener en cuenta la presión. Estos se pueden dividir en: motores de paletas, de engranajes y de pistones.

1.4.2.2.1 Tipos de Motores hidráulicos.

Motores de Paletas.

El motor de paleta, es un motor de desplazamiento positivo que genera un torque de salida en su eje permitiendo que la presión hidráulica actúe sobre las

paletas que están desplazadas. Básicamente, motor de paletas consiste de paletas, un rotor una carcasa, un eje y una placa con orificios de entrada y salida en forma de riñón.

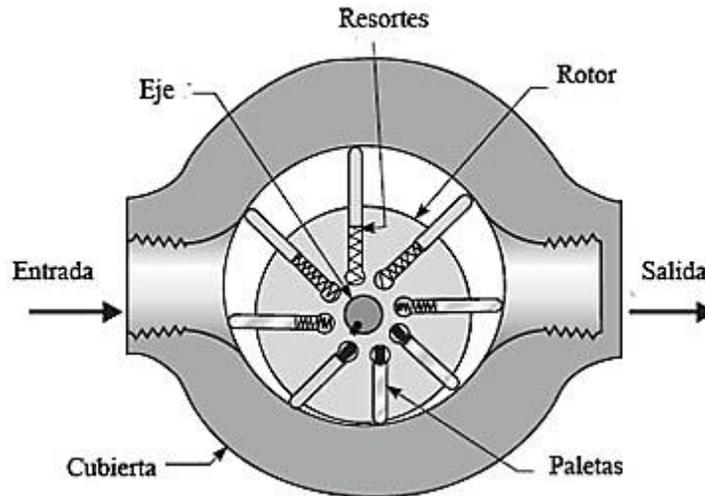


Fig. 21 Motor de Paletas.

Todos los motores hidráulicos operan creando un desequilibrio que resulta en la rotación del eje. En el motor de paletas, este desequilibrio se origina por la diferencia en la superficie de la paleta expuesta a la presión hidráulica.

Motores de Engranés.

Un motor de engranes es un motor de desplazamiento positivo, que genera un torque de salida en su eje, permitiendo que la presión hidráulica actúe sobre los dientes del engranaje. Básicamente, un motor de engranes consiste de una caja con orificios de entrada y salida y un grupo rotativo formado por dos engranes. Uno, el engrane de accionamiento fijado al eje que se conecta a la carga y el otro el accionamiento.

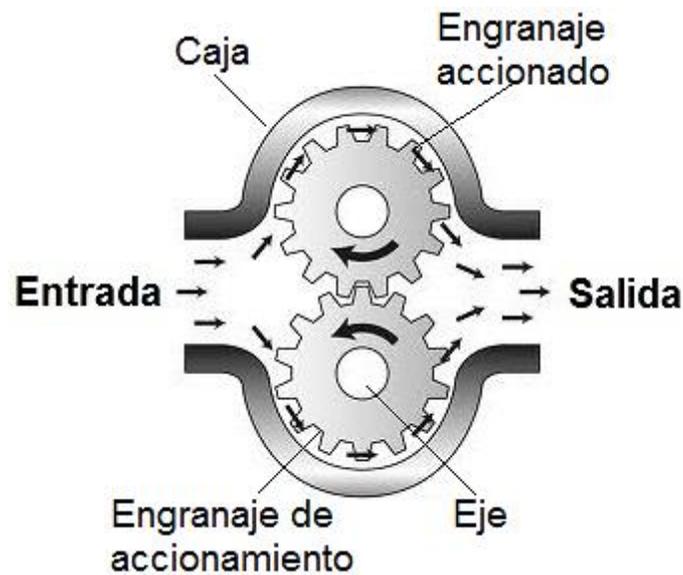


Fig. 22 Motor de Engranes.

En un motor de engranes, la entrada está sujeta a la presión del sistema y la salida a la presión del tanque. Cuando los dientes del engranaje se desenganchan se puede observar que todos los dientes que soportan la presión del sistema, se equilibran hidráulicamente salvo un lado de un diente sobre un engrane. En este punto se genera el torque. El torque que se genera por un motor de engranes de este tipo, es función del tamaño de los dientes de los engranes. Cuando mayor es el diente del engrane o mayor es la presión, se genera mayor torque.

Motor de Engranes Externos.

El motor de engranes que se describió anteriormente, es un motor de engranes externos; es decir que ambos engranes que se enganchan tienen sus dientes sobre las circunferencias externas. Este tipo de engranaje utilizado en este motor se conoce como engranaje cilíndrico.

Motor de Engranés Internos.

Un motor de engranes internos consiste de un engranaje externo que se engancha con los dientes que están sobre la circunferencia interna de un engranaje mayor tamaño. En los sistemas industriales un tipo de motor con engranaje reductor interno muy común, es el motor con engranaje rotativo.

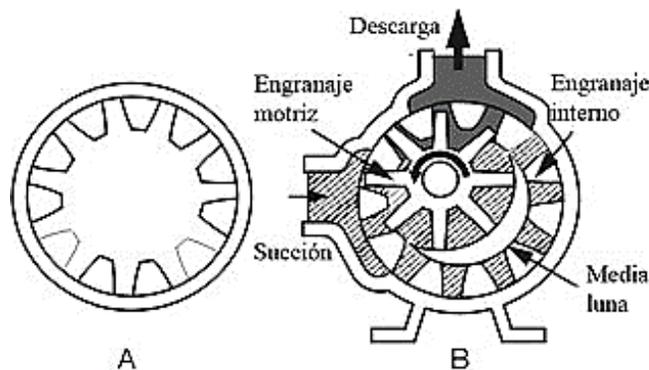


Fig. 23 Motor de Engranés Internos.

Motores de Pistón.

Un motor de pistón es un motor de desplazamiento positivo que genera un torque de salida en su eje, permitiendo que la presión hidráulica actúe sobre los pistones.

Básicamente el grupo rotativo de un motor de pistón consiste en una placa oscilante un cuerpo del cilindro, pistones, una placa de zapata, un resorte polarizador de la placa de zapata, una placa con orificios y un eje. Los pistones se fijan dentro del cuerpo del cilindro. La placa oscilante se ubica en un ángulo y actúa como una superficie sobre la cual el lado de la zapata del pistón realiza su carrera. Las zapatas del pistón se mantienen en contacto con la placa oscilante por medio de la placa de zapata y del resorte polarizador. La placa con bocas separan el fluido que ingresa del que se descarga. El eje está conectado al cuerpo del cilindro.

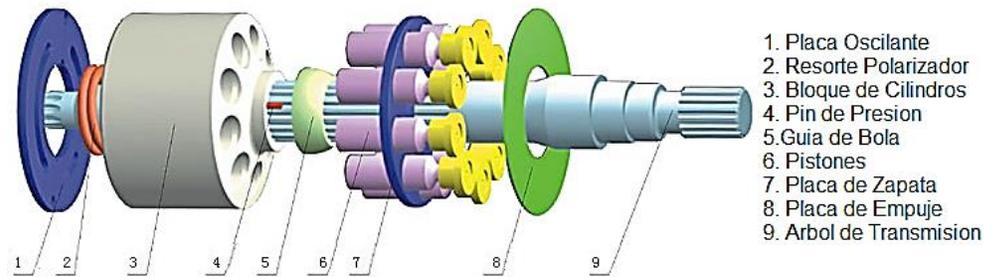


Fig. 24 Motor de Pistón.

Motores de Pistón Axiales de Desplazamiento Variable.

El desplazamiento de un motor de pistón axial o de cualquier otro motor de pistón, se determinara por la distancia en que se balancearan los pistones dentro del cuerpo del cilindro. Dado que el ángulo de la placa oscilante controla esta distancia en un motor de pistón axial, solo necesitaremos cambiar el ángulo de la placa oscilante para variar la carrera del pistón y el desplazamiento del motor. Con un ángulo menor de la placa oscilante, la carrera de los pistones es menor dentro del cuerpo del cilindro.

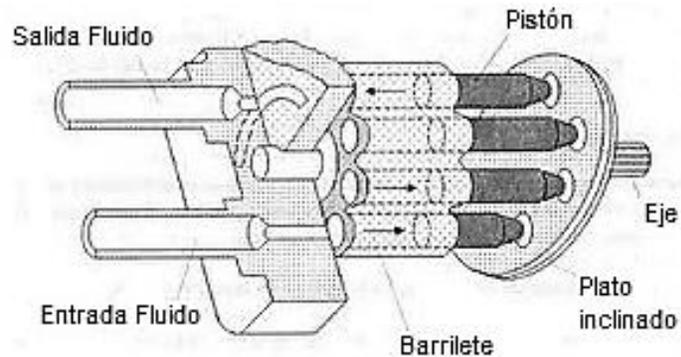


Fig. 25 Motor de Pistón Axiales de Desplazamiento Variable.

Constantemente, variando el ángulo de la placa oscilante, se puede cambiar el desplazamiento del motor y por ende la velocidad de su eje y la salida del torque.

1.4.3 Elementos de control de la energía hidráulica

Los elementos de control de la energía hidráulica, son dispositivos (válvulas) que direccionan, bloquean o realizan la función de regular el caudal o la presión, es variables que inciden en la rapidez de transferencia de energía.

1.4.3.1 Válvulas hidráulicas.

La válvula es un dispositivo mecánico, que consiste de un cuerpo y de una parte interna móvil que conecta y desconecta los conductos que están dentro del cuerpo. En las válvulas hidráulicas los conductos transportan líquidos. La acción de la parte móvil es controlar la presión máxima del sistema, la dirección y la velocidad del flujo. Por lo tanto se puede tener 4 tipos de válvulas hidráulicas las cuales son:

- Válvulas de control direccional
- Válvulas de control de presión
- Válvulas de flujo
- Válvulas de bloqueo

1.4.3.1.1 Válvulas de control direccional.

Una válvula de control direccional consiste de un cuerpo de la válvula, un número determinado de conductos internos que están dentro del cuerpo de la válvula, y de una parte móvil o vástago deslizante que conecta y desconecta los conductos, controlando así la dirección del fluido.

Estas válvulas se clasifican por el número de vías y posiciones de esta. El número de vías es igual al número de conductos diferentes dentro del cuerpo y el número de posiciones esta dado como su nombre lo indica por el número de posiciones que el vástago puede adoptar dentro de la válvula para conectar y desconectar los conductos, generalmente el número de posiciones que puede

adoptar una válvula son tres, dos extremas y una central. En los sistemas hidráulicos podemos tener este tipo de válvulas en dos, tres y cuatro vías y en dos y tres posiciones.

Estas válvulas operan así, cuando el vástago está en una posición extrema, el conducto de la bomba se conecta al conducto del cilindro, y el conducto del tanque al conducto del cilindro, cuando el vástago está en el otro extremo sucede lo contrario. La función principal de una válvula de control direccional en un circuito es la de dar dirección al movimiento del vástago del pistón del cilindro y así poder realizar un trabajo determinado.

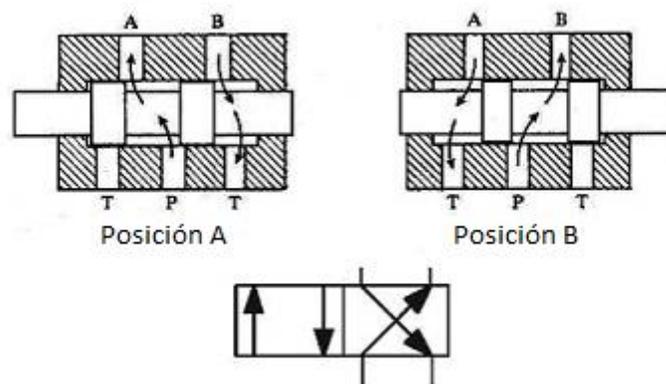


Fig. 26 Movimiento del fluido dentro de una válvula direccional.

Dentro de las válvulas existe un elemento móvil que da pie al movimiento direccional del fluido, este elemento es el vástago, que consiste en un eje con un número determinado de caras, puede haber dos, tres y cuatro restrictores.

Actuadores de la válvula direccional

El vástago de una válvula direccional puede estar en un extremo o en el otro, el vástago se desplaza hacia estas posiciones, por medio de energía mecánica, eléctrica, neumática o humana.

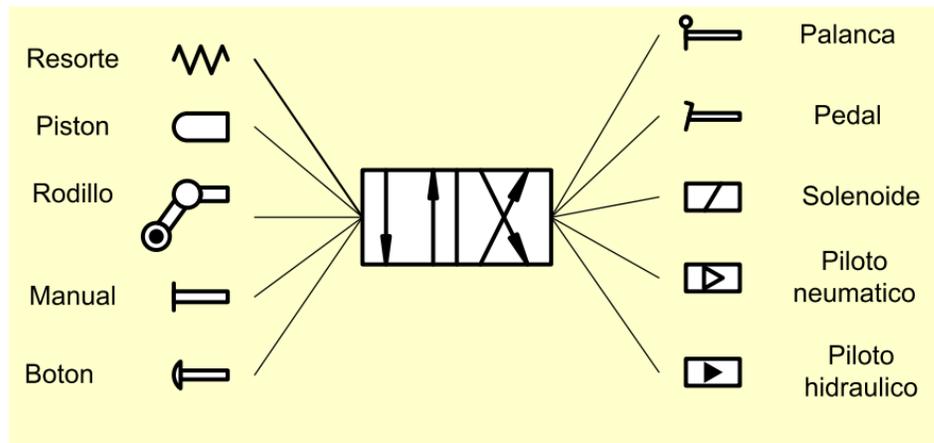


Fig. 27 Representación gráfica de tipos de actuadores de válvulas direccionales

Las válvulas manuales cuyos vástagos se desplazan por la fuerza manual, se conocen como válvulas actuadas u operadas manualmente. Los diversos tipos de actuadores manuales incluyen, palancas, pulsadores y pedales. Los actuadores manuales se utilizan en las válvulas direccionales cuya operación se debe controlar a consideración del operador, la operación mecánica se utiliza cuando el desplazamiento de la válvula direccional deba ocurrir en el momento en que un actuador alcanza una posición establecida.

Las operadas por piloto hidráulico, cambian la posición del elemento responsable de direccionar el fluido o corredera, por la fuerza que ejerce sobre estos la presión del fluido hidráulico. La operación por solenoide generalmente se utiliza cuando la accesibilidad de la válvula es muy remota dentro del sistema hidráulico por lo que se facilita su comando por medio de una señal eléctrica.

El solenoide es un dispositivo eléctrico, que básicamente consiste de un embolo, una caja y una bobina de alambre, su funcionamiento es así, cuando una corriente eléctrica pasa a través de una bobina de alambre, se genera un campo magnético, este atrae el embolo y lo lleva dentro de la bobina, al moverse el embolo entra en contacto con un pasador de empuje, desplazando el vástago de la válvula direccional hacia un extremo.

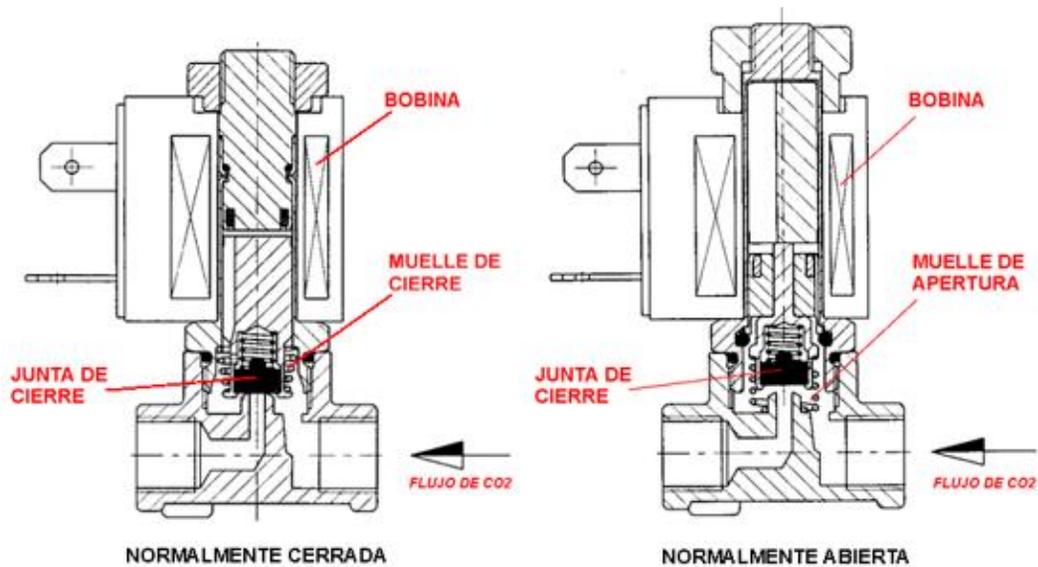


Fig. 28 Representación accionamiento por solenoide

1.4.3.1.2 Válvulas de control de presión

Las válvulas de control de presión se usan para controlar la presión de un circuito o de un sistema. Aunque las válvulas de control tienen diferentes diseños, su función es la misma. Algunos tipos de válvulas de control de presión son: válvulas de alivio, válvulas de secuencia, válvulas reductoras de presión, válvulas de presión diferencial y válvulas de descarga.

Válvulas de alivio

Los sistemas hidráulicos se diseñan para operar dentro de cierta gama de presión. Exceder esta gama puede dañar los componentes del sistema o convertirse en un peligro potencial para el usuario. La válvula de alivio mantiene la presión dentro de límites específicos y, al abrirse, permite que el aceite en exceso fluya a otro circuito o regrese al tanque.

Válvula de alivio de presión simple

La válvula de alivio simple (también llamada válvula de alivio de accionamiento directo) se mantiene cerrada por acción de la fuerza del resorte. La tensión del resorte se ajusta a una “presión de alivio”. Sin embargo, el ajuste de la presión de alivio no es la presión a la que la válvula comienza a abrirse. Cuando ocurre una condición que causa resistencia en el circuito al flujo normal de aceite, el flujo de aceite en exceso hace que la presión de aceite aumente. El aumento de la presión de aceite produce una fuerza en la válvula de alivio. Cuando la fuerza de la presión de aceite, en aumento, sobrepasa la fuerza del resorte de la válvula de alivio, la válvula se mueve contra el resorte y la válvula comienza a abrirse. La presión requerida para comenzar a abrir la válvula se llama “presión de apertura”. La válvula se abre lo suficiente para permitir que sólo el aceite en exceso fluya a través de la válvula.

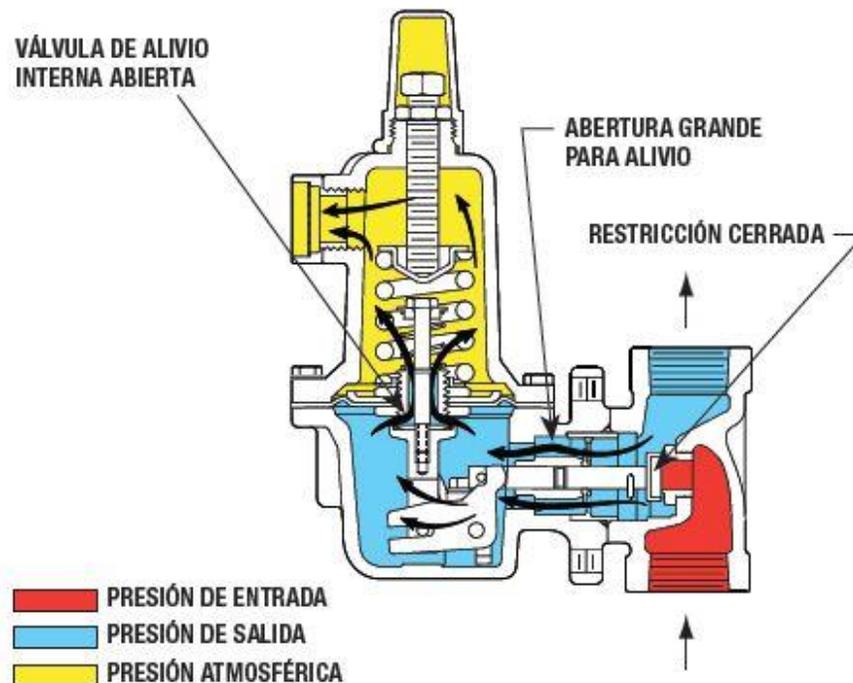


Fig. 29 Válvula de alivio de presión simple

Válvula de alivio operada por piloto, normalmente cerrada.

La válvula de alivio de operada por piloto se usa con frecuencia en sistemas que requieren un gran volumen de aceite y donde hay una diferencia pequeña entre la presión de apertura de la válvula y la presión de flujo pleno. En la válvula de alivio de operación piloto, una válvula piloto (válvula de alivio simple) controla la válvula de descarga (válvula principal). La válvula piloto es mucho más pequeña y no maneja un volumen grande de flujo de aceite. Por tanto, el resorte de la válvula piloto es también más pequeño y permite un control de presión más preciso. La diferencia entre la presión de apertura de la válvula piloto y la presión máxima se mantiene al mínimo. La válvula de descarga es lo suficientemente grande para manejar el flujo completo de la bomba a la presión de alivio máxima determinada. La válvula de descarga usa la presión de aceite del sistema para mantener la válvula cerrada. Por tanto, el resorte de la válvula de descarga no necesita ser muy fuerte y pesado. Esto permite a la válvula de descarga tener una presión de apertura más precisa.

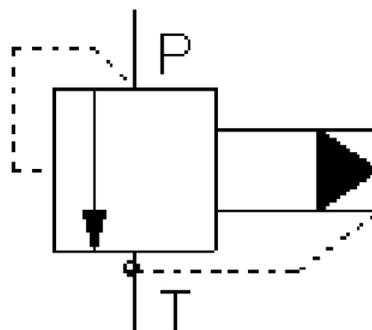


Fig. 30 Válvula de alivio pilotada

Válvula de alivio de operación por piloto en posición abierta

Cuando la presión de aceite del sistema excede el valor del resorte de la válvula piloto, se abre la válvula piloto y permite que el aceite de la cámara del resorte de la válvula de descarga fluya al tanque. El orificio de la válvula piloto es más grande que el orificio de la válvula de descarga. Por tanto, el flujo de aceite

pasará por la válvula piloto más rápido que a través del orificio de la válvula de descarga. Esto hará que la presión disminuya en la cámara del resorte de la válvula de descarga. La fuerza debido a la presión más alta del aceite del sistema, mueve la válvula de descarga contra el resorte. El flujo de aceite en exceso de la bomba fluye a través de los orificios de estrangulamiento en la válvula de descarga al tanque. Los orificios de estrangulamiento, al descargar el volumen de aceite necesario, mantienen la presión de alivio deseado en la válvula de descarga.

Válvula reductora de presión.

La válvula reductora de presión permite que dos circuitos con diferente presión obtengan suministro de la misma bomba. La válvula de alivio del sistema controla la presión máxima de aceite de suministro. La válvula reductora de presión controla la presión máxima del circuito de aceite controlado.

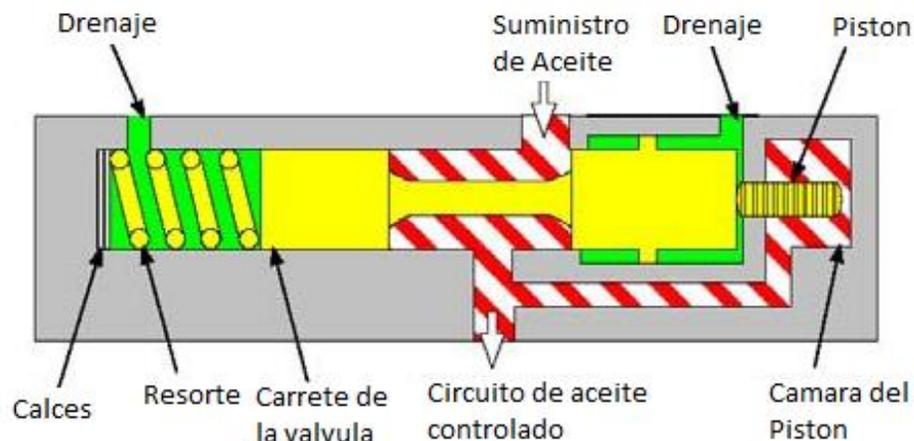


Fig. 31 Válvula reductora de presión

Válvula reguladora de presión en condición normal de operación.

Cuando la presión aumenta en el circuito es necesario controlar la presión de aceite que pasa por el sistema, el aumento produce una fuerza en la cámara.

Esta válvula tiene la misión de ajustar y mantener la presión de operación, dependiendo del estado de carga del motor. En caso de una presión demasiado alta, La válvula reguladora de la presión abre de forma que una parte del aceite retorna al tanque. En el caso de una presión demasiado baja en el sistema, la válvula reguladora de presión cierra y estabiliza así el lado de alta presión contra el lado de alta presión.

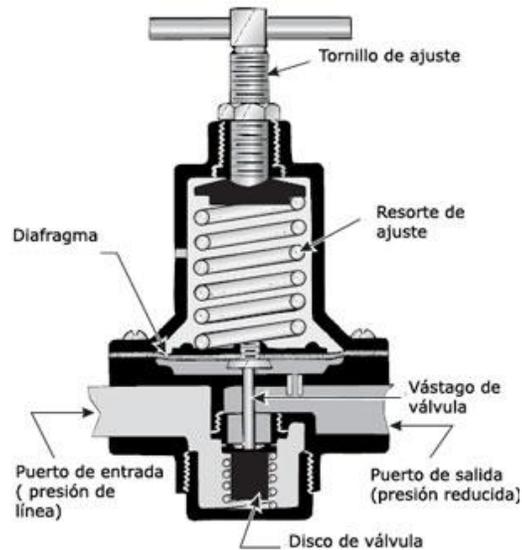


Fig. 32 Válvula reguladora de presión

1.4.3.1.3 Válvulas de control de flujo.

El Control de Flujo consiste en controlar el volumen del flujo de aceite dentro o fuera de un circuito. El control en un sistema hidráulico puede ser logrado de varias maneras. La forma más común es la instalación de un orificio. Cuando un orificio es instalado, el orificio presenta una alta restricción mayor a la restricción normal al flujo de la bomba. La mayor resistencia incrementa la presión del aceite. El incremento en la presión de aceite causa que algo del aceite tome otro camino. El camino podría ser a través de otro circuito o podría ir por una válvula de alivio. También serán discutidas las válvulas no compensadas y compensadas de control de flujo.

Válvula de retención con orificio fijo.

Generalmente usada en equipos de construcción. El orificio fijo es un hueco que va por el centro de una válvula de retención. Cuando el flujo de aceite está en el sentido normal, la válvula se abre y permite que el aceite fluya alrededor de la válvula y a través del orificio. Cuando el aceite intenta fluir en el sentido contrario, la válvula se cierra. Todo el aceite que fluye en el sentido contrario va a través del orificio y controla así el régimen de flujo.

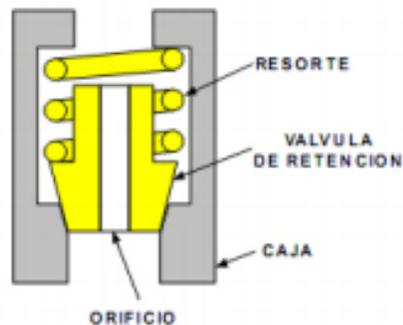


Fig. 33 Válvula de retención con orificio fijo

Válvula de retención con orificio variable.

Esta válvula es un orificio variable en forma de aguja. En la válvula de aguja, el tamaño del orificio cambia dependiendo de la posición de la punta de la válvula en relación con el asiento de la válvula.

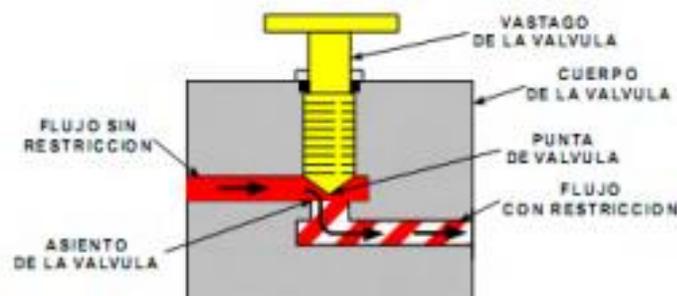


Fig. 34 Válvula de control de aguja

El aceite que fluye a través de la válvula de aguja debe hacer un giro de 90° y pasar entre la punta de la válvula y el asiento de la válvula. La válvula de aguja es el dispositivo más frecuentemente usado cuando se necesita tener un orificio variable. Cuando el tornillo de la válvula se gira a la izquierda, el orificio aumenta de tamaño y aumenta el flujo a través de la válvula. Cuando el tornillo de la válvula se gira a la derecha, el orificio disminuye de tamaño y disminuye el flujo a través de la válvula.

Válvula de control de flujo sin compensación de presión.

La válvula de control de flujo sin compensación de presión tiene un orificio variable y una válvula de retención. Cuando el aceite fluye por el extremo de la cabeza del cilindro, la válvula de retención se asienta. El orificio variable controla el flujo de aceite en el extremo de la cabeza. Cuando el flujo de aceite sale por el extremo de la cabeza del cilindro, la válvula de retención se abre, el aceite sigue el paso de menor resistencia y fluye sin restricción a través de la válvula de retención. En un circuito de control de flujo sin compensación de presión, cualquier cambio de la presión diferencial a través del orificio producirá un cambio correspondiente en el flujo.

Todo el aceite de la bomba fluye al cilindro a través del orificio. Cualquier intento de aumentar el flujo a través del orificio hará que la presión del sistema aumente por encima de la presión máxima ajustada en la válvula de alivio. Una disminución del flujo a través del orificio produce una disminución proporcional en la velocidad del cilindro. Un aumento del flujo produce un aumento proporcional de la velocidad del cilindro.

Válvula de control de flujo con compensación de presión y de derivación.

Esta válvula automáticamente se ajusta a los cambios de flujo y de carga. El flujo a través de la válvula depende del tamaño del orificio. Cualquier cambio del flujo de aceite a través del orificio produce un cambio de la presión en el lado corriente arriba del orificio. El mismo cambio de presión actúa contra el resorte y la válvula de descarga. Cuando el flujo de la bomba está entre los valores de flujo específico del orificio, la fuerza de la presión de aceite corriente arriba, actuando en la válvula de descarga, es menor que la fuerza combinada de la presión del aceite corriente abajo y la fuerza del resorte. La válvula de descarga permanece cerrada y todo el aceite de la bomba fluye a través del orificio. Cuando el flujo de la bomba es mayor que el flujo específico del orificio, la fuerza de la presión del aceite corriente arriba que actúa en la válvula de descarga, es mayor que la fuerza combinada de la presión de aceite corriente abajo y la fuerza del resorte. La válvula de descarga se abre y el aceite en exceso fluye a través de la válvula de descarga al tanque.

1.4.3.1.4 Válvulas antirretorno.

Estas válvulas sirven para bloquear el paso del fluido en una dirección. Las válvulas antirretorno, también llamadas válvulas de retención o válvulas *check*, tienen por objetivo cerrar por completo el paso de un fluido en circulación en un sentido y dejar paso libre en el sentido contrario. Tiene la ventaja de un recorrido mínimo del disco o bola que se mueve para cerrar el paso en un sentido.

Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio y poner en descarga la alimentación. El flujo del fluido que se dirige desde el orificio de entrada hacia el de utilización tiene el paso libre, mientras que en el sentido opuesto se encuentra bloqueado. También se las suele llamar válvulas unidireccionales. Las válvulas antirretorno son ampliamente utilizadas en

tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.

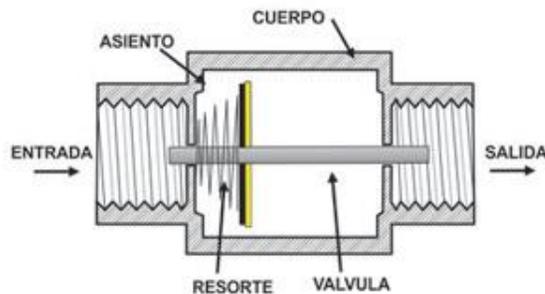


Fig. 35 Esquema de una válvula antirretorno

1.4.3.1.5 Electroválvula

Una electroválvula consiste en una bobina que recibe la señal eléctrica de control y en cuyo interior se encuentra una armadura flotante que en su centro recibe el chorro de aceite de dos toberas y por el extremo está unida al embolo de una válvula proporcional. La señal de control establece la posición del embolo y por lo tanto, gracias al diferente chorro de las toberas se establecen las presiones de salida de A y B que van a cada lado del cilindro. El conducto T comunica con el tanque de fluido hidráulico. Las servoválvulas se aplican en el control de posición, la velocidad o la fuerza de un actuador hidráulico. Su principio de funcionamiento es parecido en los tres casos. El punto de consigna de posición, velocidad o fuerza actúa sobre el controlador quien envía una señal a la servoválvula para posicionar el actuador. El actuador envía una señal de realimentación al controlador que la compara con el punto de consigna. Y la señal de error correspondiente provoca que el controlador vuelva a emitir una señal de corrección al actuador hasta que la señal de error es nula.



Fig. 36 Electroválvula 4/3

1.4.4 Acumuladores

Un sistema hidráulico está propulsado por una bomba diseñada para proporcionar una cierta cantidad de presión continua. Una bomba más grande y fuerte puede propulsar el fluido hidráulico más rápido, pero también usa muchas más energía. Un acumulador hidráulico es un sistema que almacena fluido hidráulico presurizado. De esa manera, la bomba no tiene que ser lo suficientemente fuerte como para hacer frente a un repentino aumento en la demanda. En lugar de eso, puede seguir bombeando el fluido hidráulico a un ritmo constante y contar con el acumulador para proporcionar el fluido hidráulico extra cuando sea necesario [8].

Los acumuladores son cámaras de almacenamiento que contienen fluido hidráulico. El fluido es bombeado dentro del acumulador por una bomba hidráulica con una válvula de una sola vía. El acumulador tiene otra válvula que puede abrirse para dejar que el fluido salga al resto del sistema hidráulico. El acumulador mismo está bajo presión constante. En los acumuladores de gas,

una vejiga de gas presurizado presiona contra una vejiga hidráulica. Cuando más se llena la vejiga, más presiona contra el gas, incrementando la presión. Un acumulador de resorte funciona de manera similar, excepto que un gran resorte o resortes presionan contra la vejiga para comprimirla. En un acumulador de peso elevado, el fluido hidráulico es bombeado dentro de un pistón grande con un peso en la parte superior. Este peso ejerce una fuerza constante, que presiona hacia abajo el fluido y lo comprime cuando se llena y vacía [8].

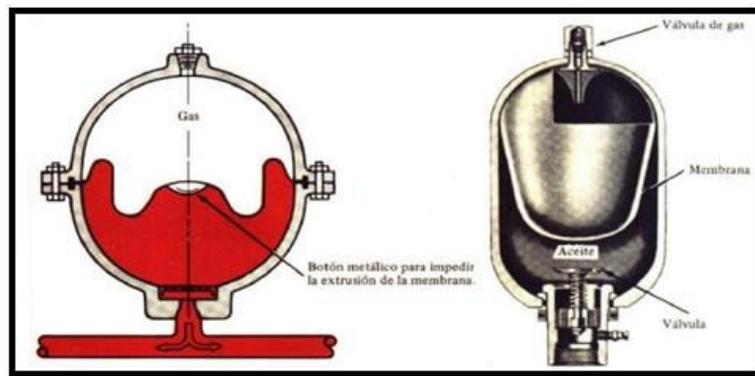


Fig. 37 Sección de un acumulador de membrana

Tipos de acumuladores:

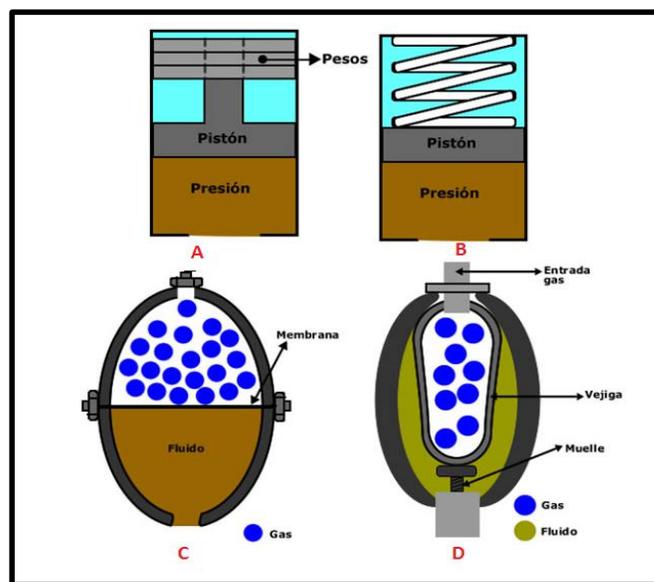


Fig. 38. Tipos de acumuladores A) Peso, B) Resorte, C) Membrana, D) Vejiga

Prácticamente sin problemas de ubicación el acumulador debe diseñarse de forma que cumpla las siguientes funciones [9]:

- Servir de almacenamiento para el fluido que va a circular por el sistema.
- Dejar en su parte superior un espacio libre suficiente para que el aire pueda separarse del fluido.
- Compensar fugas de fluido
- Reducir o eliminar los golpes de ariete
- Compensar variaciones de presión
- Permitir que los contaminantes se sedimenten.
- Disipar el calor generado en el sistema.

1.4.5 Tanque

El depósito, o más comúnmente llamado tanque, cumple diferentes funciones. En primer término es el depósito de aspiración e impulsión del sistema de bombeo, además sirve de almacén y reserva de aceite. Por otra parte tiene como misiones la separación, en lo posible, del aire del líquido hidráulico, la refrigeración del aceite por simple transmisión de calor por sus paredes al exterior, la toma de contacto del aceite con la presión atmosférica y, por último, su estructura sirve de soporte de la bomba, del motor de accionamiento y de otros elementos auxiliares [10].

El tanque dispone de los elementos siguientes:

- Filtro de llenado y aireador (1).
- Visor de nivel máximo y mínimo (2).
- Placa separadora retorno – aspiración (3).
- Tapón de vaciado (4).
- Tapa para limpieza (5)

Todo depósito debe estar lo suficientemente ventilado para poder eliminar las burbujas de aire disueltas en el aceite. Además se debe poner en contacto el aceite a la presión atmosférica. Pero por otro lado se debe evitar que la polución del ambiente contamine el fluido hidráulico. Esta es la misión del tapón de llenado y aireador [10].

Las partículas sólidas más gruesas y los lodos formados por degradación del aceite se van acumulando en la parte inferior del tanque. Cada cierto tiempo habrá que hacer labores de mantenimiento, vaciado del tanque de aceite y limpieza del mismo. Para ello se dispone de la tapa (5). La chapa separadora (3) sirve para evitar el paso de burbujas de aire del retorno hacia la aspiración de la bomba, ya que hay que tener en cuenta que el tanque sirve al mismo tiempo de depósito de aspiración e impulsión del sistema. Estas burbujas son debidas a la caída del aceite por el tubo de retorno. El tubo de retorno ha de tener longitud suficiente para introducirse dentro del líquido en el tanque y evitar las salpicaduras que formarían espuma si el aceite saltara libremente. Es muy usual disponer conjuntamente con el visor de nivel, un termómetro para controlar no sólo el nivel de líquido sino también su temperatura [10].

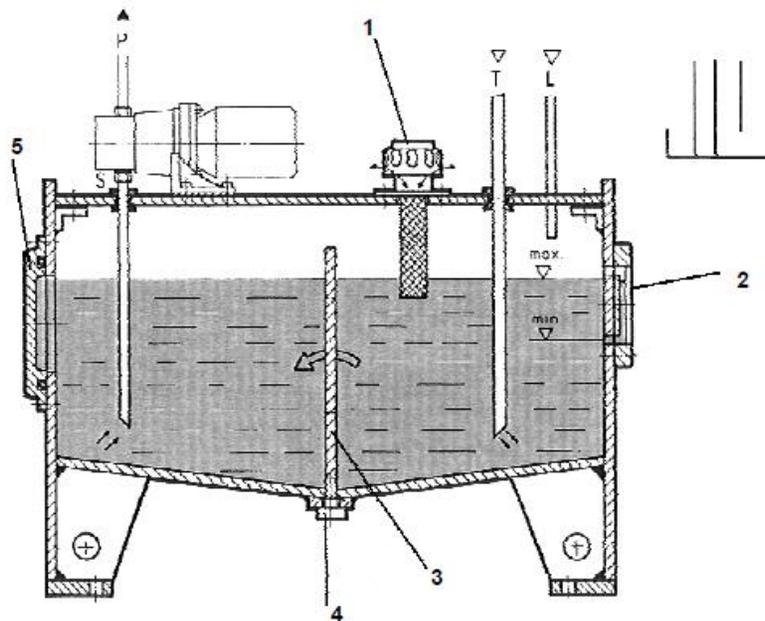


Fig. 39 Tanque de almacenamiento de aceite

1.4.6 Filtros

El filtrado del líquido hidráulico es muy importante para el mantenimiento correcto de sus funciones y para conseguir una duración dilatada de los elementos de la instalación. Las partículas metálicas desprendidas de tuberías, válvulas y cilindros; los fragmentos de juntas arrancadas por rozamiento, el polvo que invade la instalación hidráulica, forman partículas, más o menos grandes, que han de separarse del aceite por medio de filtros, para preservar la vida de los elementos que constituyen el sistema, especialmente la bomba y las válvulas, ya que la suciedad produce un gran desgaste en las piezas móviles de la instalación hidráulica [10].

Según su colocación en la instalación se distinguen cuatro tipos de filtros, como se muestran en la siguiente figura.

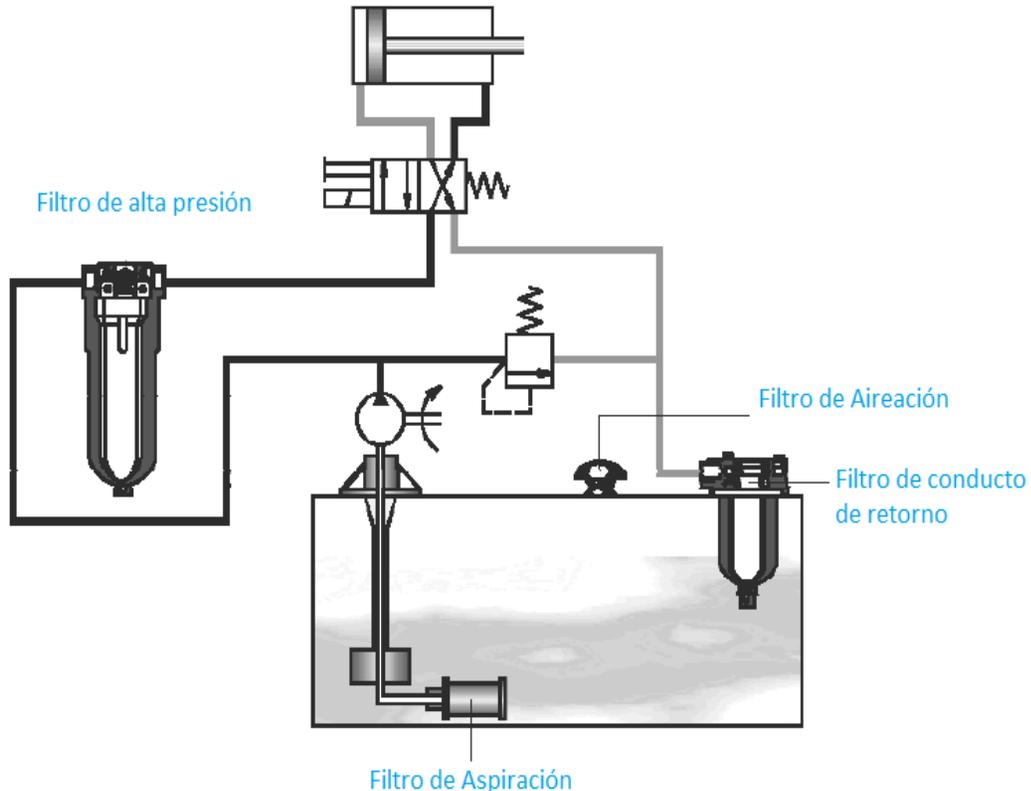


Fig. 40 Tipos de filtro según su ubicación.

2. SIMBOLOGÍA DE COMPONENTES DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS

En el capítulo anterior se comentó y describió los elementos fundamentales de los circuitos hidráulicos, entre los cuales se tienen las válvulas, bombas, cilindros, motores, elementos de protección, etc. Sin embargo cada uno de estos se analizó de manera aislada, por lo que no se conoce su desempeño y representación gráfica que cada uno de estos tiene dentro de un sistema de transmisión de potencia oleohidráulica.

2.1 Generalidades de la simbología hidráulica

Existen organismos internacionales que se encargan de normalizar el uso de los distintos símbolos que se utilizan, tanto en el ámbito de la neumática como de la hidráulica, de todos ellos los más comúnmente aceptados son [11]:

- ISO. (International Standards Organization).
- CETOP. (Comité Europeo de Transmisiones Oleodinámicas y Neumáticas)
- UNE (Acrónimo de Una Norma Española)
- ANSI (American National Standards Institute)

Hay una similitud entre los símbolos empleados por ellos, aunque mantienen algunas diferencias. Además de la representación de los circuitos utilizando la simbología adecuada, se deben añadir notas que proporcionarán información adecuada para facilitar el trabajo de instaladores y técnicos de mantenimiento de equipos e instalaciones, como sería: tipo de tubería, caudal, potencia, presión, sentido, etc. [11].

Tener un sistema homogéneo de representación hidráulica es importante por las siguientes razones:

- Los componentes deben de ser intercambiables y sustituirlo por uno que cumpla la misma función. Esto incluye actuadores, válvulas y acoples de tuberías.
- Los símbolos se deben de interpretar de la misma forma por cualquier persona competente así que ésta pueda entender un diagrama de circuito e instalarlo correctamente.
- Planos y símbolos deben de ser interpretados por cualquier persona competente y esto incluye los dibujos de circuitos y su distribución.
- Existen muchos otros estándares que tocan temas como salud y seguridad usando fluidos hidráulicos y filtros.

2.2 Normas utilizadas

A nivel internacional la norma ISO 1219 1 e ISO 1219 2, que se ha adoptado en España como la norma UNE-101 149 86, se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos. En esta parte solamente nos centraremos a la citada norma, aunque existen otras normas que complementan a la anterior y que también deberían conocerse [12].

Tabla 6. Normas y descripción empleadas en sistemas oleohidráulicas

Norma	Descripción
UNE 101-101-85	Gama de presiones
UNE 101-149-86	Simbología gráfica.
UNE 101-360-86	Diámetros de cilindros y de los vástagos de pistón.
UNE 101-362-86	Cilindros gama básica de presiones normales.
UNE 101-363-86	Serie básica de carreras de pistones.
UNE 101-365-86	Cilindros, medidas y tipos de rosca de vástagos de pistones

Para conocer todos los símbolos con detalle, así como la representación de nuevos símbolos deben consultarse las normas al completo.

2.3 Designación de conexiones y normas básicas de representación

Las válvulas de regulación y control, se nombran y representan con arreglo a su constitución, de manera que se indica en primer lugar el número de vías (orificios de entrada o salida) y a continuación el número de posiciones [12].

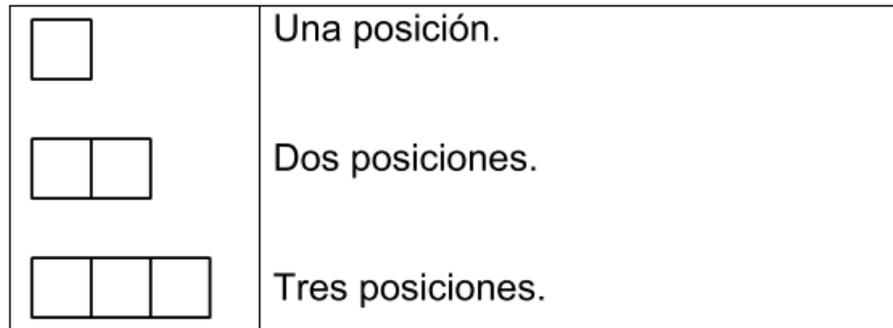


Fig. 41 Configuración de posiciones de válvulas direccionales

Su representación sigue las siguientes reglas:

- Cada posición se indica por un cuadrado.
- Se indica en cada casilla (cuadrado), las canalizaciones, el sentido del flujo y la situación de las conexiones (vías).
- Las vías de las válvulas se dibujan en la posición de reposo.
- El desplazamiento a la posición de trabajo se realiza transversalmente, hasta que las canalizaciones coinciden con las vías en la nueva posición.
- También se indica el tipo de mando que modifica la posición de la válvula (señal de pilotaje). Puede ser manual, por muelle, por presión, etc.

La norma establece la identificación de los orificios (vías) de las válvulas, debe seguir las normas establecidas en la Tabla 7, las cuales pueden tener una identificación numérica o alfabética [12].

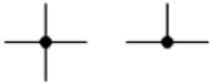
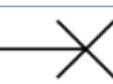
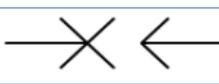
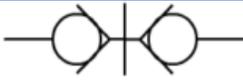
Tabla 7. Designación de conexiones en sistemas hidráulicos

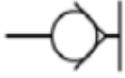
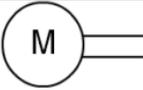
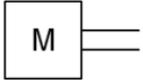
Designación de conexión	Letras	Números
Conexiones de trabajo	A,B,C	2,4,6
Conexión de presión, alimentación de energía	P	1
Escapes, retornos	R,S,T	3,5,7
Descarga	L	
Conexiones de mando	X,Y,Z	10,12,14

2.4 Simbología hidráulica

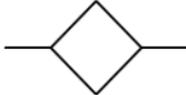
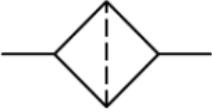
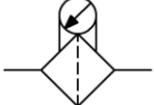
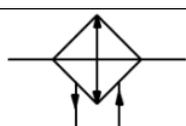
2.4.1 Simbología de Conexiones

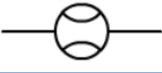
Para empezar con los símbolos, se muestran a continuación como se representan las canalizaciones y los elementos de medición y mantenimiento.

Conexiones	
Símbolo	Descripción
	Unión de tubería
	Cruce de tubería
	Manguera
	Acople rodante
	Línea eléctrica
	Conexión de presión cerrada
	Línea de presión con conexión
	Acople rápido sin retención
	Acople rápido con retención

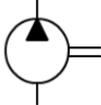
Conexiones	
Símbolo	Descripción
	Desacoplado línea abierta
	Desacoplado línea cerrada
	Retorno al tanque
	Unidad operacional
	Unión mecánica. (Varilla, leva, etc.)
	Motor eléctrico
	Motor de combustión interna

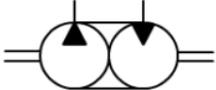
2.4.2 Símbolos de medición y mantenimiento

Medición y mantenimiento	
Símbolo	Descripción
	Unidad de mantenimiento (general)
	Filtro
	Filtro con indicador de acumulación de impurezas
	Limitador de temperatura
	Refrigerador

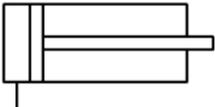
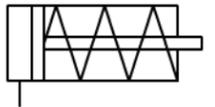
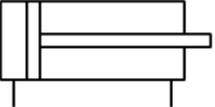
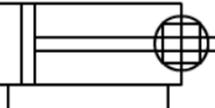
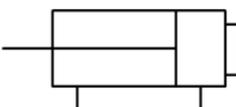
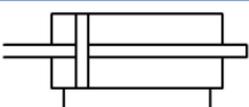
Medición y mantenimiento	
Símbolo	Descripción
	Filtro micronico
	Manómetro
	Manómetro diferencial
	Termómetro
	Caudalímetro
	Medidor volumétrico
	Indicador óptico
	Sensor de temperatura
	Sensor de caudal
	Acumulador hidráulico

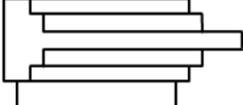
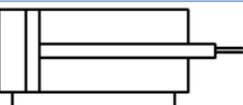
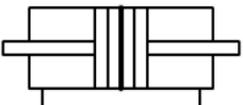
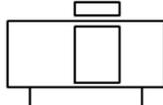
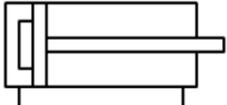
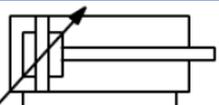
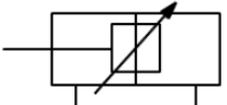
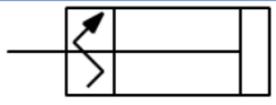
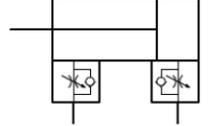
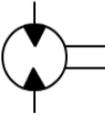
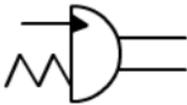
2.4.3 Simbología de Bombas

Bombas	
Símbolo	Descripción
	Bomba hidráulica de flujo unidireccional
	Bomba hidráulica de flujo variable

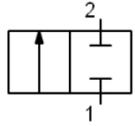
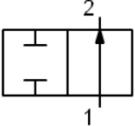
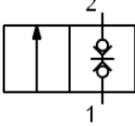
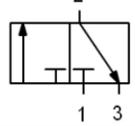
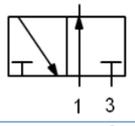
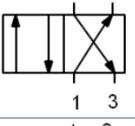
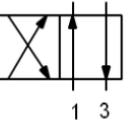
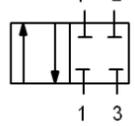
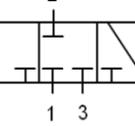
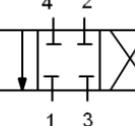
Bombas	
Símbolo	Descripción
	Bomba hidráulica de caudal bidireccional
	Bomba hidráulica de caudal bidireccional variable
	Mecanismo hidráulico con bomba y motor

2.4.4 Simbología de actuadores hidráulicos

Actuadores	
Símbolo	Descripción
	Cilindro de simple efecto, retorno por esfuerzos externos.
	Cilindro de simple efecto, retorno por muelle.
	Cilindro de simple efecto, vástago simple antigiro, carrera por resorte (muelle), retorno por presión de aire.
	Cilindro de doble efecto, vástago simple.
	Cilindro de doble efecto, vástago simple antigiro.
	Cilindro de doble efecto, vástago simple montaje muñón trasero.
	Cilindro de doble efecto, doble vástago.

Actuadores	
Símbolo	Descripción
	Cilindro de doble efecto, vástago telescópico.
	Cilindro diferencial de doble efecto
	Cilindro de posición múltiple.
	Cilindro de doble efecto sin vástago, de arrastre magnético.
	Cilindro de doble efecto, con amortiguación final en un lado.
	Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos.
	Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos.
	Cilindro con lectura de carrera. Vástago simple.
	Cilindro de doble efecto, con regulador de caudal integrado, vástago simple.
	Motor hidráulico 2 sentidos de giro.
	Cilindro hidráulico basculante 1 sentido de giro, retorno por muelle.
	Bomba/motor hidráulico regulable.

2.4.5 Simbología de válvulas direccionales

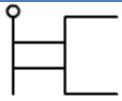
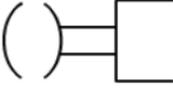
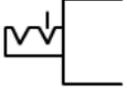
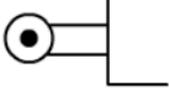
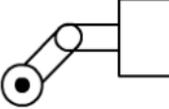
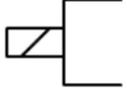
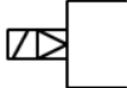
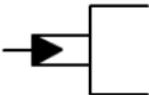
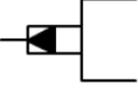
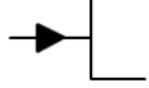
Válvulas direccionales	
Símbolo	Descripción
	Válvula 2/2 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 2/2 en posición normalmente abierta.
	Válvula 2/2 de asiento en posición normalmente cerrado
	Válvula 3/2 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 3/2 en posición normalmente abierta.
	Válvula 4/2.
	Válvula 4/2.
	Válvula 4/2 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 3/3 en posición neutra normalmente cerrada.
	Válvula 4/3 en posición neutra normalmente cerrada.

Válvulas direccionales	
Símbolo	Descripción
	Válvula 4/3 en posición neutra escape.
	Válvula 4/3 en posición central con circulación.
	Válvula 5/2.
	Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 5/3 en posición normalmente abierta.
	Válvula 5/3 en posición de escape.

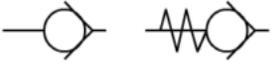
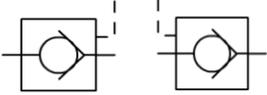
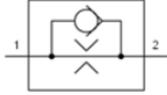
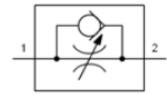
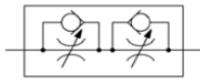
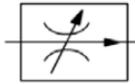
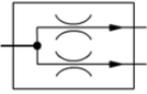
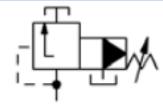
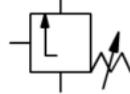
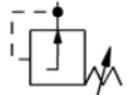
2.4.6 Simbología de Accionamientos

En una misma válvula pueden aparecer varios de estos símbolos, también se les conoce con el nombre de elementos de pilotaje.

Accionamientos	
Simbología	Descripción
	Mando manual en general, pulsador.
	Botón pulsador, seta, control manual.

Accionamientos	
Simbología	Descripción
	Mando por palanca, control manual.
	Mando por palanca, control manual.
	Mando por llave, control manual.
	Mando con bloqueo, control manual.
	Muelle, control mecánico.
	Palpador, control mecánico en general.
	Rodillo palpador, control mecánico.
	Mando electromagnético con una bobina.
	Mando electromagnético con dos bobinas actuando de forma opuesta.
	Control combinado por electroválvula y válvula de pilotaje.
	Pilotaje hidráulico. Con válvula de pilotaje.
	Pilotaje hidráulico. Con válvula de pilotaje.
	Presurizado hidráulico.

2.4.7 Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión

Símbolo	Descripción
	Válvula de cierre.
	Válvula de bloqueo (antirretorno).
	Válvula de retención pilotada. Pe > Pa -> Cierre. / Pa > Pe -> Cierre.
	Estrangulación. El primer símbolo es fijo, el segundo regulable.
	Válvula estranguladora unidireccional a diafragma.
	Válvula estranguladora unidireccional. Válvula antirretorno de regulación regulable en un sentido
	Válvula estranguladora doble, antirretorno con regulador de caudal doble conexión instantánea.
	Válvula estranguladora de caudal de dos vías.
	Distribución de caudal
	Válvula limitadora de presión.
	Válvula limitadora de presión pilotada.
	Válvula de secuencia por presión.
	Válvula reguladora de presión de dos vías. (Reductora de presión).
	Válvula reguladora de presión de tres vías. (Reductora de presión).

3. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL EQUIPO DE PRACTICA OLEOHIDRÁULICA

Conociendo los elementos que constituyen los diferentes sistemas oleohidráulicos industriales, es necesario identificar qué elementos del equipo de prácticas oleohidráulicas que se necesitan elaborar y seleccionar, con el fin de tener un concepto previo del modelo a diseñar.

3.1 Criterios de diseño

Para poder tener un adecuado dimensionamiento de la distribución de los elementos dentro del equipo y su capacidad de operación, se deben de plasmar ciertos criterios de diseño, que darán la pauta para realizar un diseño adecuado y poder seleccionar elementos que constituirán el equipo de práctica oleohidráulica.

Para el diseño del modelo apropiado de la estructura general del equipo es necesario tener en cuenta los siguientes variables de diseño:

- Presiones de operación menores de 500 psi, ya que las practicas a realizar son didácticas.
- La estructura del equipo debe de tener una distribución para realizar un fácil montaje e intercambio de elementos, además de poder almacenar cada uno de ellos
- Caudales de operación menores a 5 Gpm.
- La unidad de poder debe ser capaz de poder alimentar al menos dos equipos prácticos y estar separada de la estructura del equipo.

- Con los elementos a seleccionar, se debe poder elaborar un circuito que sea capaz de accionar y controlar dos cilindros de doble efecto, generar secuencias de movimiento y controlar el flujo en el sistema.
- Facilidad de mantenimiento.
- Factores de seguridad mayores a 5, para salvaguardar la seguridad de los practicantes.
- Debe de tener un diseño ergonómico.

3.2 Limitantes

Las siguientes limitaciones restringirán el diseño y construcción del equipo de pruebas oleohidráulico.

- a) Costo adquisición de elementos y presupuesto disponible para compra.
- b) Existencia de elementos hidráulicos que satisfagan los criterios de diseño en el mercado nacional.
- c) La no disponibilidad de instrumentos y equipo que facilite la elaboración de los distintos accesorios y componentes del equipo.

3.3 Configuración y dimensionamiento del equipo de prácticas

Para la configuración y dimensionamiento del equipo de pruebas oleohidráulicas, este hará en base a una estimación, distribución y medidas de los distintos elementos que contendrán el equipo, antes de esto hay que identificar las partes principales que lo conforman. Básicamente el equipo contendrá cuatro partes las cuales son:

- Estructura metálica del equipo

- Módulos porta elementos
- Bastidor de alimentación eléctrica
- Unidad de poder

3.3.1 Estructura metálica del equipo.

La estructura metálica base del equipo de pruebas oleohidráulicas, es donde se almacenarán y montarán los módulos que contienen los elementos de los circuitos a realizar en las prácticas, en otras palabras esta será la carcasa del equipo. En base a los criterios de diseño, limitaciones y funciones que se deben de cumplir, se procederá a seleccionar materiales que cumplan con los requerimientos y disponibilidad que estos tengan; esta estructura estará constituida por los siguientes materiales:

- Tubo estructural rectangular de 2"x1" chapa 14.
- Tubo estructural cuadrado de 1" chapa 14.
- Lamina de hierro de 3/32".
- Angulo de 1" de 5 mm de espesor.

Para el diseño se ha tomado en cuenta la ergonomía que es primordial para la utilización óptima del equipo por los practicantes. También debe de tener la facilidad de: almacenamiento de elementos, montaje y desmontaje de los módulos y dar mantenimiento, una bandeja de recolección de aceite bajo los porta módulos y espacio para albergar los manifold de alimentación y descarga. A continuación se muestra un esquema con las dimensiones y partes de la estructura que contendrá el equipo.

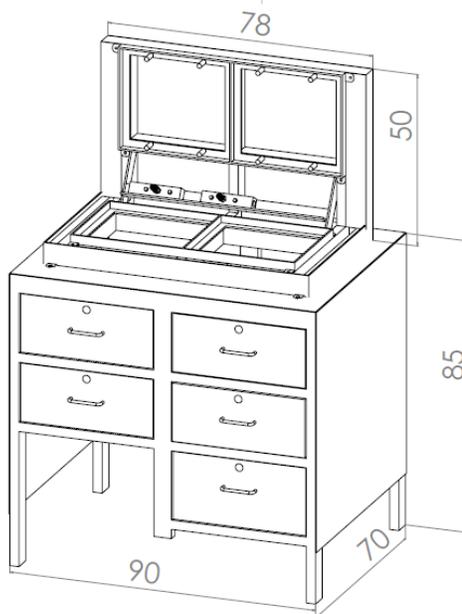


Fig. 42 Dimensiones del equipo practico oleohidráulico, cotas en cm.



Fig. 43 Modelo de la estructura del equipo de prácticas

3.3.2 Distribución y dimensionamiento de módulos

Los módulos son todos aquellos marcos en donde irán montados los elementos hidráulicos , estos serán sujetos por medio de pernos y tuercas con

mariposa a la estructura base, se elaborarán con un marco de tubo estructura cuadrado de 1" chapa 14, sobre ellos ira una lámina de 32 cm x 28 cm de acero inoxidable con el objetivo de facilitar la limpieza por derrames de aceites sobre los módulos, el dimensionamiento de los módulos es el apropiado para las medidas de los elementos que contendrán el equipo, los elementos deben de ser sujetos en las láminas. Ya que el propósito de las prácticas son didácticas, y con configuraciones básicas, no se requieren elementos de gran tamaño. Con estas medidas se garantizará condiciones adecuada para que el practicante pueda realizar las acciones de manipulación, control y conexión adecuada de elementos.

Por lo que se plantea una distribución modular en donde cada uno de los módulos contendrá los elementos hidráulicos agrupados según las acciones que estos desempeñan. Los módulos se dividirán en cuatro áreas: Control de caudal, Control de dirección de flujo, Control de presión y Actuadores lineales

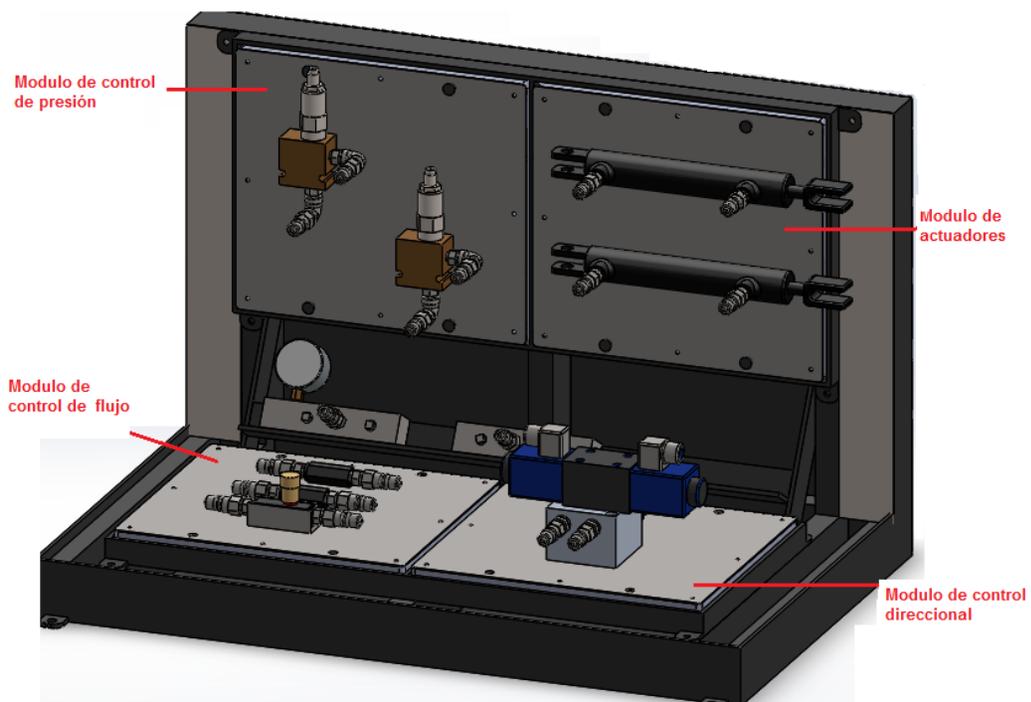


Fig. 44 Distribución de módulos dentro del equipo de práctica

3.3.3 Bastidor de alimentación eléctrica

El bastidor de alimentación es donde estará la alimentación eléctrica de los elementos que necesiten un accionamiento de este tipo, este estará ubicado en la parte superior de la estructura base. Se colocara en esta posición por su fácil acceso de alimentación eléctrica y para evitar que aceite hidráulico debido a fugas o derrames lo dañen. Este deberá de tener dos líneas de alimentación para accionar las distintas posiciones de electroválvulas direccionales, las cuales son indispensables para el control de flujo en las prácticas a realizar.

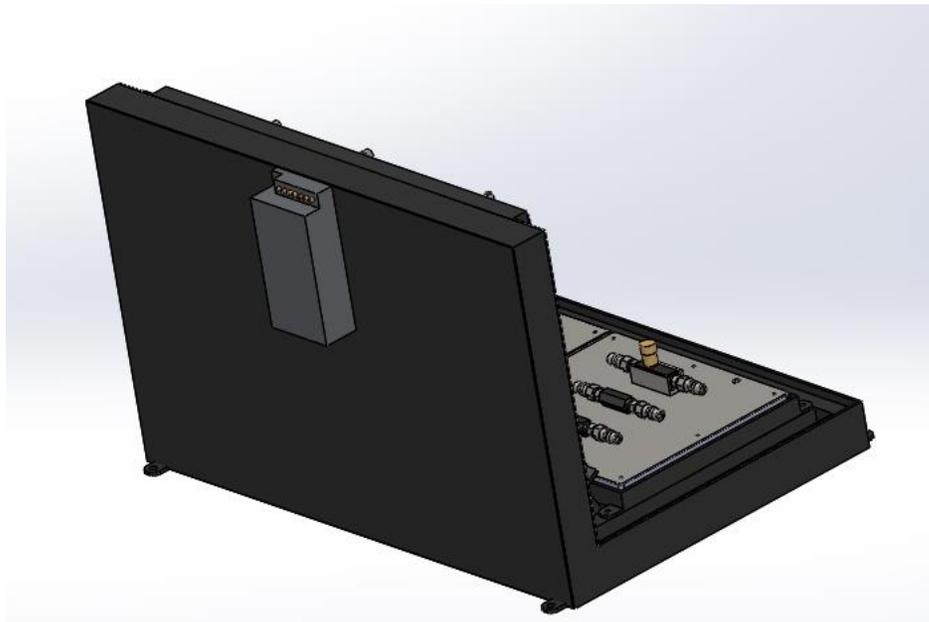


Fig. 45 Ubicación del bastidor de alimentación eléctrica

3.3.4 Características de la unidad de poder

La alimentación de Fluido Hidráulico al circuito se realiza desde una central denominada unidad de poder. Lo más importante de dicha unidad es la bomba. Sin embargo hay que decir que para poder funcionar correctamente, debe de contener una serie de componentes que garanticen un correcto y seguro

funcionamiento. Esta debe de tener un depósito de aceite hidráulico con una cantidad de aceite suficiente para la circulación por todo el circuito y que este recorra un tiempo prudencial dentro del tanque para poder disipar el calor que adquirió al funcionar a través de mecanismos y evitar un flujo turbulento en la zona de succión de la bomba, con el objeto en general de regular la velocidad.

Los elementos que deben de conformar la unidad de poder para operar de forma segura y óptima, son los siguientes:

- Bomba hidráulica
- Motor eléctrico
- Acople de transmisión
- Tanque de aceite
- Filtro de aspiración
- Ducto de entrada de aire
- Zona de succión y descarga de aceite
- Válvula de alivio
- Válvula reguladora de flujo.(Bypass)
- Ductos de retorno
- Elemento para monitorear nivel de aceite

Para del dimensionamiento de la unidad de poder se deben de tomar en cuenta ciertas variables que son críticas a la hora de crear un diseño que cumpla con los requerimientos de elementos y distribución que deben de contener, estas variables son:

- En la tapadera del tanque servirá como soporte para la bomba y motor eléctrico.

- El ancho y largo de tanque se debe determinar acorde a las dimensiones de la bomba hidráulica y el motor.
- La altura del tanque se debe determinar por las dimensiones de longitud del filtro de succión.
- El tanque debe de tener fácil acceso para su mantenimiento.
- En la estructura del tanque deben de colocarse tres ductos de retorno.
- Dentro del tanque deben de haber al menos tres deflectores para la estabilización del flujo, uno de ellos debe de tener una parte elevada del piso para almacenar los sólidos.
- La unidad de poder debe de ser fácil de movilizar y trasladarte de un lugar a otro.
- La unidad de poder debe de contener un manifold para alimentar dos sistemas.
- Debe de tener dispositivos de seguridad hidráulica y eléctrica, como lo son una válvula de alivio y una de drenaje, interruptores y guarda motor.
- El área de succión y descarga debe de estar lo más retirado uno del otro.

Con los criterios y variables antes mencionadas, se procederá a elaborar el diseño de la unidad de poder, dicha unidad será elaborada con lámina de 5mm de espesor de hierro estirada en frio y ángulo de 1.5". Esta debe de tener la facilidad de movilizarse libremente en cualquier dirección y fácil de almacenar, por lo que se le colocara soporte de goma y ruedas .Dicho materiales cumplen con los requerimientos que nos garantizan una condición óptima para el montaje y almacenamiento de aceite.

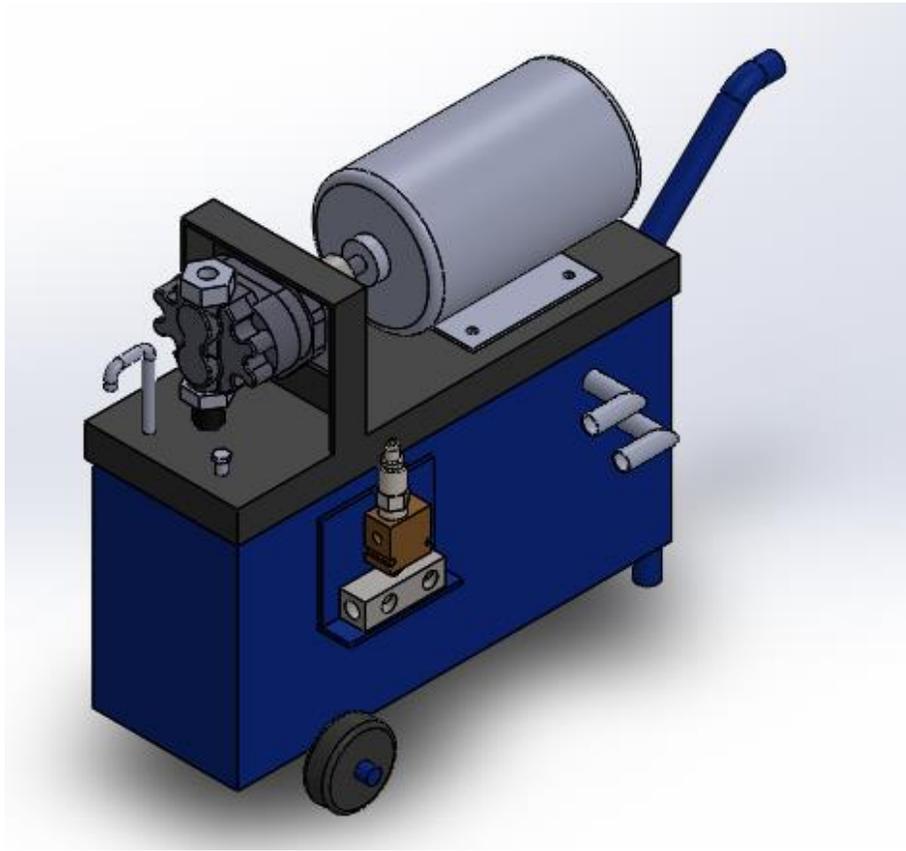


Fig. 46 Modelo de unidad de poder para el equipo de prácticas

3.4 Elementos oleohidráulicos del equipo practico.

Para la selección de los elementos constructivos del equipo oleohidráulico, es necesario tomar en cuenta como referencia el esquema de un circuito hidráulico que cumpla con los criterios de diseño mencionados anteriormente. Se tomara como base un circuito que controle dos cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en serie, controlados por una electroválvula direccional 4/3 y de flujo variable. Dicho esquema se presentara a continuación, con las distintas interconexiones. Este dará la pauta a la selección de elementos.

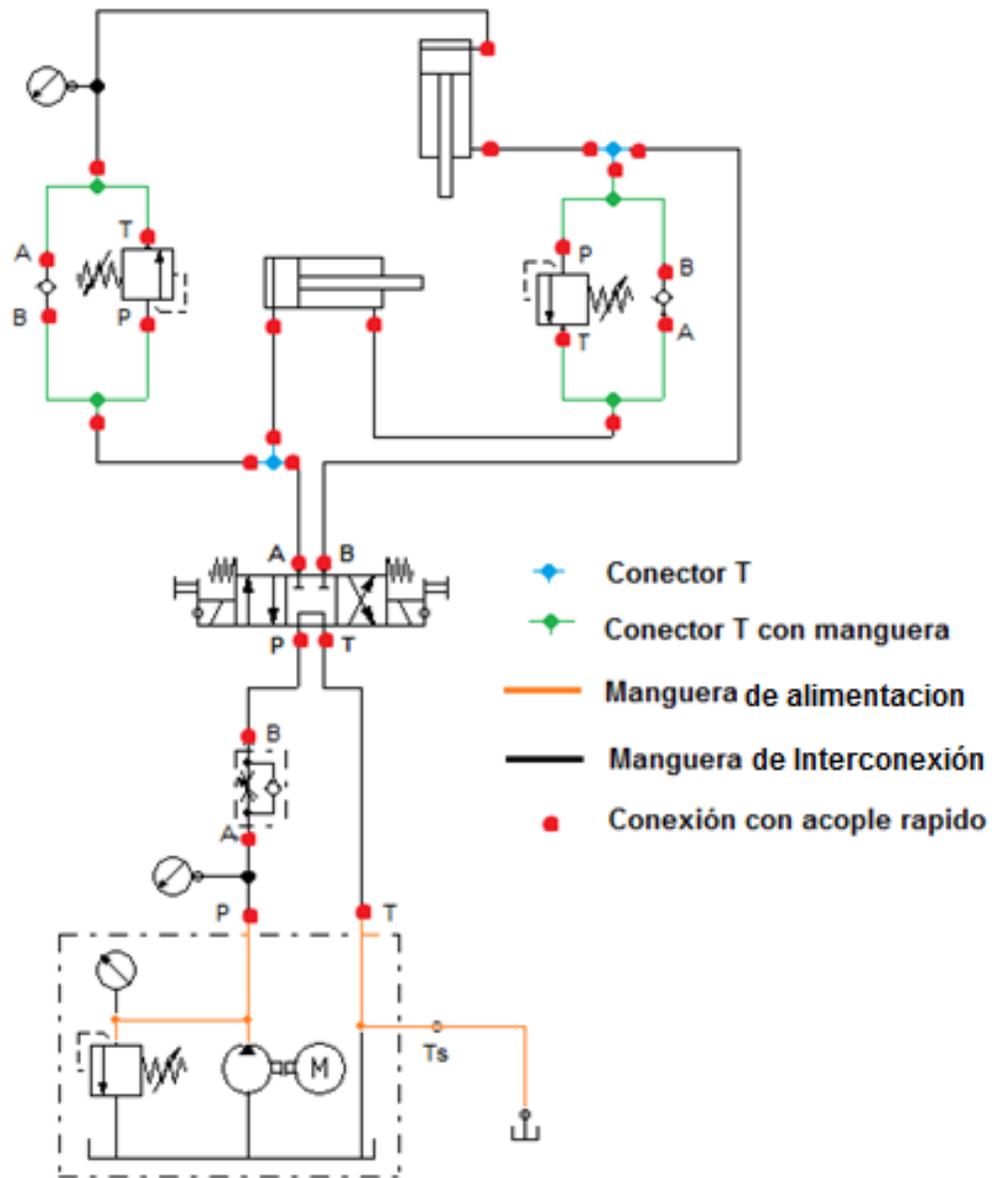


Fig. 47 Circuito base para la selección de elementos del equipo oleohidráulico

La siguiente tabla muestra el listado de elementos hidráulicos que conforma el equipo oleohidráulico, con los cuales se realizarán las prácticas.

Tabla 8 . Lista de elementos que conformaran el equipo oleohidráulico

N°	Elemento	Unidad de medida	Cantidad
1	Bomba Hidráulica	Unidad	1
2	Motor eléctrico	Unidad	1
3	Mangueras hidráulicas 1/4"	Pies	31
4	Mangueras hidráulicas 1/2"	Pies	13
5	Mangueras hidráulicas 1"	Pies	1
6	Acoples rápidos NPT 1/4"	Juego M / H	30
7	Acople macho rígido NPT 1/4"	Unidad	40
8	Acople macho rígido NPT 1/2"	Unidad	5
9	Acopes en T de 1/4"	Unidad	6
10	Cilindros de doble efecto	Unidad	2
11	Manómetros	Unidad	2
12	Aceite hidráulico	Galón	3
13	Tanque	Unidad	1
14	Filtro de aceite	Unidad	1
15	Válvulas antirretorno	Unidad	2
16	Válvula reguladora de caudal	Unidad	1
17	Válvula de alivio	Unidad	1
18	Válvula limitadora de presión	Unidad	2
19	Electroválvula 4/3 con tándem	Unidad	1
20	Manifold	Unidad	2
21	Codos roscados NPT 1/2"	Unidad	2
22	Niple roscado NPT 1/4"	Unidad	38
23	Codos roscados NPT 1/4"	Unidad	8
24	Fuente 24V corriente directa	Unidad	1

3.5 Selección de la Bomba

El fin del equipo oleohidráulico es ser utilizado para realizar prácticas didácticas de baja potencia; se seleccionara una bomba que tenga valores de desplazamiento y presión bajas, dichas características son definidas por el fabricante. Se sabe que la bomba es el corazón del sistema, esta servirá como referencia para la selección y diseño de todos los elementos requeridos para la conformación de los circuitos hidráulicos propuestos, así como también la estructura del equipo y sus accesorios.

La selección de la bomba también se hará tomando en cuenta catálogos, equipo que hay en el mercado y criterios ingenieriles. Posterior a esto se procederá a dimensionar y especificar la configuración del entrenador.

Acorte a lo anterior se seleccionó la siguiente bomba, que cumple con los requerimientos antes mencionadas y con la cual se cumplen los fines que se buscan.

- Marca : EATON
- Modelo: 26005 RZE
- Tipo de Bomba: Engranés de desplazamiento positivo.
- Desplazamiento: 0.84 pul³ (13.8 cm³) por revolución.
- Temperatura de operación: -29°C a 105°C.
- Presión máxima de operación: 3500 Psi. (24.13 Mpa)
- Viscosidad mínima de aceite: 5.7 cSt a 100°C
- Máximo torque de rotación a 0 de presión: 36 lb.in

Nota: para realizar el acople de bomba - motor se necesita un acople estriado de nueve ranuras. (Marca: HUB CITY, Modelo: 0332-00032)

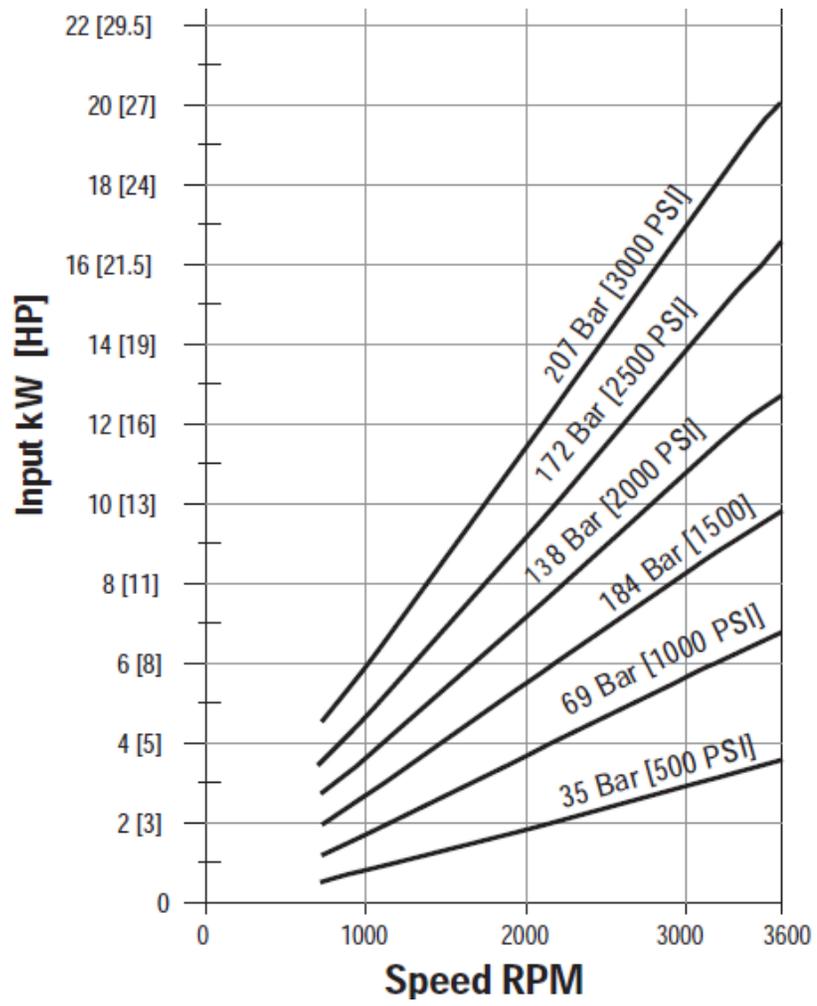


Fig. 48 Grafico de dato de rendimiento de bomba 26005 RZE



Fig. 49 Bomba 26005 RZE

3.6 Selección de motor eléctrico

Los motores eléctricos, son uno de los equipos más importantes en la industria. Un motor eléctrico es un dispositivo que transforma energía eléctrica en energía mecánica rotacional en el eje, de esta manera se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica siempre que se disponga de una red eléctrica.

Es por esto que es indispensable al momento de su selección el tomar en cuenta los criterios adecuados como lo son la potencia nominal y la velocidad de rotación. Otras características que hay que tomar en cuenta son las siguientes:

- Acople y montaje: Directo, engranes o por bandas y poleas.
- Aplicación: Máquina: bomba, compresor, banda, extrusora o Ciclo de trabajo: continuo, o intermitente.
- Método de arranque: Arranque Directo (Direct-on-Line) o Estrella Delta, Delta-Marcha (Y/D) (Y-Start, Delta-Run).
- Tipo de Enclaustramiento: Abierto o Cerrado.

Tabla 9 . Velocidades de motores

Velocidad - RPM		
Frecuencia	60 Hz	
Polos	Sincrónica	Plena carga
2	3600	3557 - 3580
4	1800	1753 - 1785
6	1200	1170 - 890

Con los criterios antes mencionados y utilizando el grafico de la Fig. 49 para obtener una presión de salida de la bomba entre 450 a 500 Psi (1.7 a 3.4 Mpa), sé sabe que los requerimientos para el funcionamiento óptimo del equipo oleohidráulico sería un motor que tenga 1.5 HP (1.1 KW) de potencia y sus RPM oscilen entre 1200 y 1100. Estos serían los criterios primordiales sin dejar de lado

el aspecto económico. Con lo antes mencionado se llegó a la conclusión de seleccionar el siguiente motor eléctrico:

- Marca : MARATHON ELECTRIC
- Modelo: EWK 56T11O15509A
- Tipo de motor: Trifásico
- Potencia: 1.5 HP (1.1 KW)
- Tensión: 208 - 230 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad de rotación: 1140 RPM
- Tipo de arranque: Directo
- Enclaustramiento : Cerrado
- Corriente de operación: 7 A.



Fig. 50 Motor trifásico MARATHON ELECTRIC 1.5 HP 6 Polos

3.7 Selección de mangueras

3.7.1 Mangueras de succión y descarga de la bomba

Para la selección de las mangueras de succión y descarga de la bomba, se tomara como parámetro base la presión máxima y el caudal que proporciona por la bomba. Con esto se busca eliminar o prevenir problemas flujo turbulento dentro de las mangueras y un sobredimensionamiento de las mangueras lleva a un alto costo de adquisición de la misma; también minimizar perdidas por calor y cavitación en la tubería de entrada, la siguiente ecuación permite determinar el diámetro interno requerido:

$$D = \sqrt{0.408Q/v} \quad (\text{Ecu. 20})$$

Dónde:

Q= caudal en gpm

V: velocidad en pies por segundo

D: Diámetro de la manguera en pulgadas.

Antes de comenzar el análisis se tiene que determinar el caudal que nos estaría brindando la bomba, esta se puede determinar ya que se conoce el número de revoluciones por minuto a las que gira la bomba y su desplazamiento.

$$GPM = \frac{RPM * Desplazamiento}{231} = \frac{1140 \text{ rpm} * 0.84 \text{ in}^3/\text{rev}}{231} \quad (\text{Ecu. 21})$$

$$GPM = 4.14 \text{ (0.26 L/s)}$$

Para calcular los diámetros internos de mangueras se utilizan valores recomendados de velocidad de succión de 4 pies por segundo y para la descarga 20 pies por segundo. Con esto se llega a que los diámetros de las mangueras son:

- Succión: 0.65 que lo aproximaremos a 1 pulgada.
- Descarga: 0.30 que lo aproximaremos a 1/2 pulgadas.

Las aproximaciones son para utilizar diámetros de manguera que se encuentran en el mercado nacional y disposición para conexiones con accesorios del equipo oleohidráulico.

3.7.1.1 Selección de manguera de succión y descarga

A continuación se muestra las características de las mangueras seleccionadas según los criterios y análisis realizados.

- Manguera de succión:
 - Marca: COVALCA
 - Modelo : 1SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R1AT
 - Diámetro interno: 1" (25.4 mm)
 - Diámetro externo: 1.4 pul. (35.3 mm)
 - Presión de trabajo máxima: 1255 Psi (8.65 Mpa)
 - Presión de ruptura: 5020 Psi. (34.6 Mpa)
 - Radio mínimo de curvatura: 11.8 pul. (300mm)
 - Temperatura de operación: -40°C a 121° C
 - Material: Goma sintética resistente al aceite
 - Refuerzo: Una capa de acero de alta resistencia

- Manguera de descarga :
 - Marca: COVALCA
 - Modelo : 1SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R1AT
 - Diámetro interno: ½" (12.7 mm)
 - Diámetro externo: 0.81 pul. (20.6 mm)
 - Presión de trabajo máxima: 2295 Psi. (15.8 Mpa)
 - Presión de ruptura: 9180 Psi. (63.3 Mpa)
 - Radio mínimo de curvatura: 7.01 pul. (178mm)
 - Temperatura de operación: -40°C a 120° C
 - Material: Goma sintética resistente al aceite
 - Refuerzo: Una capa de acero de alta resistencia

3.7.2 Mangueras de interconexión

Para la selección de las mangueras de interconexión el caudal y presión es el proporcionado por la bomba, el fluido se ramifica dependiendo de la complejidad del circuito. Los valores máximos que nos proporcionara la bomba es 4.14 Gpm de caudal y de 500 Psi de presión; estos dos valores pueden servir como base para la selección de mangueras para el equipo, sin dejar de lado el aspecto seguridad que es uno de los más importantes.

También hay que considerar como lo mencionamos anteriormente en objetivo del diseño y la construcción del equipo oleohidráulico es con fines didácticos para practicas por lo que consideras un diámetro pequeño es primordial para facilitar la manipulación e interconexión de elementos. Un diámetro aceptable es el de $\frac{1}{4}$ de pulgada, ya que es una medida comercial y común en accesorios y equipo oleohidráulico los cuales contiene puertos NPT de esta mediad.

Por lo que se seleccionó el siguiente tipo de mangueras, ya que cumplen con las especificaciones técnicas requerías y los criterios antes mencionados, cuyas características son:

- Marca: COVALCA
- Modelo : 1SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R1AT
- Diámetro interno: $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm)
- Diámetro externo: 0.53 pul. (13.5 mm)
- Presión de trabajo máxima: 3210 Psi (22.13 Mpa)
- Presión de ruptura: 12840 Psi. (88.5 Mpa)
- Radio mínimo de curvatura: 3.94 pul. (10 mm)
- Temperatura de operación: -40°C a 120° C
- Material: Goma sintética resistente al aceite
- Refuerzo: Una capa de acero de alta resistencia

3.8 Selección de acopes para mangueras

Para realizar las conexiones entre elementos de algún circuito oleohidráulico se realizan por medio de diferentes tipos de accesorios los cuales dependen de la aplicación que realizarán. Para el caso que no se requiere un montaje y/o desmontaje rápido será más conveniente utilizar acoples roscados. En el caso de necesitar acoplar y desacoplar circuitos hidráulicos de manera rápida y frecuente resulta más conveniente utilizar accesorios de acople rápido.

Se optara por el sistema de acoples rápidos. Idóneo para las interconexiones del equipo oleohidráulico, los criterios fundamentales para la selección de estos; es que sean de ¼" NPT y que soporten una presión mínima de 500 Psi (3.44 Mpa).

Con los criterios antes mencionados y la disposición para la adquisición de estos en el mercado, se seleccionan los siguientes acoples rápidos:

- Marca: T&R Hydraulics
- Serie : ISO 7241- 1 B
- Media : ¼"
- Conexión : NPTF
- Presión de trabajo máxima: 5000 Psi. (34.5 Mpa)
- Caudal Normal: 6 Gpm. (0.37 L/m)
- Material: Acero inoxidable AISI 302
- Mecanismo de bola de bloqueo asegurar una conexión fiable y hermética.



Fig. 51 Acoples rápidos NPT ¼"

3.9 Selección y caracterización de cilindros hidráulicos

Las dimensiones de los cilindros se seleccionaran teniendo en cuenta que serán utilizados para fines didácticos y que sean fácil de instalar en los módulos porta elementos. Por lo que seleccionaremos dos cilindros de dimensiones de diámetro, vástago y carrera relativamente pequeña, baja presión y que sea fácil de adquirir en nuestro entorno comercial, por lo que se optó por seleccionar el siguiente cilindro hidráulico de doble efecto.

- Marca: SURPLUS CENTER
- Modelo : 9-1649-06
- Diámetro: 1" (25.4mm)
- Carrera: 6" (153.6 mm)
- Diámetro vástago: ½" pul. (12.7 mm)
- Presión de trabajo máxima: 1500 Psi. (10.34 Mpa)
- Puertos: ¼" NPT.
- Longitud extendida: 12.5" (320mm)



Fig. 52 Cilindro de doble efecto modelo 9-1649-06

Ahora que ya que se conocen las dimensiones y características del cilindro de doble efecto, se analizaran para definir algunas de sus cualidades de

operación. Considerando que la presión máxima que proporciona la bomba es de 500 psi; se trabajara a una presión que es la tercera parte de la presión máxima que soporta por lo que los niveles de seguridad son altos.

$$F = P_{max} A_c \quad (\text{Ecu. 22})$$

$$F = 500 \text{ Psi} * \left(\frac{\pi * 1^2}{4}\right)$$

$$F = 392.7 \text{ Lbs}$$

La velocidad máxima con la que se moverán los vástagos de los cilindros se calcular en base al caudal máximo que se podría proporcionar por la bomba:

Q= 4.14 Gpm que es igual a 15.96 pulgadas cubicas por segundo

$$Q = A * V \quad (\text{Ecu. 23})$$

$$V = Q/A \quad (\text{Ecu. 24})$$

$$V_{\text{extensión}} = 15.96 / \left(\frac{\pi * 1^2}{4}\right) = 20.32 \text{ pul/seg} = 0.52 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{retracción}} = 15.96 / \left(\frac{\pi * 1^2}{4} - \frac{\pi * 0.5^2}{4}\right) = 27.1 \text{ pul/seg} = 0.69 \text{ m/s}$$

3.10 Selección de manómetros

Para la selección de los manómetros se tomara la presión máxima proporcionada por la bomba del sistema la cual es 500 psi. Con características que guarden la máxima seguridad y duración conforme, al trabajo que van a desempeñar. El manómetro seleccionado es el siguiente:

- Presión máxima de escala: 1000 Psi. (6.9 Mpa)
- Modelo: WK8024
- Rango de medición: 0 a 1000 Psi. (0 a 6.9 Mpa)

- Acople : ¼" NPT de bronce
- Caratula: Policarbonato de 2" (50.8 mm)
- Posición: Vertical.
- Disco de seguridad contra ruptura.
- Con glicerina



Fig. 53 Manómetro 2" con glicerina

3.11 Selección del aceite hidráulico

Para aplicaciones particulares como este proyecto no exige cualidades específicas o alguna condición en particular de trabajo más bien se busca que el fluido hidráulico transfiera potencia adecuadamente. Por lo que el principal criterio para la selección de aceite adecuado nos lo darán las especificaciones técnicas que tiene la bomba; donde encontramos que la temperatura de operación requerida es de -29°C a 105°C y Viscosidad mínima de aceite 5.7 cSt a 100°C con esto se elige el aceite que a continuación se describen sus características técnicas:

- Aceite Mobil Nuto H 32

Un aceite Mobil Nuto serie H, es de buena calidad antidesgaste. Aceites hidráulicos destinados a aplicaciones industriales y de servicios móviles, sometidos a condiciones de operación moderadas y que requieren lubricantes antidesgaste. Su resistencia a la oxidación eficaz y estabilidad química apoyan buena vida del aceite de moderada a aplicaciones severas.

Características y Beneficios

- Buen rendimiento antidesgaste ayuda a reducir el desgaste de la bomba y la prolongación de la vida de la bomba.
- Protección contra la corrosión ayuda a reducir los efectos de la humedad en los componentes del sistema
- Filtrabilidad para evitar el bloqueo del filtro incluso en la presencia de agua.

Aplicaciones

- Los sistemas que utilizan bombas de pistones engranes y baja potencia.
- Cuando la contaminación del aceite hidráulico o fugas es inevitable y cuando pequeñas cantidades de agua son inevitables.

Tabla 10. Propiedades de aceite Mobil Nuto H 32

Nuto H 32	
Viscosidad ASTM D445	5.4 cSt a 100°C
Índice de viscosidad , ASTM D2270	104
Densidad 15°C, ASTM D4052	0.872
Punto de fluidez, D97 de ASTM D 92	-24 °C
Punto de inflamación, COC, ASTM D 92	212 °C
Demulsibilidad a 54°C, ASTM D1401	15

3.12 Dimensionamiento del tanque de aceite

Con el fin de determinar la capacidad mínima del tanque, se tomara en cuenta el volumen del aceite contenido en el circuito oleohidráulico con mayor número de elementos e interconexiones, con esto se procederá a dimensionar de la siguiente manera:

- El circuito de la práctica que se ha tomado como base se supondrá que contiene el mayor número de elemento e interconexiones.
- La longitud de mangueras de interconexión, y su medida de enlistan a continuación:

Tabla 11. Longitudes de Mangueras de interconexión, alimentación y descarga

Cantidad	Medida	Longitud	Ubicación
2	¼"	76 cm (30")	Interconexión de elementos
5	¼"	46 cm (18")	Interconexión de elementos
4	¼"	61 cm (24")	Interconexión de elementos
8	¼"	30 cm (12")	Interconexión en T.
2	½"	152 cm (60")	Alimentación y descarga
1	½"	91 cm (36")	Descarga de la bomba
1	1"	30 cm (12")	Succión de la bomba

Con los datos anteriores se procederá a calcular el volumen de aceite que se requiere:

Volumen de aceite en mangueras:

$$Volumen\ de\ aceite\ en\ manguera = Vm = A_m * L_m \quad (Ecu. 25)$$

Dónde:

Am: área de las mangueras

Lm: longitud de manguera promedio

- Longitud total de manguera de 1/4": 342" (8.7 m)
- Longitud total de manguera de 1/2": 156" (4 m)
- Longitud total de manguera de 1": 12" (0.3m)

$$V_{m\ 1/4"} = \left(\frac{\pi * 0.25^2}{4} \right) * 366 = \mathbf{16.8\ pul^3\ (0.28\ lts)}$$

$$V_{m\ 1/2"} = \left(\frac{\pi * 0.5^2}{4} \right) * 42 = \mathbf{30.56\ pul^3\ (0.5\ lts)}$$

$$V_{m\ 1"} = \left(\frac{\pi * 1^2}{4} \right) * 12 = \mathbf{9.42\ pul^3\ (0.15\ lts)}$$

El volumen total de aceite que debe de tener el tanque es la suma de todos los volúmenes de líquido en el sistema, asumiendo que todos los elementos y accesorios estarían llenos de aceite, estos elementos serán las mangueras y los cilindros actuadores, por lo que el volumen total que sería:

$$Volumen\ total = V_{Mangueras} + 2 V_{Cilindro} \quad (\text{Ecu. 26})$$

$$V_{Cilindro} = \left(\frac{\pi * 1^2}{4} \right) * 6" = \mathbf{4.71\ pul^3\ (0.08lts)}$$

Nota: se analiza el volumen de aceite en la cámara cuando está en extensión el pistón, ya que es el que contiene mayor volumen

$$Volumen\ total = (16.8 + 30.56 + 9.42) + 2 * 4.71$$

$$\mathbf{Volumen\ total = 66.2\ pul^3 = 0.3\ galones = 1.08\ lts.}$$

El volumen requerido en el tanque con un factor de seguridad de 5 sería de 1.5 galones, además de tener en cuenta que se debe dejar un espacio para una columna de aire.

3.13 Selección del filtro

Para el filtro se debe de tomar en cuenta la presión de descarga de la bomba y caudal por el que pasara, se recomienda seleccionar uno de mayor presión de operación para mayor durabilidad y limpieza del aceite. También por la naturaleza del sistema es recomendado utilizar un filtro de succión. Así que se selecciona el siguiente filtro hidráulico:

- Marca : STAUFF
- Modelo: 068 - N16F – 140
- Ubicación: Succión de tanque.
- Conexión: 1" NPT
- Superficie de filtrado: 144 pul² (6.45 cm²).
- Taza de flujo máximo: 12 Gpm (0.74 lt/s)
- Rango de temperatura de operación: - 20°C a 100°C
- Material del filtro: acero inoxidable.
- Filtro de : 150 micras



Fig. 54 Filtro STAUFF 068-N16F-140

3.14 Selección de válvulas

La selección de válvulas se hace en función aspectos de requerimientos puntuales de operación para realizar los laboratorios prácticos y funcionalidad tipo de fluido, presiones de trabajo y caudal. Sin dejar de lado que dicho componente pueda ser adquirido en el mercado local.

Por lo que a continuación se muestran todas las válvulas cada una de ellas con sus características específicas de funcionamiento y operación.

3.14.1 Válvula direccional

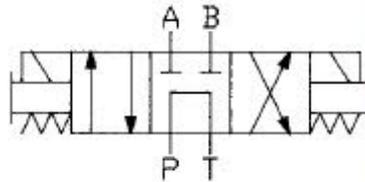


Fig. 55 Símbolo de electroválvula 4/3 con tándem

- Tipo : Direccional 4/3 con tándem
- Marca: EATON
- Modelo: DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61
- Presión de operación: 1500 Psi (10.35 Mpa)
- Presión máxima: 3000 Psi (20.7 Mpa)
- Flujo de control: 3 a 12 Gpm (0.19 a 0.38 L/s)
- Accionamiento: Eléctrico con solenoide
- Voltaje: 24 VDC 30W

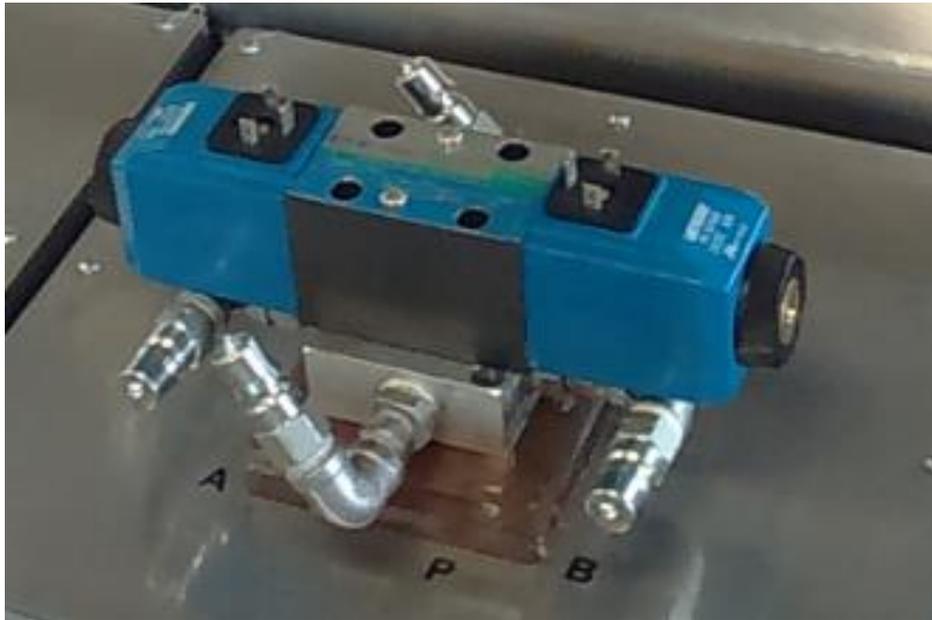


Fig. 56 Electroválvula EATON DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61

3.14.2 Válvulas de control de presión

3.14.2.1 Válvula de alivio

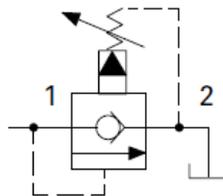


Fig. 57 Símbolo de válvula de alivio

- Tipo: Válvula de cartucho, de alivio tipo piloto, con check revertida
- Marca: EATON VIKERS
- Modelo: RV2-10-S-0-35/
- Rango de regulación: 250 a 3500 Psi (1.7 a 24.1 Mpa)
- Presión máxima: 5000 Psi (34.47 Mpa)
- Flujo de control: 3 a 30 Gpm (0.19 a 1.9 L/s)
- Temperatura de operación: -40°C a 120°C

3.14.2.2 Válvulas limitadoras de presión

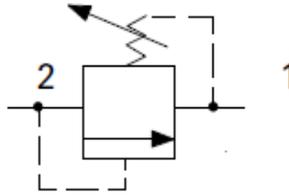


Fig. 58 Símbolo de válvula limitadora de presión

- Tipo: Válvula limitadora de presión de cartucho
- Marca: EATON VIKERS
- Modelo: RV2-10-S-0-35/
- Rango de regulación: 50 a 300 Psi (0.35 a 2.07 Mpa)
- Presión máxima: 3000 Psi. (20.7 Mpa)
- Flujo de control: 20 Gpm (1.26 L/s)
- Temperatura de operación: -40°C a 120°C



Fig. 59 Válvulas de cartucho para control de presión RV2 y RV3

3.14.3 Válvula de control de flujo.

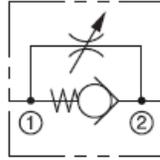


Fig. 60 Símbolo de válvula reguladora de flujo

- Tipo: Válvula reguladora de flujo unidireccional.
- Marca: DELTROL
- Modelo: EF20S
- Medida: ¼" NPTF
- Presión máxima de trabajo: 5000 Psi (34.47 Mpa)
- Flujo de control: 6 Gpm (0.38 L/s)
- Material: Acero al carbono
- Temperatura de operación: -34°C a 93°C



Fig. 61 Válvula reguladora de flujo DELTROL EF20S

3.14.4 Válvula de bloqueo

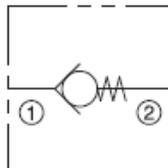


Fig. 62 Símbolo de válvula Check

- Tipo: Válvula Check o antirretorno
- Marca: DELTROL
- Modelo: EC20S
- Medida: ¼" NPTF
- Presión máxima de trabajo: 5000 Psi (34.47 Mpa).
- Flujo de control: 6 Gpm (0.38 L/s).
- Material: Acero al carbono
- Temperatura de operación: -34°C a 93°C



Fig. 63 Válvula check DELTROL EC20S

3.15 Accesorios de Conexión

3.15.1 Placa de conexión para válvula direccional

- Marca: DAMAN
- Modelo: AD03SPS4P
- Material: Aluminio
- Presión máxima de trabajo: 3000 Psi (20.7 Mpa)
- Conexión: NPTF
- Conexión: 3/8"



Fig. 64 Placa de conexión DARMAN AD03SPS4P

3.15.2 Carcasa para válvulas de cartucho

- Marca: EATON Vickers
- Modelo: 566201 (20055A)
- Material: Aluminio
- Presión máxima de trabajo: 3000 Psi (20.7 Mpa)
- Medida: ¼" NPTF



Fig. 65 Carcasa para Válvula de Cartucho EATON Vickers

3.15.3 Accesorios de interconexión

El principal criterio para la selección de los elementos de interconexión entre los accesorios hidráulicos y las mangueras con conectores de acople rápido, es que estos componentes sean NPT 1/4" y que soporten una presión de trabajo entre 500 y 1500 Psi, que es la presión de operación y presión máxima de trabajo de la mayoría elementos que operan en los circuitos; por lo que con estos criterio se hace contar el pleno funcionamiento y seguridad en la operación del entrenador.

Tabla 12. Accesorios de interconexión de equipo oleohidráulico

Accesorio	Medida		Características
Tapón	NPT 1/4"		Material : Acero Inoxidable AISI 304 Presión máxima: 3000 Psi.
Niple todo rosca	NPT 1/4"		
Niple roscado con hexágono	NPT 1/4"		
Reductor	NPT 3/8" a 1/4"		
Codo	NPT 1/4"		

3.16 Selección de fuente de alimentación

El criterio de selección de la fuente de alimentación, son las especificaciones de alimenticio necesaria para accionar las dos direcciones de la electroválvula 4/3, los requerimientos necesario para su operación optima es que sea una fuente que proporcione 24 V, corriente directa y 30 W. Con lo antes mencionado y la disocian de adquiriera una ene le mercado nacional, selección de la siguiente fuente de poder:

- Marca: Techman
- Modelo: TPS - 2405
- Voltaje de entrada : 100 – 120 V
- Voltaje de salida: DC 24 V
- Amperios: 5 A
- Frecuencia: 50 – 60 Hz
- Cantidad de salida: 2



Fig. 66 Fuente de corriente directa de 24V y 5 amperios.

4. CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS Y ACCESORIOS DEL EQUIPO PRACTICO OLEOHIDRÁULICO.

En el proceso de construcción y montaje de diversos elementos del equipo de prácticas oleohidráulicas, se utilizaron una serie de materiales que son los adecuados y cumplen con los requerimientos que garantizan su óptimo funcionamiento; para el proceso de fabricación se utilizó diversa maquinaria y herramientas para elaborar cada elemento auxiliar del sistema.

El proceso de fabricación se dividió en cuatro partes, con un orden lógico para su ensamble y posterior puesta en marcha, siendo estos:

- Estructura metálica (estructura base para almacenamiento y montaje de módulos)
- Módulos (elemento que contiene las parte hidráulicas para practicas)
- Tanque (unidad de almacenamiento de aceite y base de unidad de poder)
- Accesorio de conexión y montaje.

A continuación se describe detalladamente la cantidad de materia prima utilizada para cada uno de los elementos elaborados y su proceso de fabricación.

4.1 Construcción de la estructura metálica.

Equipos y herramientas utilizados para la elaboración de la estructura metálica:

- Marco con sierra
- Cinta Métrica
- Escuadra
- Limas planas
- Taladro de mano
- Pulidora manual
- Esmeril
- Presa de banco

- Brocas
- Tenaza de presión
- Nivel
- Martillo
- Rayadores
- Pie de rey
- Soldadora MIG
- Soldadura TIG

Tabla 13. Inventario de material para elaboración de estructura metálica

No.	Materia	Cantidad
1	Tubo estructural rectangular de 2"x1" chapa 14	5
2	Tubo estructural cuadrado de 1" chapa 14	4
3	Lámina de hierro 1 mm.	3
4	Lámina de acero inoxidable de 1mm	1
5	Angulo de hierro de 1" x 5mm	1
6	Chapa para gavetas	5
7	Juego de rieles de 24"	5
8	Haladera cromadas	5
9	Pernos y tueras de 3/8" x 2"	4
10	Pernos y tueras de 1/4" x 2"	8
11	Tornillo punta broca 1/8" (ciento)	1
12	Thinner corriente (galón)	2
13	Base anticorrosiva (¼ galón)	2
14	Pintura anticorrosiva de uso industrial	2
15	Lija para hierro 100	5

La elaboración de la estructura metálica del equipo se realizó siguiendo el siguiente orden de procesos.

1. Corte de material
2. Corroboración de medidas de piezas
3. Soldadura de piezas de la estructura
4. Elaboración de estructura de gavetas
5. Montaje de chapas y haladera
6. Ensamblaje de rieles para gavetas.
7. Corte de lámina protectora.

8. Taladrado de agujeros para sujeción de elementos
9. Colocación de pernos
10. Lijado de estructura
11. Proceso de limpieza
12. Colocación de base anticorrosiva
13. Colocación de pintura anticorrosiva de uso industrial



Fig. 67. Proceso de elaboración de estructura metálica del equipo de prácticas oleohidráulicas

4.2 Construcción de los Módulos

Equipo y herramientas utilizados para elaboración de Módulos:

- Marco con sierra
- Cinta Métrica
- Escuadra
- Limas planas
- Taladro banco
- Pulidora manual

- Esmeril
- Presa de banco
- Brocas
- Tenaza de presión
- Martillo
- Rayadores
- Pie de rey
- Soldadora MIG

Tabla 14. Inventario de material para elaboración de módulos

N°	Materia	Cantidad.
1	Tubo estructural cuadrado de 1" chapa 14	1
2	Lamina de acero inoxidable de 1.5 mm	1
3	Broca te titanio 5/32"	1
4	Perno de 5/32" milimétrico (ciento)	1
5	Thinner corriente (botella)	1
6	Base anticorrosiva (¼ galón)	1
7	Pintura anticorrosiva de uso industrial	1
8	Lija para hierro 100	2

La elaboración de los módulos porta elementos del equipo se realizó siguiendo el siguiente orden de procesos.

1. Corte de material
2. Corroboración de medidas de piezas
3. Soldadura de módulos (5 módulos)
4. Corte de lámina de acero inoxidable
5. Taladrado de agujeros para sujeción de elementos y lámina
6. Colocación de pernos
7. Lijado de estructura
8. Proceso de limpieza
9. Colocación de base anticorrosiva
10. Colocación de pintura anticorrosiva de uso industrial



Fig. 68. Proceso de elaboración de módulos del equipo de prácticas oleohidráulicas

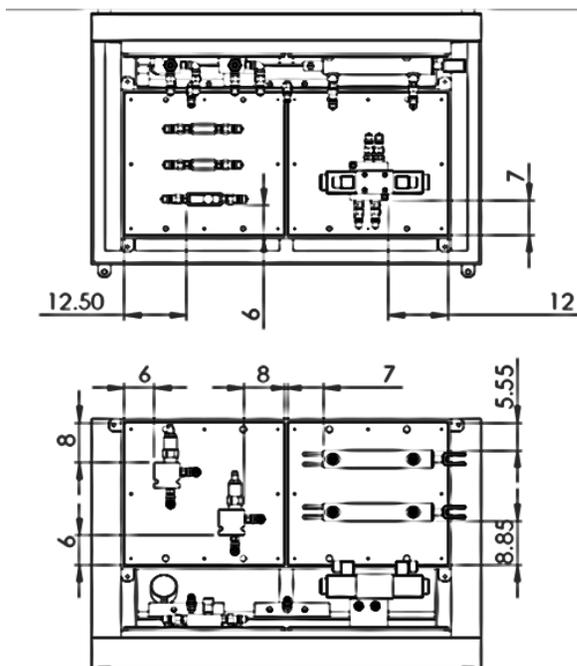


Fig. 69 Ubicación de elementos hidráulicos dentro de módulos, cotas en cm.

4.3 Construcción del tanque

Equipo y herramientas utilizados para elaboración del tanque:

- Marco con sierra
- Cinta Métrica
- Escuadra
- Limas planas
- Taladro de banco
- Pulidora manual
- Esmeril
- Presa de banco
- Brocas
- Tenaza de presión
- Nivel
- Martillo
- Rayadores
- Pie de rey
- Soldadora MIG
- Comparador de Caratula
- Equipo de corte por plasma

Tabla 15. Inventario de material para elaboración de estructura metálica

No.	Material	Cantidad
1	Lámina de hierro 5 mm.	1
2	Angulo de hierro de 2" x 5mm	1
3	Pernos y tuercas de 1/4" x 2"	6
4	Pliego de hule negro	1
5	Tacos de goma de 1"	2
6	Ruedas de 3" de goma	2
7	Caño negro de 1"	1
8	Tubería de 1/8" galvanizada	1
9	Thinner corriente (Botella)	1
10	Base anticorrosiva (¼ galón)	1
11	Pintura anticorrosiva de uso industrial	1
12	Lija para hierro 100	3

La elaboración del tanque que alimenta el equipo se realizó siguiendo el siguiente orden de procesos.

1. Corte de lámina y material de tapadera
2. Corroboración de medidas de piezas
3. Soldadura de piezas laterales y base del tanque
4. Elaboración de estructura de tapadera y soporte de bomba
5. Colocación y soldadura de deflectores
6. Elaboración y ensamblaje de ductos de retornos de aceite
7. Colocación de empaque para sellos
8. Taladrado de agujeros para sujeción de tapadera
9. Ensamblaje de ducto de entrada de aire
10. Ensamble de soportes de goma y ruedas
11. Lijado de estructura
12. Proceso de limpieza
13. Colocación de base anticorrosiva
14. Colocación de pintura anticorrosiva de uso industrial



Fig. 70. Unidad de poder y Tanque finalizado para equipo de prácticas oleohidráulicas

4.4 Accesorios de construcción y montaje

Para ejecutar los montajes tanto entre elementos mecánicos e hidráulicos se construyó algunas piezas para el funcionamiento óptimo del sistema y para la distribución correcta de los elementos, ya que como se ha mencionado el equipo

de practica oleohidráulica está elaborado con elementos industriales los cuales alguno en algunos casos, no cuenta con métodos de sujeción para adaptarlos a los módulos, ello permitirá al practicante tener fácil acceso y manejo de los mismo, a continuación se describen los elementos que se elaboraron y el propósito para el cual fue construido.

Tabla 16. Inventario de accesorios construidos

Elemento	Ubicación y/o Uso
Acople	Elemento ubicado entre el motor eléctrico y bomba
Reductor de succión	Niple de Conexión entre al filtro y succión de la bomba
Reductor de descarga	Niple de Conexión entre la descarga de la bomba y el distribuidor
Distribuidor	Elemento donde se encuentra montada la válvula de alivio, válvula de bypass y alimentación de equipo.
Manifold de entrada	Elemento donde se conectan los elementos que se desean alimentar dentro del circuito hidráulico
Manifold de entrada	Elemento donde se conectan los componentes que se desean descargar de fluido, luego de pasar por el circuito hidráulico
Soporte de actuadores	Elemento que fija los cilindros de doble efecto con el módulo porta elemento.
Soporte de válvula de caudal	Elemento que fija la válvula reguladora de caudal con el módulo porta elemento.

Equipo y herramientas utilizadas para elaboración de estos accesorios:

- Marco con sierra
- Cinta Métrica
- Escuadra
- Limas planas
- Taladro de banco
- Presa de banco
- Brocas
- Broca de centrar

- Martillo
- Rayadores
- Pie de rey
- Comparador de Caratula
- Torno
- Fresadora
- Machuelos UNF y NPT
- Porta machuelos

Tabla 17. Inventario de materiales para la elaboración de la estructura metálica

No.	Material	Cantidad
1	Barra cuadrada 1 ¼" de acero AISI 1012	1
2	Eje de 1 ½" de Acero AISI 1020	1
3	Thinner corriente (Botella)	1
4	Base anticorrosiva (¼ galón)	1
5	Pintura anticorrosiva de uso industrial (cuarto)	1

La elaboración los accesorios del equipo se realizaron siguiendo el siguiente orden de procesos.

1. Corte de material
2. Corroboración de medidas de piezas
3. Montaje y maquinado en torno
4. Rayado de distancia
5. Taladrado
6. Elaboración de rosca con machuelos NPT y UNF (según requerimiento)
7. Lijado y limado de piezas
8. Proceso de limpieza
9. Colocación de base anticorrosiva
10. Colocación de pintura anticorrosiva de uso industrial

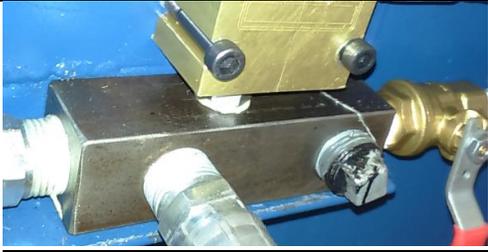
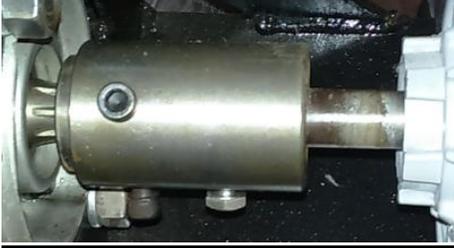
	<p>Distribuidor</p>
	<p>Manifold</p>
	<p>Base de válvula de caudal.</p>
	<p>Sopletes de cilindros</p>
	<p>Reductores de succión y descarga</p>
	<p>Acople entre motor eléctrico y bomba hidráulica</p>

Fig. 71 Imágenes de piezas accesorios terminados y su ubicación.

4.5 Ensamble final del equipo de prácticas oleohidráulicas



Fig. 72 Equipo para realizar prácticas oleohidráulicas.

Características generales:

- Presión máxima 500Psi.
- Capaz de alimentar un equipo adicional para pruebas.
- Capacitada del tanque 5 galones.
- Unidad de poder, apta para otro tipo de sistemas hidráulicos.

5. GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN EL EQUIPO OLEOHIDRÁULICO.

A continuación, se presentan algunas alternativas de ejercicios que pueden ser realizados en el banco de prueba oleohidráulico, con las que se busca guiar al estudiante en el manejo del equipo; vale destacar que no son las únicas prácticas que se podrían realizar en el equipo oleohidráulico, pero con estas se harán pruebas mediante las cuales se podrá visualizar el óptimo funcionamiento del sistema.

En cada una de las guías, se indica el objetivo que se busca con cada ejercicio, sus actividades, y planteamiento de algunas preguntas, con el fin de corroborar el aprendizaje de la práctica y familiarizar al alumno con los distintos componentes, además de que pueda considerar cuáles son sus posibles usos y presenciar su efecto. Con esto el alumno podrá darse cuenta, paso a paso del funcionamiento de un sistema oleohidráulico, podrá crear nuevos circuitos, y hacer una comparación con otros sistemas oleohidráulico como puede ser una maquinaria pesada, u otro sistema empleado en la mayoría de las industrias.

5.1 Metodología

Para la elaboración del formato que sirve de base para la construcción de guías, se presenta el nombre de la práctica y su objetivo. Posteriormente se describe por medio de una imagen el circuito en una forma breve, luego se muestra el listado de componentes necesarios de esta, para la construcción de dicho circuito, procedimiento y funcionamiento. Y finalmente se concluye con una serie de preguntas con respecto a la práctica. Cabe destacar que en cada una de ellas se resalta las medidas de seguridad para evitar accidentes, con cada una de las configuraciones a desollar.

Tabla 18. Contenido y estructura de las guías de laboratorio

Contenido de guías
<ul style="list-style-type: none">• Título de la práctica• Objetivos de la práctica• Equipo• Discusión del problema• Procedimiento del experimento• Procedimiento del ejercicio• Tablas de resultados• Preguntas• Conclusiones

5.2 Lista de guías de laboratorio

El orden de las guías esta dado de forma ascendente en cuanto al grado de dificultad, complejidad de elaboración y análisis, para que el estudiante tenga pleno conocimiento del manejo y uso de componentes del entrenador.

A continuación nombraremos las guías de laboratorio:

- 1) Identificación y caracterización de componentes del equipo oleohidráulico.
- 2) Verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal y una limitadora de presión.
- 3) Control de un cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem.
- 4) Regulación de flujo de entrada y salida de un cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem.
- 5) Accionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en paralelo accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem.
- 6) Accionamiento y control de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en serie accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem.

Práctica No. 1

Identificación y caracterización de componentes del equipo oleohidráulico

1. OBJETIVOS

- Identificar y familiarizarse con los componentes del equipo oleohidráulico.
- Lograr utilizar la Unidad de Fuerza, el Panel y sistema de conexión de una manera apropiada para llevar a cabo los ejercicios proporcionados.

2. DISCUSION

2.1 LA UNIDAD DE FUERZA Y TABLERO HIDRÁULICO

La Unidad de Fuerza comprende los siguientes componentes:

1. DEPOSITO: Mantiene y almacena el fluido hidráulico necesario para funcionamiento adecuado de circulación del sistema.
2. BOMBA DE ACEITE: proporciona la presión al sistema y es accionada por un Motor Eléctrico.
3. VALVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN: es la válvula de seguridad del sistema, es la que limita al valor máximo de presión a la que opera el sistema.
4. CONEXIONES DE PRESIÓN DE SALIDA (3): Es usado para la distribución de aceite. Proveen la presión requerida para los experimentos.
5. CONEXIONES DEL TANQUE DE RETORNO (3) Usadas para retornar el aceite utilizado al depósito.
6. MANÓMETRO - Indica la presión de salida de la bomba y de operación.
7. INTERRUPTOR ELÉCTRICO: Es usado para activar y desactivar la potencia eléctrica (Motor).
8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN: proporciona el voltaje a los elementos eléctricos del sistema.
9. MANGUERAS DE INTERCONEXIÓN: utilizadas para conectar y trasportar el fluido de una elemento a otro.
10. CONECTORES EN T: Usadas para conexiones paralelas de fluido entre componentes.

3. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

- a) Examine detalladamente la UNIDAD DE FUERZA. Localice cada uno de los componentes arriba mencionados.
- b) Estudie detalladamente el TABLERO HIDRÁULICO. Localice cada componente y conector arriba mencionado.
- c) Ponga atención a las varias localizaciones. Esto le ayudará a llevar a cabo el experimento de una manera apropiada.
- d) ¿Qué aceite es el que contiene el sistema : _____
- e) Encienda la unidad de poner y mida la presión que mide el manómetro: _____ Psi
- f) Caracterice los siguientes componentes:

N°	Elemento	Características
1	Motor eléctrico	Marca: Modelo: Tipo de motor: Potencia : Número de polos: RPM:
2	Bomba de aceite	Volumen desplazado: Presión que proporciona:
3	Válvula de alivio	Marca: Modelo: Material: Rango de presión:
4	Manómetro:	Rango de presión:
5	Acoples roscados	Material: Medida: Presión máxima:
6	Acoples Rápidos	Material: Medida: Presión máxima:

N°	Elemento	Características
7	Mangueras de interconexión	Tamaño: Presión máxima: Presión de ruptura: No. de capas: Material:
8	Tanque	Volumen: Tipo de aceite : Tipo de filtro:

4. PREGUNTAS

1. ¿Por qué es necesario medir las presiones, a la entrada y salida de los componentes?
2. ¿Cuáles son las características del aceite hidráulico que se está utilizando?
3. ¿Por qué son necesarias las válvulas de alivio?
4. ¿Qué medias de mangueras hidráulicas posee el entrenador?
5. ¿Cuáles son las velocidades recomendadas a la entrada y salida de la bomba?
6. ¿Mencione 5 elementos usados en un sistema hidráulico?
7. ¿Cuál es el caudal proporcionado por la bomba?
8. ¿Qué elemento del banco son los más vulnerables a la ruptura o a falla, y por qué?

Práctica No. 2

Verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal y una limitadora de presión

1. OBJETIVOS

Al completar este ejercicio, usted habrá aprendido a:

- Explicar el método de verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal.
- Explicar el método de verificación y ajuste de una válvula limitadora de presión.
- Construir un circuito hidráulico para el procedimiento de verificación, llevar a cabo la verificación, el ajuste formulando, y posteriormente plantear conclusiones.

2. EQUIPO

1	Unidad de Fuerza
1	Panel de Accionamiento
1	Válvula reguladora de caudal
1	Válvula limitadora de presión
1	Manómetro
1	Conector en T
1	Juego de mangueras con Conexión Rápida.
1	Cronómetro

3. DISCUSIÓN

Para asegurar las condiciones apropiadas de accionamiento en un circuito hidráulico es siempre necesario llevar a cabo verificaciones y ajuste de varios componentes hidráulicos de acuerdo a los resultados. Anteriormente se estudió el funcionamiento y características de los principales componentes del equipo. Ahora nos enfocaremos en el funcionamiento de una Válvula Reguladora de flujo y limitadora de presión, para lo cual se proporciona el siguiente circuito.

- g) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de **250 a 450** Psi.
- h) Asegúrese, que la válvula reguladora de caudal este completamente cerrada.
- i) Asegúrese, que la válvula limitadora de presión este al mínimo (50 psi).
- j) Coloque la presión deseada en la válvula limitadora de presión.
- k) Gire la válvula reguladora de caudal, según los niveles de colores y mida el tiempo que tarda en llegar a la presión deseada.
- l) Repita los pasos j y k con diferentes presiones, y coloque los resultados en la siguiente tabla según se indican.

Presión \ Nivel	Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado

Caracterice los siguientes componentes:

N°	Elemento	Características
1	Válvula reguladora de caudal	Marca: Modelo: Niveles de regulación: Presión máxima de operación:
2	Válvula limitadora de presión	Marca: Modelo: Material: Rango de presión:

5. PREGUNTAS

1. ¿Cuándo se abre la Válvula limitadora de Presión y qué influencia tiene su punto de apertura?
2. ¿Cuándo se cierra la Válvula limitadora de Presión?
3. ¿La válvula reguladora de caudal puede controlar la presión?
4. ¿Puede operar el circuito en un sentido de circulación opuesto, por qué?
5. ¿Podríamos determinar el caudal que está circulando en el sistema, cómo?

Práctica No.3

Control de un cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem

1. OBJETIVO

- Construir y operar un circuito hidráulico para controlar un cilindro de doble efecto por medio de electroválvula.
- Explicar el funcionamiento y uso de una Válvula 4/3 vías Direccional con Centro en Tándem en un Circuito Hidráulico.
- Construir y accionar un Circuito Hidráulico de acuerdo al diagrama proporcionado.

2. EQUIPO

- | | |
|---|--|
| 1 | Cilindro de doble efecto |
| 1 | Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem |
| 1 | Unidad de poder |
| 1 | Juego de mangueras con conexión rápida |
| 1 | Manómetro |
| 1 | Fuente de corriente directa a 24 v |

3. DISCUSIÓN

En un Cilindro de Doble Efecto el movimiento del Pistón puede ejercer una fuerza en una u otra dirección. El movimiento es causado por la presión del aceite aplicada a una u otra cara del embolo según se exija. Los Cilindros de doble efecto son usados para ejercer una fuerza con el movimiento en una de las dos direcciones opuestas.

La Válvula 4/3 Vías Direccional con Centro en Tándem, es usada en circuitos hidráulico para control de Cilindros de Doble Efecto o motores hidráulicos. La válvula tiene cuatro vías y tres posiciones. En su posición central hay un paso libre entre las compuertas P y T, mientras que las compuertas A y B están cerradas. (Entre las compuertas P y T hay un flujo sin presión).

El presente circuito, simula un sistema en el cual se moverá el pistón del cilindro de doble efecto, al ser accionado este permite que el aceite fluya de forma presurizada y de esta manera el cilindro se mueva libremente. Cuando la electroválvula es activada por la fuente de poder del lado derecho entonces el aceite fluye y hace que el pistón se extienda, al accionar la electroválvula del lado izquierdo el aceite fluye y hace que el cilindro se retraiga.

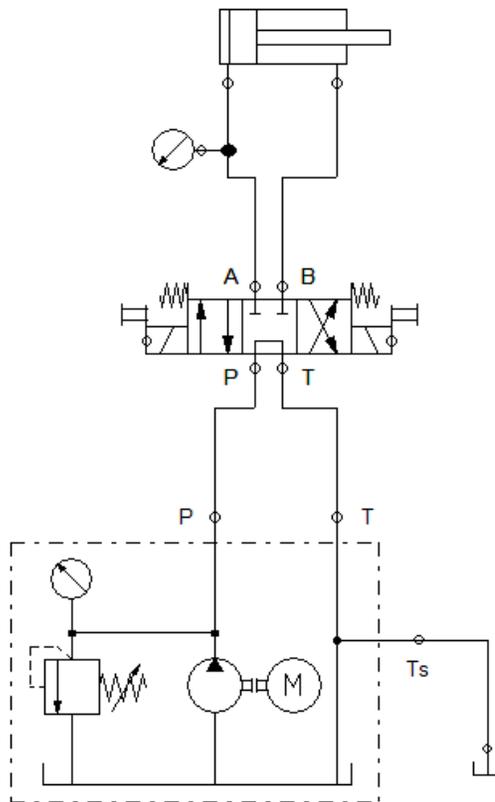


Fig. Diagrama del circuito GL3

4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

4.1 REGLAS DE SEGURIDAD

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la Unidad de Fuerza esté en la posición OFF y el manómetro indique 0 Psi.
- b) Siempre pida autorización a su Instructor antes de activar la Unidad de Fuerza.

4.2 PROCEDIMIENTO DEL EJERCICIO

- a) Estudie detalladamente el Diagrama del Circuito Hidráulico dado

- b) Construya el Circuito Hidráulico presentado en el Diagrama GL3.
- c) **NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.
- d) Encienda la Unidad de Fuerza.
- e) Ajuste la Válvula de alivio de Presión a la presión 250 a 450 Psi.
- f) Apriete con cuidado el perno de ajuste de la Válvula de alivio de Presión.
- g) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de 250 a 450 Psi.
- h) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.
- i) Actué la válvula de control direccional de tal forma que se presurice el puerto A, obsérvese la velocidad de extensión del pistón, hasta que finalice la carrera.
- j) Actué la válvula de control direccional de tal forma de que se presurice el puerto B, observe la velocidad de retracción y compárela con la velocidad de extensión.
- k) Desenergicé el sistema.
- l) Desconecte la fuente de corriente directa
- m) Desarme el circuito.
- n) Comente los resultados observados.
- o) Caracterice el siguiente componente:

N°	Elemento	Características
1	Cilindro hidráulico de doble efecto	Presión máxima de operación: Carrera: Diámetro del cilindro Diámetro del vástago

5. PREGUNTAS.

1. ¿Por qué la velocidad de retracción del pistón es más rápida que la de extensión del pistón?
2. ¿Considerando las dos caras del Pistón? ¿En qué cara la presión del aceite ejercerá una fuerza mayor? Explique por qué.
3. ¿Cómo haría para que se incrementara la velocidad del pistón del cilindro?
4. ¿Qué pasaría, si la válvula de control se sustituye por otra de 4 vías, 3 posiciones, con condición de centro cerrado?
5. ¿Qué ocurre cuando la electroválvula está en su posición central?
6. ¿Por qué se desplaza el Pistón cuando la válvula estaba en su posición central?

Práctica No.4

Regulación de flujo de entrada y salida en cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem

1. OBJETIVO

- Construir y accionar un Circuito Hidráulico de acuerdo con un diagrama dado.
- Explicar los métodos de regulación del flujo primario y secundario en un circuito hidráulico.

2. EQUIPO

- 1 Cilindro de doble efecto
- 1 Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
- 1 Unidad de poder
- 1 Juego de mangueras con conexión rápida.
- 1 Manómetro
- 1 Fuente de corriente directa a 24 v
- 1 Válvula reguladora de caudal

3. DISCUSIÓN

Al regular el Flujo Primario, el caudal hacia el Actuador es mantenido constante. En los sistemas hidráulicos el control del flujo y la cantidad de éste es importante, acorde a la función que pueden desempeñar estas variaciones, ya que tienen relación directa con la velocidad de avance.

El presente circuito simula un sistema, en el cual se moverá el pistón del cilindro de doble efecto, al ser accionado este permite que el aceite fluya de forma presurizada y de esta manera el cilindro se mueva libremente variando el paso de flujo por medio de la válvula reguladora de caudal. Cuando la electroválvula es activada por la fuente de poder del lado derecho entonces el aceite fluye y hace que el pistón se extienda, al accionar la electroválvula del lado izquierdo el aceite fluye y hace que el cilindro se retraiga.

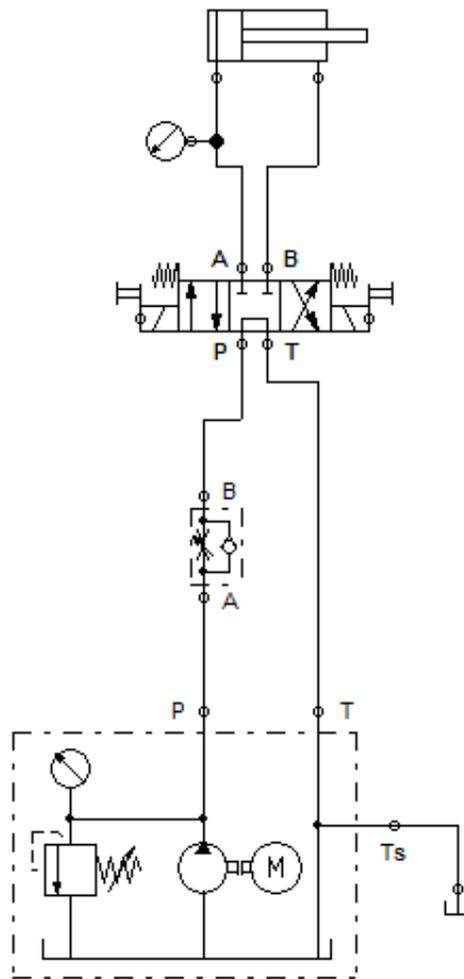


Fig. Diagrama del circuito GL4

4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

4.1 REGLAS DE SEGURIDAD

- c) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese de que la Unidad de Fuerza esté en la posición OFF y el manómetro indique 0 Psi.
- d) Siempre pida autorización a su Instructor antes de activar la Unidad de Fuerza.

4.2 PROCEDIMIENTO DEL EJERCICIO

- a) Estudie detalladamente el Diagrama del Circuito Hidráulico que se le ha proporcionado
- b) Construya el Circuito Hidráulico presentado en el Diagrama GL4.
- c) **NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.

- d) Encienda la Unidad de Fuerza.
- e) Ajuste la Válvula de alivio de Presión a la presión **250 a 450** Psi.
- f) Apriete con cuidado el perno de ajuste de la Válvula de alivio de Presión.
- g) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de **250 a 450** Psi.
- h) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.
- i) Ajuste la válvula reguladora de caudal al nivel rojo
- j) Active la válvula de control direccional de tal forma que se presurice el puerto A, observe la velocidad de extensión del pistón, hasta que finalice la carrera.
- k) Mida el tiempo en que se tarda en extender el pistón.
- l) Active la válvula de control direccional de tal forma de que se presurice el puerto B, observe la velocidad de retracción y compárela con la velocidad de extensión.
- m) Mida el tiempo en que se tarda en retraer el pistón.
- n) Coloque en la posición de tándem la electroválvula. (posición central)
- o) Repita los pasos e, f, g, h, i, j con los distintos niveles de ajuste de la válvula reguladora de caudal. Y coloque los tiempos en la siguiente tabla:

Nivel	Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
Movimiento					
Extensión					
Retracción					

- p) Desenergice el sistema
- q) Desconecte la fuente de corriente directa
- r) Desarme el circuito
- s) Comente los resultados observados
- t) Calcule el caudal para cada uno de los tiempos medidos

5. PREGUNTAS

1. ¿De qué otra forma podríamos controlar la velocidad extensión y retracción?
2. ¿Tendríamos los mismos resultados si colocamos la válvula reguladora de caudal entre el puerto A de la electroválvula y la entrada de cilindro? Explique Por qué
3. ¿Mención en que mecanismo podríamos ocupar este tipo de regulación?
4. ¿Necesitaríamos una válvula check en el sistema en estudio?

Practica No. 5

Accionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en paralelo, accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem

1. OBJETIVOS

Al completar este ejercicio, usted habrá aprendido a:

- Explicar el accionamiento de un circuito conectado en paralelo con dos cilindros de doble efecto, usando electroválvula 4/3 con centro en tándem.
- Explicar la relación entre la presión fijada y el accionamiento en paralelo.
- Construir, accionar y ajustar un circuito hidráulico en que dos cilindros de doble efecto están conectados en paralelo.

2. EQUIPO

2	Cilindro de doble efecto
1	Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
1	Unidad de poder
1	Juego de mangueras con conexión rápida
1	Manómetro
1	Fuente de corriente directa a 24 v
2	Conectores en T

3. DISCUSIÓN

El siguiente circuito hidráulico, simula un sistema en donde dos cilindros de doble efecto están trabajando en paralelo. Los cilindros, simulan un dispositivo de sujeción, como el que podríamos encontrar en una prensa hidráulica. Al energizar de la válvula 4/3 para que el flujo pase por el puerto A, hace que los dos pistones se muevan simultáneamente hacia sus posiciones A+, y cuando se acciona el puerto B de la electroválvula, los cilindros se moverán en el sentido contrario A-.

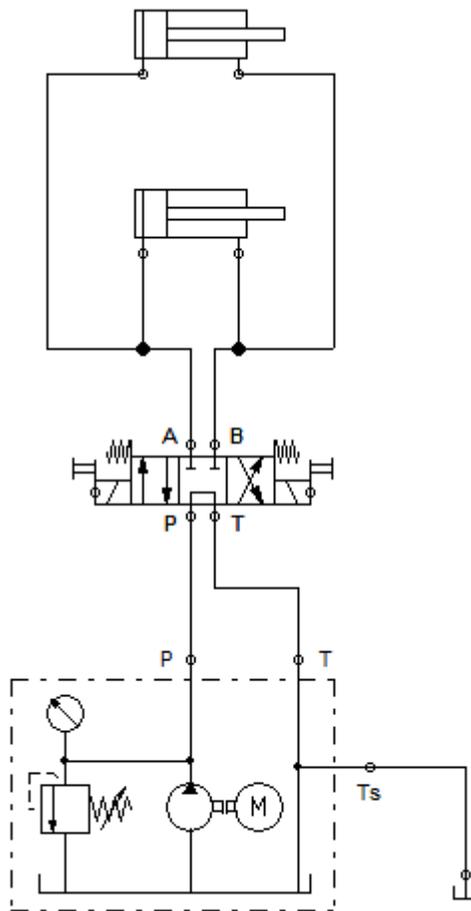


Fig. Diagrama del circuito GL5

4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

4.1 REGLAS DE SEGURIDAD

- Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la Unidad de Fuerza esté en la posición OFF y el manómetro indique 0 Psi.
- Siempre pida autorización a su Instructor antes de activar la Unidad de Fuerza.

4.2 PROCEDIMIENTO DEL EJERCICIO

- Estudie detalladamente el Diagrama del Circuito Hidráulico proporcionado
- Construya el Circuito Hidráulico presentado en el Diagrama GL5.
- NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.
- Encienda la Unidad de Fuerza.
- Ajuste la Válvula de alivio de Presión a la presión **250 a 450** Psi.

- f) Apriete con cuidado el perno de ajuste de la Válvula de alivio de Presión.
- g) Asegúrese, de que el sistema produzca la presión de **250 a 450** Psi.
- h) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.
- i) Active la Válvula 4/3 vías, la línea que simula el alimentador se moverá hacia A+ los dos cilindros.
- j) Mida la presión en ese punto.
- k) Libere la válvula 4/3 vías al punto medio.
- l) Operé la válvula de control direccional, de tal forma de que se presurice el puerto B, y los dos pistones se retraigan hacia suposición A-, observe la velocidad de refracción y compárela con la velocidad de extensión.
- m) Mida la presión en ese punto.
- n) Libere la válvula 4/3 vías, al punto medio.
- o) Repita los pasos i – n con dos presiones diferentes a la original.
- p) Observe:
 - Tiempo de accionamiento de los pistones.
 - Velocidades de los pistones en cada dirección.
- q) Caracterice el siguiente componente:

N°	Elemento	Características
1	Electroválvula 4/3 Con tándem	Presión máxima de operación: Voltaje: Modelo. Marca:

5. PREGUNTAS

1. ¿Podríamos utilizar este circuito para simular una estampadora?
2. ¿Cuál es el objetivo de la conexión en T?
3. ¿Qué tipo de válvula de flujo podríamos ocupar, para sustituir la conexión en T?
4. ¿Si el cilindro 2 tuviera una carga externa, seguirían teniendo ambos cilindros el mismo tiempo de final de carrera?
5. Calcule la fuerza de sujeción que tendía la prensa.

Practica No. 6

Accionamiento y control de cilindros hidráulicos de doble efecto, conectados en serie y activados por electroválvula 4/3

1. OBJETIVOS

Al completar este ejercicio, usted habrá aprendido a:

- Explicar el accionamiento y regulación, de un circuito conectado en serie con dos cilindros de doble efecto.
- Explicar la relación entre la presión fijada y el accionamiento en serie.
- Construir, accionar y ajustar un circuito hidráulico en que dos cilindros de doble efecto están accionando en serie.
- Conocer, el funcionamiento de una válvula check.

2. EQUIPO

2	Cilindros de doble efecto
1	Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
1	Unidad de poder
1	Juego de mangueras con conexión rápida
1	Manómetro
1	Fuente de corriente directa a 24 v
4	Conectores en T
2	Válvulas limitadoras de presión
2	Válvulas Check

3. DISCUSIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

El presente circuito hidráulico, simula un sistema en que dos cilindros de doble efecto están trabajando en serie. Un cilindro de doble efecto simula un dispositivo de alimentación y el otro simula un dispositivo de estampado. La activación de la válvula 4/3 vías en el puerto A hace que el pistón 1 comience a extenderse, simulando la alimentación y sujeción de una pieza; una vez el pistón uno alcance la presión deseada, se debe de comenzar a extender el pisto 2, simulando este el estampado de la pieza.

Una vez este procedimiento concluya y llegue a la presión deseada, se debe cambiar de posición la electroválvula hacia el puerto B, con lo cual se debe retraer el pistón 2 (pistón de estampado) y luego el pistón 1 (pistón de alimentación y sujeción) el cual debe liberar la pieza trabajada.

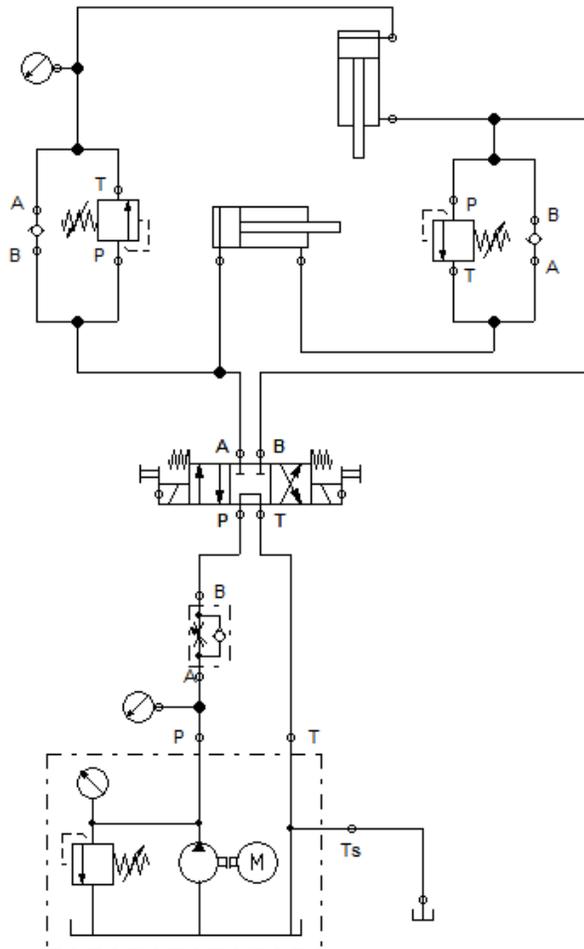


Fig. Diagrama del circuito GL6

4. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

4.1 REGLAS DE SEGURIDAD

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la Unidad de Fuerza esté en la posición OFF y el manómetro indique 0 Psi.
- b) Siempre pida autorización a su Instructor antes de activar la Unidad de Fuerza.

4.2 PROCEDIMIENTO DEL EJERCICIO

- a) Estudie detalladamente el Diagrama del Circuito Hidráulico proporcionado
- b) Construya el Circuito Hidráulico presentado en el Diagrama GL6.
- c) **NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los componentes.
- d) Encienda la Unidad de Fuerza.
- e) Ajuste la Válvula de alivio de Presión a la presión **250 a 450** Psi.
- f) Apriete con cuidado el perno de ajuste de la válvula de alivio de presión.
- g) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de **250 a 450** Psi.
- h) Ajuste las válvulas limitadoras de presión a una presión **50 a 300** Psi.
- i) Apriete con cuidado el perno de ajuste de la válvula limitadora de presión.
- j) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.
- k) Ajuste la válvula reguladora de caudal al nivel rojo
- l) Actué la válvula de control direccional de tal forma que se presurice el puerto A, obsérvese la velocidad de extensión del pistón, hasta que finalice la carrera.
- m) Mida el tiempo en que se tarda en extender el pistón 1 y pistón 2.
- n) Actué la válvula de control direccional de tal forma de que se presurice el puerto B, observe la velocidad de retracción y compárela con la velocidad de extensión.
- o) Mida el tiempo en que se tarda en retraerse el pistón 1 y pistón 2.
- p) Coloque en la posición de tándem la electroválvula. (posición central)
- q) Repita los pasos h-p con distintos niveles de ajuste en la válvula reguladora de caudal y con dos presiones distintas a la original. Coloque los tiempos en la siguiente tabla:

Cilindro 1 (Alimentador)

Presiones en V L d P	Nivel					
	Movimiento	Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
	Extensión					
	Retracción					

Cilindro 2 (Estampador)

Presiones en V L d P	Nivel		Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
	Movimiento						
	Extensión						
	Retracción						

- r) Desenergicé el sistema
- s) Desconecte la fuente de corriente directa
- t) Desarme el circuito
- u) Comente los resultados observados
- v) Calcule el caudal para cada uno de los tiempos medios
- w) Calcule la fuerza que produce cada uno de los pistones

5. PREGUNTAS

1. ¿Por qué el Pistón que simula el estampado empieza a moverse sólo después de que el pistón que simula el alimentador alcance su posición final?
2. ¿Cuál es el objetivo de la válvula limitadora de presión?
3. ¿Funcionaria el circuito sin las válvulas check? Explique
4. En caso que la bomba nos brindara una presión de 1500 Psi y la válvula de alivio fallara, ¿Cuáles fueran los primero dos elementos, en fallar?

6. AUTO EXAMEN

- Reconstruya el circuito y modifíquelo de tal manera, que al activar el puerto B de la electroválvula, el pistón 1 sea el primero en contraerse y luego el pistón 2.

6. COSTOS

Dentro del marco de la justificación para la realización de este trabajo de graduación, se contempló el rubro económico como una fuerte variable a la hora de la selección, elaboración y adquisición de elementos; se conoce que en el mercado de bancos de prueba hidráulicos con fines didácticos hoy en día la compra de uno de estos equipos tiene un costo elevado; por lo tanto la elaboración de un equipo de práctica de este tipo es ampliamente justificada para una institución educativa pública como lo es la Universidad de El Salvador.

6.1 Costos

El costo real de la elaboración del equipo de prácticas oleohidráulico se divide en tres grandes rubros:

- Tiempo de diseño.
- Costos de construcción de estructura metálica y accesorios.
- Matariles y elementos hidráulicos.

Dentro del primer rubro, se contempla la cantidad de horas/hombre dedicadas al diseño y búsqueda de elementos, siendo este valor el trabajo de ingeniería llevado a cabo para el desarrollo del equipo.

El segundo rubro contempla el costo de mano de obra necesaria, para la construcción y ensamblaje de los componentes del equipo.

El tercer rubro contempla, el valor de todas las materias primas requeridas para la elaboración tanto de las piezas y accesorios mecánicos, elementos hidráulicos y eléctricos, mangueras hidráulicas y elementos de sujeción, etc.

6. 2 Detalle de costos

Para la construcción del equipo para realizar prácticas oleohidráulicas se utilizaron diferentes tipos de materiales, elementos hidráulicos, mecánicos y eléctricos, dichos elementos fueron adquiridos en su mayoría en el mercado nacional, aunque ciertos elementos fueran traídos desde el exterior del país.

En este caso los detalles de costos se dividirán en tres rubros:

- Elementos hidráulicos
- Materiales para construcción de estructura del equipo, módulos y tanque.
- Elementos eléctricos.

Las siguientes tablas clasifican los costos agrupados por rubros, con su detalle de cantidad y precio unitario.

Tabla 19. Costos de elementos hidráulicos

No.	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Juego de acoples rápidos NPTF 1/4"	Juego	30	\$11.00	\$330.00
2	Cilindro hidráulico 1x6x0.5 Doble efecto	Unidad	2	\$95.00	\$190.00
3	Niple de acero inoxidable liso roscado 1/4" NPT	Unidad	10	\$0.65	\$6.50
4	Niple de acero inoxidable con hexágono roscado 1/4" NPT	Unidad	24	\$0.95	\$22.80
5	Reductor de acero inoxidable 3/8" a 1/4" NPT	Unidad	4	\$0.95	\$3.80
6	Tapón Macho de acero Inoxidable 1/4" NPT	Unidad	4	\$0.65	\$2.60

Continuación Tabla. 19. Costos de elementos hidráulicos

7	Válvula de alivio RV3 10 s 0 3/	Unidad	2	\$57.00	\$114.00
8	Cuerpo válvula c-10-2-A	Unidad	3	\$40.45	\$121.35
9	Válvula de control de flujo deltrol 1/4" S	Unidad	1	\$58.63	\$58.63
10	Filtro stauff NPT 1"	Unidad	1	\$32.70	\$32.70
11	Válvula check de 1/4" S	Unidad	2	\$39.78	\$79.56
12	Válvula de alivio RV2 10 s 0 35/	Unidad	1	\$56.05	\$56.05
13	Conector DIN luminoso VAC/VDC 60 Hz	Unidad	2	\$14.50	\$29.00
14	Codo NPT 1/4" acero inoxidable	Unidad	8	\$1.10	\$8.80
15	Adaptador de 9 estrías	Unidad	1	\$70.70	\$70.70
16	Pernos Allen 1/4" x 3/8"	Unidad	30	\$0.08	\$2.40
17	Pernos Allen 10-24 x 1.1/4"	Unidad	4	\$0.25	\$1.00
18	Seguro de retención 12 mm	Unidad	2	\$0.15	\$0.30
19	Terminal de manguera King 1" NPT	Unidad	1	\$3.25	\$3.25
20	Manguera hidráulica de alta presión de 1/4" una capa	Pie	31	\$2.12	\$65.72
21	Acople macho rígido NPTF 1/4"	Unidad	40	\$5.23	\$209.20
22	Manguera hidráulica de alta presión de 1/2" una capa	Pie	12	\$2.37	\$28.44
23	Acople macho rígido NPTF 1/2"	Unidad	5	\$6.27	\$31.35
24	Manguera de 1" x 1 pie	Unidad	1	\$3.38	\$3.38
25	Acole T AISI 304 de 1/4" NPT	Unidad	6	\$1.30	\$7.80
26	Abrazadera para manguera de 1"	Unidad	5	\$0.70	\$3.50
27	Válvula de bola de 1/4" 600 Psi.	Unidad	1	\$12.95	\$12.95
28	Niple de acero inoxidable de 1/2" con hexágono	Unidad	2	\$1.60	\$3.20

Continuación de 19. Costos de elementos hidráulicos

29	Codo NPT 1/2" acero inoxidable	Unidad	2	\$1.70	\$3.40
30	Aceite hidráulico Nuto 32	Cubeta	1	\$100.00	\$100.00
31	Electro Válvula 4/3 con tándem	Unidad	1	\$382.20	\$382.20
32	Bomba hidráulica de engranes	Unidad	1	\$313.95	\$313.95
33	Base de electroválvula de 4 vías	Unidad	1	\$178.75	\$178.75
34	Manómetro 1000 Psi 2" con Glicerina	Unidad	2	\$11.50	\$23.00
35	Tubería galvanizada cuello de ganso de 1/8"	Unidad	1	\$2.27	\$2.27
TOTAL					\$ 2,502.55

Tabla 20. Costos de materiales de construcción de estructura, tanque y accesorios

N°	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Bobina Mig Hierro dulce 0.6mm x 11 lbs	Unidad	1	\$20.34	\$20.34
2	Boquilla de contacto 0.023" para Mig	Unidad	1	\$1.73	\$1.73
3	Perno 5/32 x 3/4"	Ciento	1	\$3.00	\$3.00
4	Perno y tuerca hexagonal 1/4 x 2.1/2"	Unidad	10	\$0.20	\$2.00
5	Sierra de 24 dientes para hierro	Unidad	4	\$1.05	\$4.20
6	Tornillo punta broca 1/8 x 1/2"	Ciento	2	\$1.50	\$3.00
7	Perno hexagonal de 3/8 x 1.1/2"	Unidad	4	\$0.20	\$0.80
8	Tuerca hexagonal de 3/8"	Unidad	4	\$0.05	\$0.20
9	Primario mega nitro gris	Cuarto	2	\$8.05	\$16.10
10	Brocha de cerda 1"	Unidad	2	\$0.40	\$0.80
11	Thinner corriente	Galón	2	\$5.95	\$11.90

Continuación de Tabla 20. Costos de materiales de construcción de estructura, tanque y accesorios

12	Broca de titanio de 5/32"	Unidad	1	\$3.00	\$3.00
13	Esmalte fast dry ford para maquinaria	Galón	2	\$32.00	\$64.00
14	Pernos Allen 1/4" x 3/8"	Unidad	30	\$0.08	\$2.40
15	Pernos Allen 10-24 x 1.1/4"	Unidad	4	\$0.25	\$1.00
16	Seguro de retención 12 mm	Unidad	2	\$0.15	\$0.30
17	Grapa conduit 1.1/4"	Unidad	2	\$0.30	\$0.60
18	Perno y tuerca acerado grado 8 de 5/16 x 1 "	Unidad	4	\$0.80	\$3.20
19	Rueda de hule solida de 85mm	Unidad	2	\$1.40	\$2.80
20	Protector de hule de 1"	Juego	1	\$2.30	\$2.30
21	Barra de 1 ¼ "AISI 1020	Barra	1	\$90.00	\$90.00
22	Eje de 1" AISI 1020	Barra	0.2	\$60.00	\$12.00
23	Lijas de SiC para agua # 100	Pliego	5	\$1.00	\$5.00
24	Tubo estructural rectangular de 2"x1", Chapa 14	Tubo	5	\$13.00	\$65.00
25	Tubo estructural de 1", Chapa 14	Tubo	4	\$9.00	\$36.00
26	Lamina de hierro de 5 mm.	Pliego	1	\$100.00	\$100.00
27	Lamina de hierro de 1 mm.	Pliego	3	\$32.00	\$96.00
28	Lamina de acero inoxidable de 1.5 mm.	Pliego	2	\$250.00	\$500.00
29	Angulo de hierro de 2" x 5mm.	Barras	1	\$18.00	\$18.00
30	Angulo de hierro de 1" x 3mm.	Barras	1	\$6.00	\$6.00
31	Chapa para gaveta	Unidad	5	\$3.00	\$15.00
32	Riele para gaveta de 24"	Unidad	5	\$5.00	\$25.00
33	Haladera cromada	Unidad	5	\$1.00	\$5.00
TOTAL					\$ 1,116.67

Tabla 21. Costos de elementos eléctricos

N°	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	Cable eléctrico vulcan TSJ calibre 12 AWG de 3 líneas	Metro	\$1.45	3	\$4.35
2	Cable eléctrico vulcan TSJ calibre 14 AWG de 3 líneas	Metro	\$1.10	3	\$3.30
3	Fuente DC 24V 5A	Unidad	\$32.00	1	\$32.00
4	Cable 16 AWG de 2 líneas	Metro	\$0.50	6	\$3.00
5	Termina para cable eléctrico	Unidad	\$0.25	8	\$2.00
6	Interruptor de presión	Unidad	\$1.00	2	\$2.00
7	Motor trifásico 1.5 HP 1140 RPM	Unidad	\$110.00	1	\$110.00
8	Guarda motor de 6 a 10 A	Unidad	\$35.25	1	\$35.25
9	Botonera 30 A de 3 polos	Unidad	\$9.75	1	\$9.75
TOTAL					\$ 201.65

Tabla 22. Detalle de costo general

Detalle	Cantidad
Elementos hidráulicos	\$ 2,502.55
Materiales para construcción de estructura del equipo, módulos y tanque.	\$ 1,116.67
Elementos eléctricos.	\$ 201.65
Mano de obra	\$ 1,750.00
Honorarios de ingeniera	\$ 2,500
Total	\$ 8,070.87

CONCLUSIONES

Por medio del diseño y construcción del equipo de pruebas oleohidráulicas, realizado en este trabajo de graduación se han obtenido los elementos necesarios para concluir:

- Que la selección de cualquier elemento del entrenador oleohidráulico dependerá siempre de tres factores: la presión máxima, el caudal de operación y las condiciones de trabajo.
- Las bombas hidráulicas son el corazón de todo sistema, ya que es el encargado de proporcionar la energía necesaria al fluido, para que este pueda desempeñar un trabajo.
- Que conocer las especificaciones técnicas de todos los elementos para tener un buen funcionamiento del sistema y garantizar su seguridad.
- Que conocer el funcionamiento de cada una de las válvulas y actuadores ayudan a la buena interacción de los elementos.
- Que el equipo de pruebas oleohidráulico construido, solo tiene fines didácticos, aunque sus elementos sean industriales.
- Los elementos hidráulicos seleccionados son los que se podrían encontrar en el mercado nacional.
- Que el precio de elaboración del banco oleohidráulico depende de la cantidad, tipo, tamaño y capacidad de sus elementos, además de la disponibilidad de los mismos.
- Que el precio de construcción del banco es bajo, por lo que la factibilidad económica de construcción y fabricación fue viable, comparado con la compra de un equipo didáctico de este tipo en el mercado.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta todas normas de seguridad y especificaciones técnicas de los elementos que componen el equipo durante su uso, para evitar accidentes.
- Los precios presentados en el presente trabajo, solo son válidos para fechas cercanas a la entrega del mismo.
- La ubicación del equipo será, en el laboratorio del Departamento de Sistemas Fluidomecánicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica. .
- El equipo de prácticas oleohidráulicas responde a fines didácticos, para los alumnos de la EIM, por ello no se debe exponer a grandes cargas de trabajo.
- En el diseño del equipo ha sido elaborado para adaptar nuevos módulos con distintos elementos hidráulicos lo que permitiría el desarrollo de nuevas prácticas de laboratorio diferentes a las propuestas.
- La unidad de poder es capaz de alimentar al menos un banco de pruebas más y puede ser utilizado para alimentar cualquier tipo de sistema de generación de potencia oleohidráulica.
- El periodo de operación continua, del banco no deberá ser mayor a 20 minutos, por motivos de seguridad ya que debido al paso del fluido por los elementos y la presión, algunos elementos elevan su temperatura.
- No inclinar al tanque más de 45° a la momento de transportarlo.
- No opere el sistema si el nivel de aceite contenido en el tanque es menos a 16cm

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Permanete, E. (10 de marzo de 2015). *Circuitos Neumaticos y olehidraulicos, Sistemas hidraulicos*. Obtenido de http://agrega.juntadeandalucia.es/visualizador-1/VisualizadorCS/VisualizarDatosNavSecuenciaNodo.do?identificador=s-an_2010110213_9123116&idSeleccionado=ITEM-ed81b1ee-932f-3877-a000-23383ba02012
- [2] Porto, A. P. (10 de marzo de 2015). *Historia de la hidraulica* . Obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/historia/historiadelahidraulica/historiadelahidraulica.html>
- [3] Sapiensman. (15 de marzo de 2015). *ConCeptos Basicos de Hldraulica y Neumatica* . Obtenido de <http://www.sapiensman.com/neumatica/mapadelsitio.htm>
- [4] Mataix, C. (1986). *MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS*. Madrid: EDICIONES DEL CASTILLO. S.A .
- [5] Streeter, V. L. (1970). *Mecánica de fluidos* . Mexico : McGraw Hill.
- [6] Fundacion Wikimedia, I. (20 de marzo de 2015). *Wikipedia, Enciclopedia libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica#Seg.C3.BA_n_el_principio_de_funcionamiento
- [7] Sanchez, M. H. (1 de Junio de 2015). *DEPARTAMENTO DE METAL-MECÁNICA, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ*. Obtenido de <http://mcmhernan.jimdo.com/maquinas-de-fluidos-incompresibles/unidad-1/>
- [8] David, I. (14 de Febrero de 2015). *Documents.mx*. Obtenido de <http://documents.mx/documents/como-funcionan-los-acumuladores-hidraulicos.html>
- [9] Aeron, J. S. (10 de diciembre de 2015). *Oleohidraulica , Circuitos Hldraulicos* . Obtenido de

<http://www.ing.unlp.edu.ar/aeron/laclyfa/Carpetas/Catedra/Archivos/Hidraulica%20A.pdf>

- [10] Almandoz Berrondo, J., Mongelos Oquiñena, B., & Pellejero Salaberria, I. (10 de junio de 2007). *Sistemas neumáticos y oleohidráulicos*. País Vasco: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA. Obtenido de <https://makrodidactica.files.wordpress.com/2014/08/oleohidraulica.pdf>
- [11] CATEDU, E.-D. (20 de agosto de 2015). *Tema 4. Sistemas Hidraulicos*. Obtenido de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/7_problemas_resueltos.html
- [12] Bueno, I. A. (23 de agosto de 2015). *Simbología Neumatica e Hidraulica*. Obtenido de http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/neuma.ehidra/ud_simbologia_neu.pdf

ANEXO 1. MANUAL GENERAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE PRÁCTICAS OLEOHIDRÁULICAS

Procedimiento:

1. Verifique que el botón del mando de encendido este en OFF.
2. Conecte la unidad de poder a una alimentación trifásica.
3. Verifique que el amperaje de seguridad del guarda motor se encuentre en un rango de 7 a 10 amperios.
4. Verifique que el nivel de aceite en el tanque se encuentre arriba de los 20 cm.
5. Verifique que la válvula de bola (bypass) en unidad de poder este abierta.
6. Encienda la unidad de poder, activando el botón de ON.
7. Regule la válvula de alivio a una presión menor a las 500 PSI.
8. Para obtener plena carga de presión cierre la válvula de bola.
9. Apague el equipo una vez tenga la presión deseada.
10. Examine detenidamente el circuito hidráulico que desea elaborar.
11. Identifique que modulo y elementos que necesita para realizar la práctica.
12. Extraiga los módulos a utilizar que se encuentran en las gavetas.
13. Coloque los módulos según desee, sobre la estructura base.
14. Asegure los módulos por medio de las tuercas con mariposa.
15. Extraiga la gaveta superior izquierda la cantidad de mangueras de interconexión que sean necesarias.
16. Arme el circuito hidráulico que desea, realice las interconexiones con las mangueras. (recuerde que las conexiones se hacen con acoples rápidos).
17. Verifique que las conexiones se encuentren ensambladas correctamente.
18. Verifique que los componentes hidráulicos estén conectados en el sentido de circulación de flujo en el cual ejerce la operación deseada.
19. Encienda la unidad de poder con el botón ON.
20. Coloque la presión deseada a la cual quiere operara (no mayor a 500PSI).
21. Efectué las mediciones pertinentes dentro del sistema
22. Apague la unidad de poder.
23. Desconecte las mangueras de interconexión.
24. Retire los módulos de la estructura base del equipo.
25. Almacene en las gavetas las mangueras y módulos.

ANEXO 2. GUÍA DE MANTENIMIENTO

Equipo para realizar prácticas oleohidráulicas.

Lugar : **Escuela de Ingeniería Mecánica**

Departamento : **Fluidos mecánicos**

Fecha de revisión : / /

Códigos				
Acción	Resultado		Frecuencia	
L : Limpiar I: Inspeccionar M: Medir P: Probar A: Ajustar	S : Satisfactorio R: Reparar C: Cambiar V: Visto		S: Semanal M:Mensual T: Trimestral E: Semental A: Anual	
Punto de inspección	Acción	Frecuencia	Resultado	Observaciones
Nivel de aceite	I /M	S		
Estado del aceite	I / P	M		
Estado del filtro de succión.	L / I / P	A		
Tanque (cantidad de residuos)	I / L	A		
Voltaje de salida de fuente eléctrica	M / P / A	E		
Conectores de electroválvula	L / I / P	A		
Sistema eléctrico	I	A		
Ruedas y tacos de goma	I / P	A		
Rieles de gaveta	P	A		
Colector de aceite	L	S		
Sujeciones de módulos	I / A	E		
Sujeciones de elementos	I / A	E		
Mangueras	I / P	A		
Conexiones hidráulicas	I / A	A		
Trabajos adicionales				
Limpieza de superficies luego de una jornada de trabajo, Revisión y calibración de válvulas de presión, Revisión, limpieza de acoples rápidos, Cambio de aceite según horas de practica				
Inspector:	Fecha de recibido:		Encargado:	

ANEXO 3. MEDIDAS DE SEGURIDAD



Siempre que se utilice el equipo de pruebas oleohidráulicas, deben de cumplir las siguientes normas de seguridad.

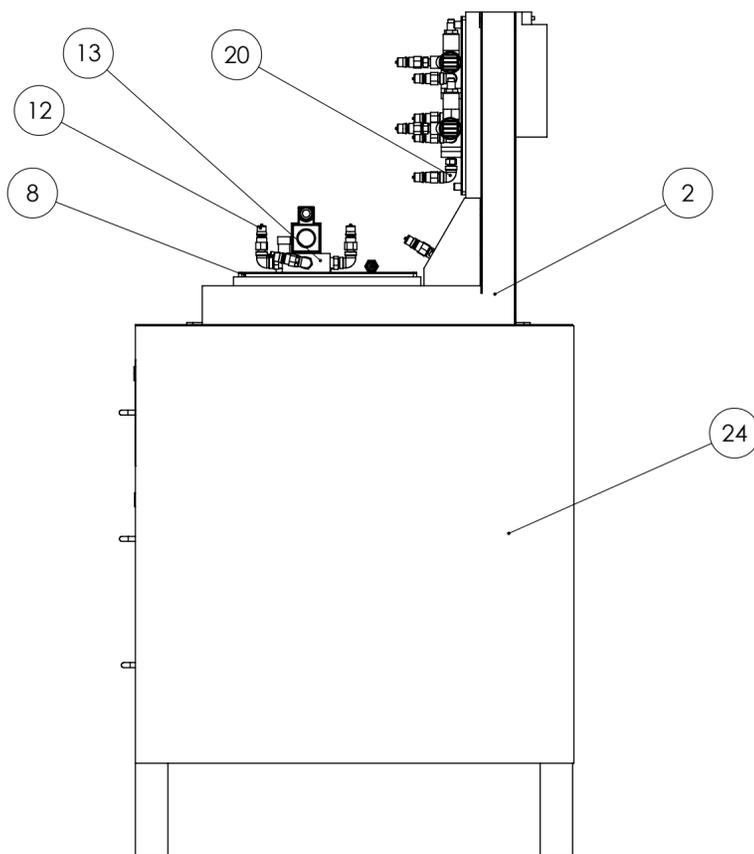
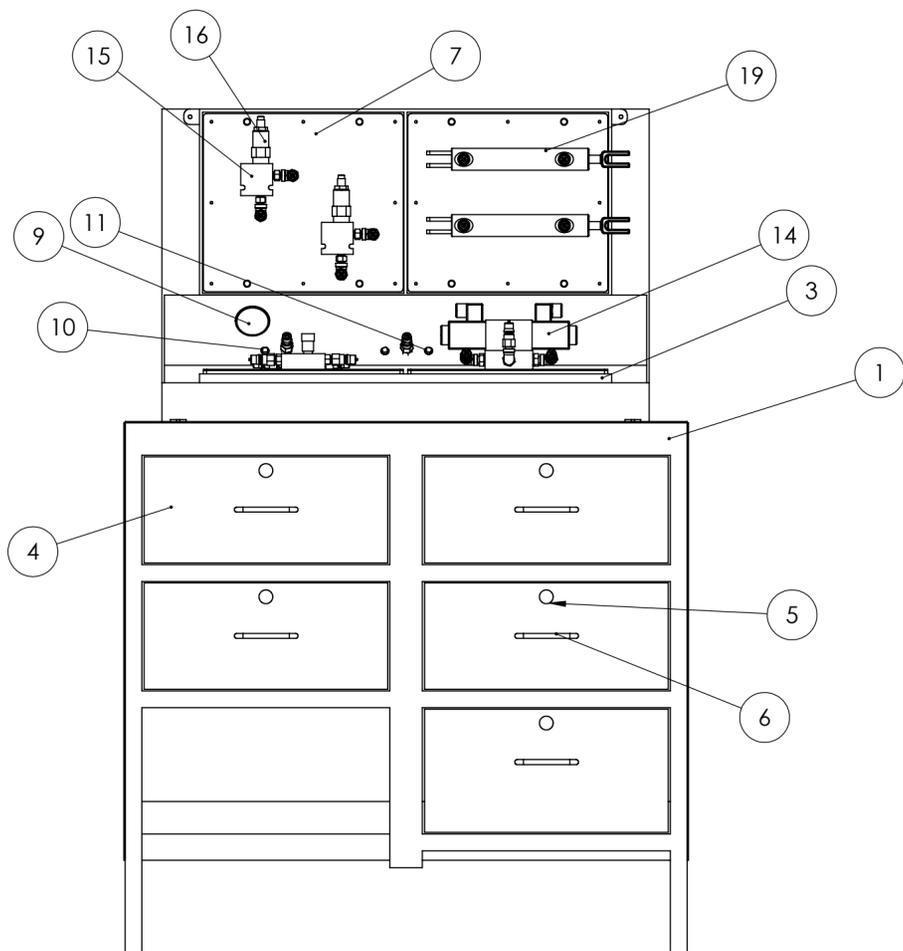
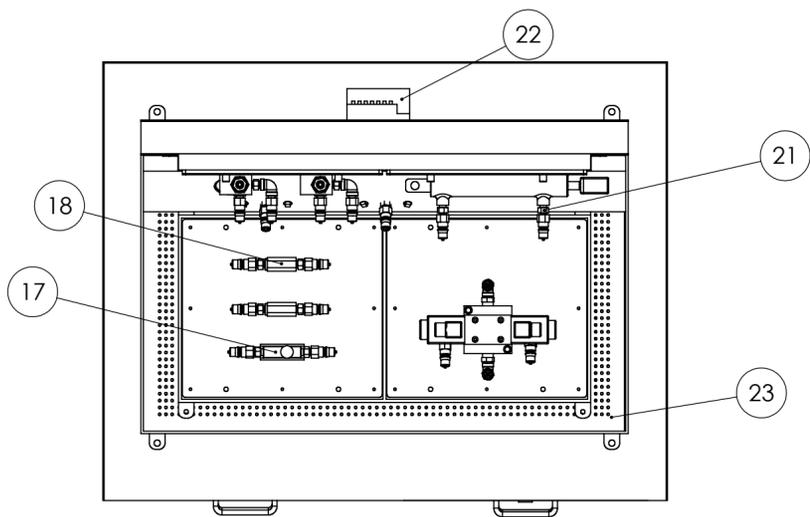
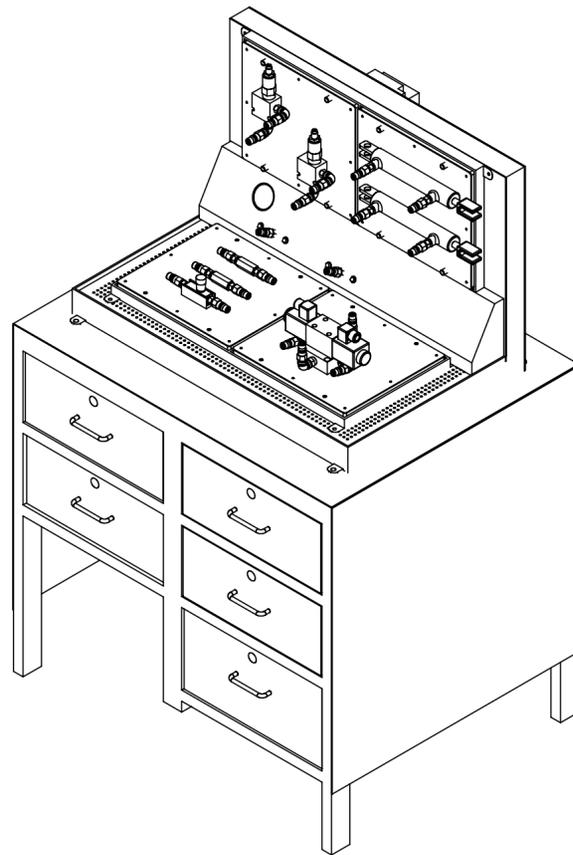
- **Informaciones generales**
 - Los estudiantes únicamente podrán trabajar con los equipos en presencia de un instructor.
 - Lea detenidamente las hojas de datos correspondientes a cada uno de los componentes y, especialmente, respete las respectivas indicaciones de seguridad.
 - Los fallos que podrían mermar la seguridad no deberán obviarse durante las clases y deberán eliminarse de inmediato.
 - Utilice equipos de protección individual adecuados, como zapatos de seguridad antideslizante, gafas de seguridad y gabacha.
- **Parte mecánica**
 - Manipule los componentes de la estación únicamente si está desconectada.
 - Asegure los módulos firmemente sobre la estructura.
 - Efectúe el montaje de todos los componentes de tal manera que pueda acceder fácilmente a los interruptores.
 - Respete las indicaciones sobre el posicionamiento de los componentes.
- **Sistema eléctrico**
 - Únicamente deberá utilizarse baja tensión para la electroválvula (de máximo 24 V DC).
 - Las conexiones eléctricas únicamente deberán conectarse y desconectarse sin tensión.
 - Al desconectar los cables, únicamente tire de los conectores de seguridad, nunca de los cables.
- **Sistema hidráulico**
 - Limite la presión del sistema a 450 Psi (3.1 Mpa).
 - La presión máxima admisible de los aparatos del conjunto didáctico es de 1000 Psi (6.9 Mpa)
 - Todas las válvulas, los aparatos y los tubos flexibles tienen acoplamientos rápidos con check.

ANEXO 4. PLANOS DE EQUIPO DE PRUEBA OLEOHIDRÁULICA

Lista de planos:

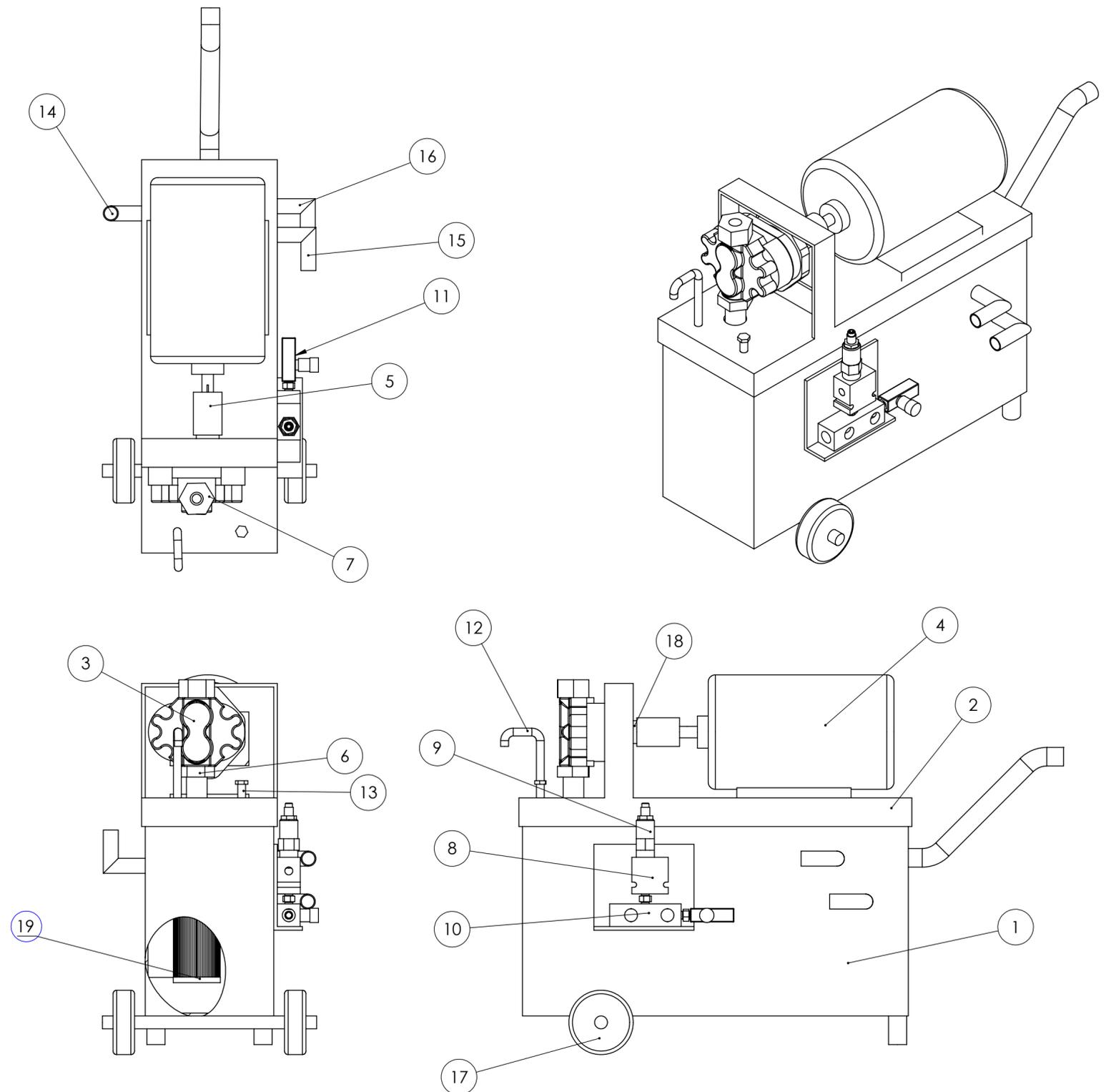
- 1) Estructura y distribución del equipo oleohidráulico. (conjunto)
- 2) Unidad de poder de equipo oleohidráulico. (conjunto)
- 3) Estructura del equipo oleohidráulico.
- 4) Estructura base de equipo oleohidráulico.
- 5) Gavetas de equipo oleohidráulico
- 6) Porta módulos.
- 7) Módulos de equipo oleohidráulico.
- 8) Lamina porta elementos.
- 9) Manifold de alimentación.
- 10) Manifold de retorno.
- 11) Distribuidor.
- 12) Acople de succión.
- 13) Acople de descarga.
- 14) Tapadera de tanque
- 15) Tanque de aceite.
- 16) Acople motor- bomba.

Nota: Todas las cotas de los planos están en cm.



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL
1	ESTRUCTURA METALICA	1	TUBO 2"X1" CHAPA 14
2	ESTRUCTURA BASE	1	TUBO 2"X1" CHAPA 14
3	PORTA MODULO	2	ANGULO 1" X 5MM
4	GABETA	5	TUBO DE 1" CHAPA 14
5	CHAPA	5	
6	HALADERA	5	ACERO CROMADO
7	LAMINA PORTA ELEMENTO	5	AISI 305 DE 1.5 MM
8	MODULO	5	TUBO DE 1" CHAPA 14
9	MANOMETRO	1	
10	MANIFOLD DE ALIMENTACION	1	AISI 1020
11	MANIFOLD DE DESCARGA	1	AISI 1020
12	ACOPE RAPIDO MACHO NPT DE 1/4"	30	AISI 304
13	BASE DE ELECTROVALVULA	1	ALUMINIO 3030
14	ELECTROVALVULA 4/3 CON TANDEM	1	
15	CUERPO DE VALVULA DE CARTUCHO	2	ALUMINIO 3030
16	VALVULA LIMITADORA DE PRESION	2	
17	VALVULA REGULADORA DE FLUJO	1	
18	VALVULA CHECK	2	
19	CILINDRO HIDRAULICO DE DOBLE EFECTO	2	
20	CODO NPT DE 1/4"	8	AISI 304
21	NIPLE ROSCADO NPT DE 1/4"	30	AISI 304
22	FUENTE DE CD DE 24 V 5 A	1	
23	LAMINA DE DRENAJE	1	AISI 305 DE 1 MM
24	CARCASA	1	AISI 1010 DE 1 MM

ESCALA: 1 : 8	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
UNIDADES: Milímetros	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 1 DE 16	ESTRUCTURA DE EQUIPO Y DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS OLEOHIDRÁULICOS	FECHA : 01 / MARZO / 2016



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL
1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE	1	LAMINA HIERRO 5MM
2	TAPADERA DE TANQUE	1	LAMINA HIERRO 5MM
3	BOMBA HIDRAULICA DE ENGRANES	1	
4	MOTOR ELECTRICO DE 1.5 HP 1140RPM	1	
5	ACOPLE M-B	1	AISI 1020
6	ACOPLE DE SUCCION	1	AISI 1020
7	ACOPLE DESCARGA	1	AISI 1020
8	CUERPO DE VALVULA	1	ALUMINIO 3030
9	VALVULA DE ALIVIO	1	
10	DISTRIBUIDOR	1	AISI 1020
11	VALVULA DE BAYPASS	1	
12	DUCTO DE AIRE DE 1/8"	1	TUBO GALVANIZADO
13	BAYONETA DE MEDICION DE ACEITE	1	AISI 304
14	TUBERIA DE DESCARGA	1	TUBO GALVANIZADO
15	TUBERIA DE ALIVIO	1	TUBO GALVANIZADO
16	TUBERIA DE BAYPASS	1	TUBO GALVANIZADO
17	RUEDAS DE 80 MM	2	ACERO / GOMA
18	ADAPTADOR DE 9 ESTRIAS	1	ACERO 1045
19	FILTRO DE ACEITE	1	

ESCALA:
1 : 5

ESTUDIANTE :
CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

UNIDADES:
Milimetros

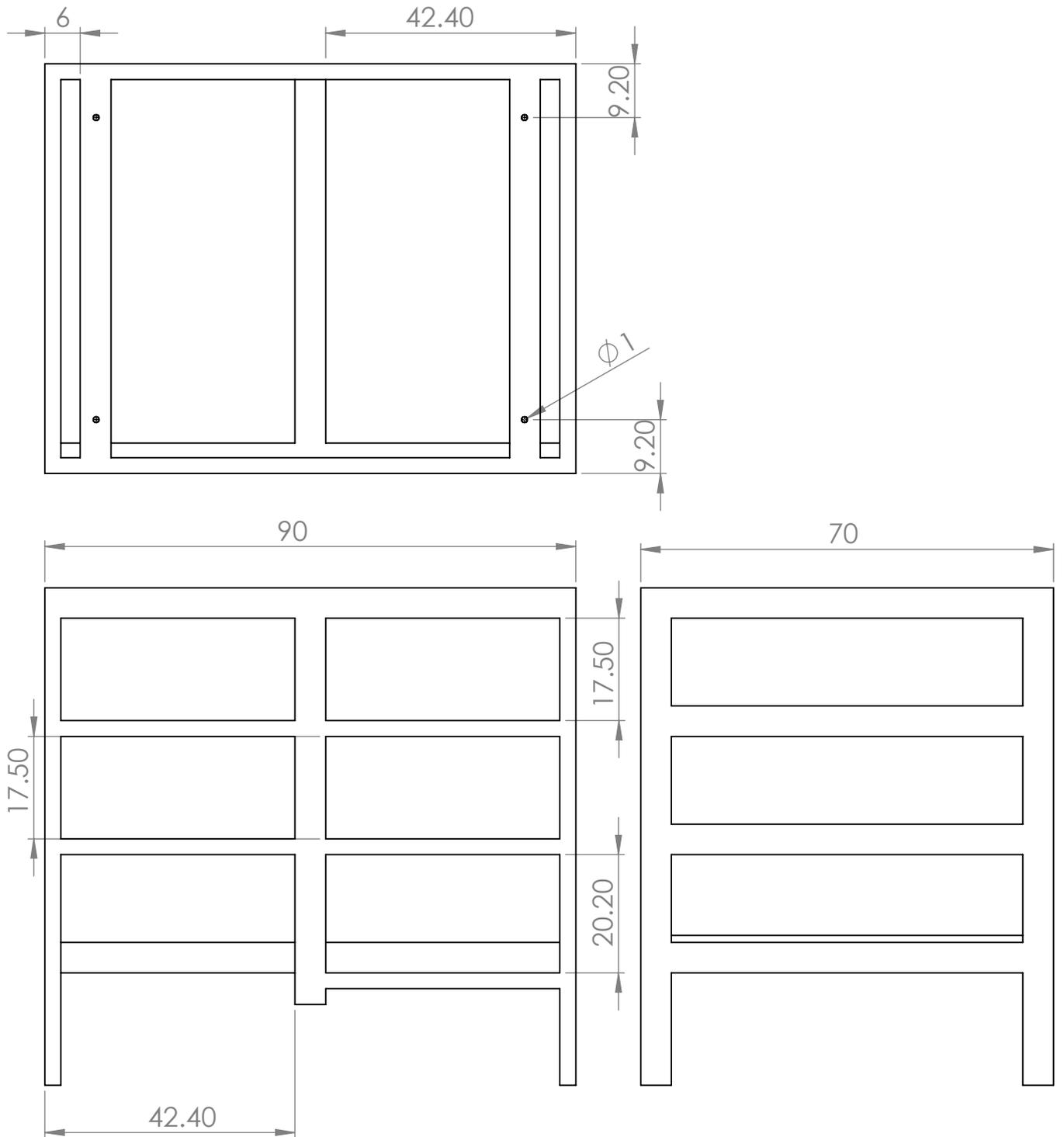
DOCENTES ASESORES :
ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ
ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR

TRABAJO DE GRADUACIÓN:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO
PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE
OLEOHIDRÁULICA

HOJA:
2 DE 16

UNIDAD DE PODER DE
EQUIPO OLEOHIDRÁULICO

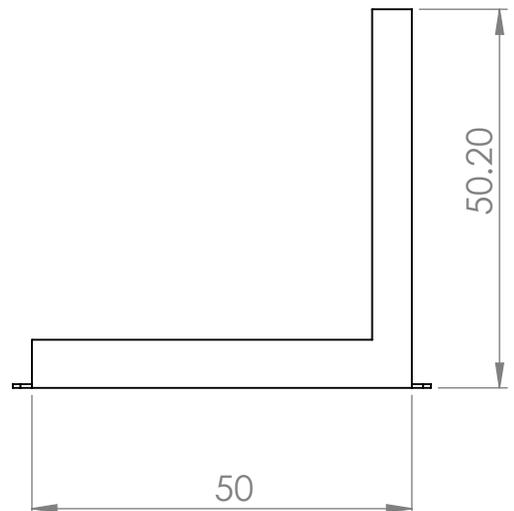
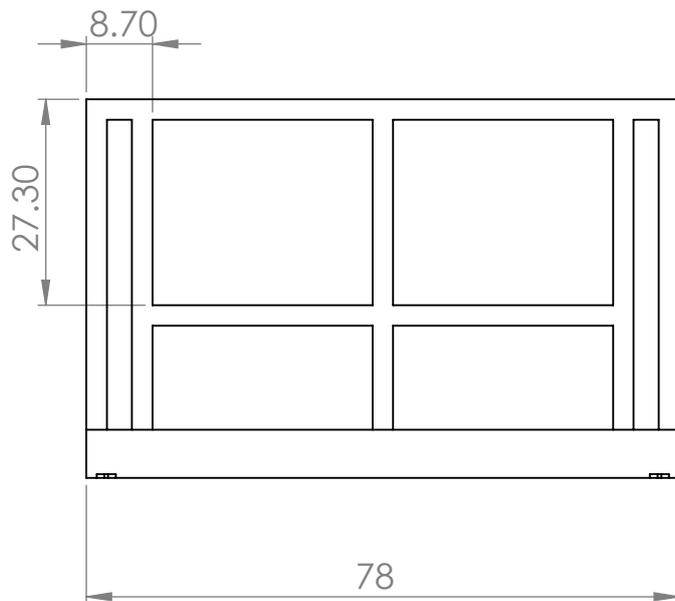
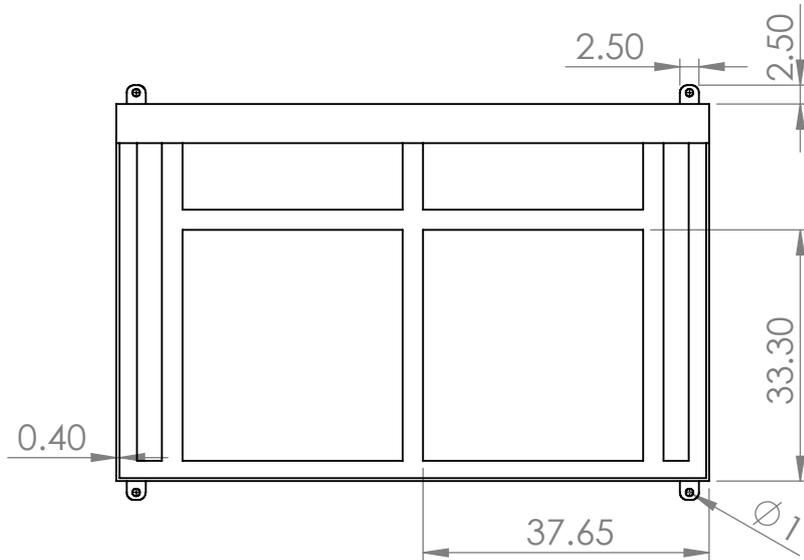
FECHA : 01 / MARZO / 2016



UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

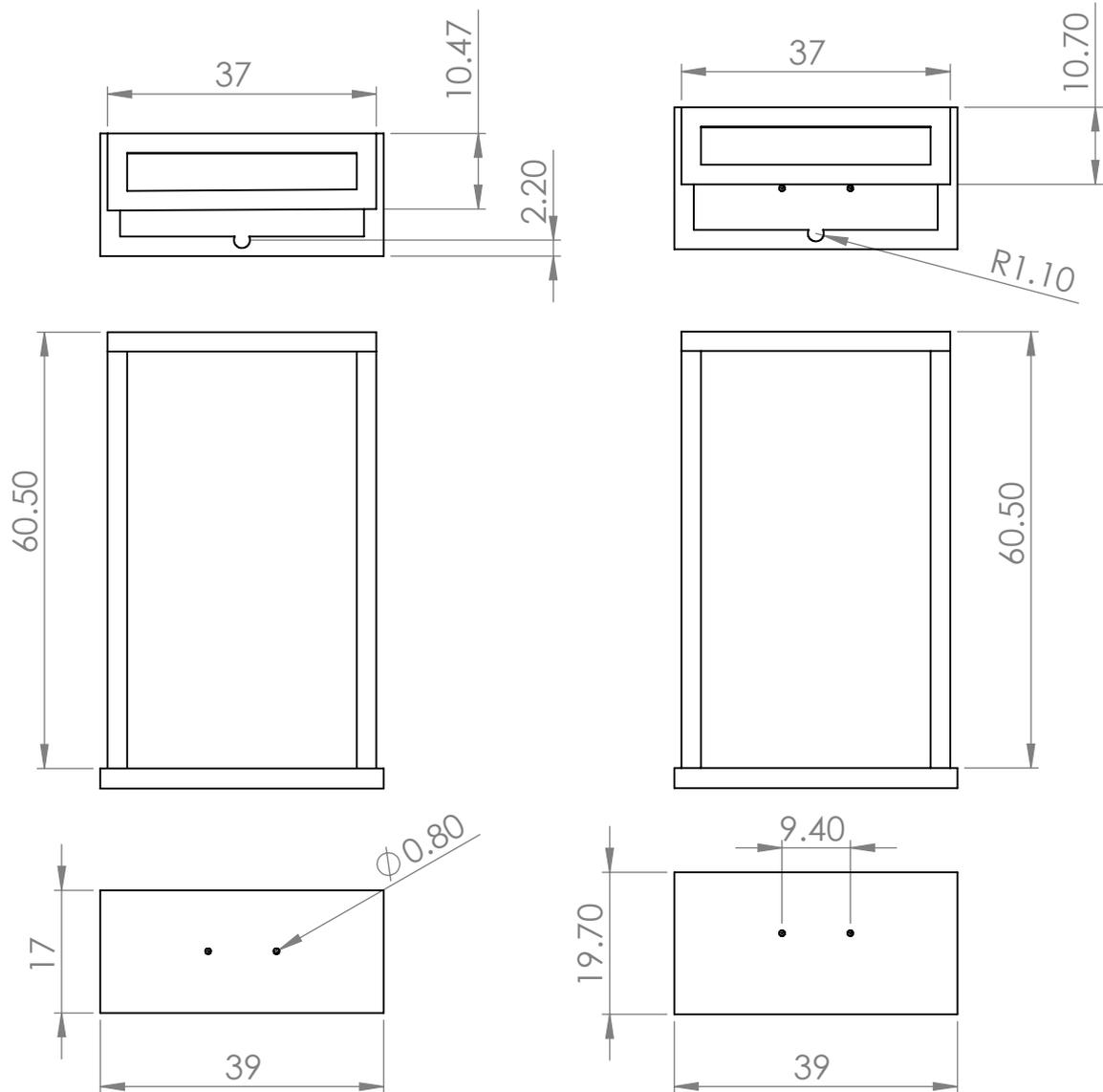
ESCALA: 1 : 10	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: TUBO ESTRUCTURAL DE 2"X1" CHAPA 14	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 3 DE 16	ESTRUCTURA DE EQUIPO OLEOHIDRAULICO	FECHA : 01 / MARZO / 2016



UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

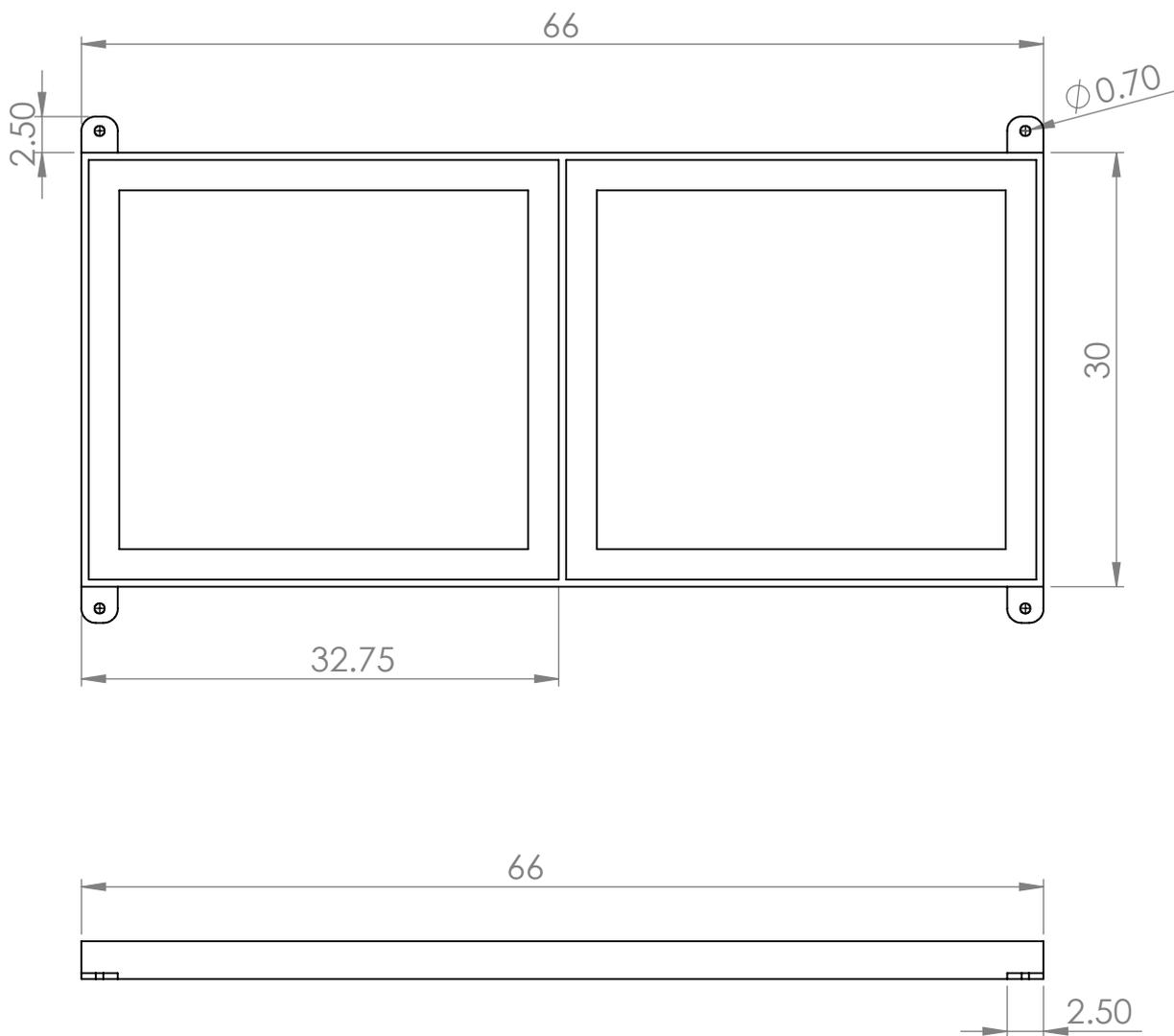
<p>ESCALA: 1 : 10</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: TUBO ESTRUCTURAL DE 2"X1" CHAPA 14</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 4 DE 16</p>	<p>ESTRUCTURA BASE DE EQUIPO</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

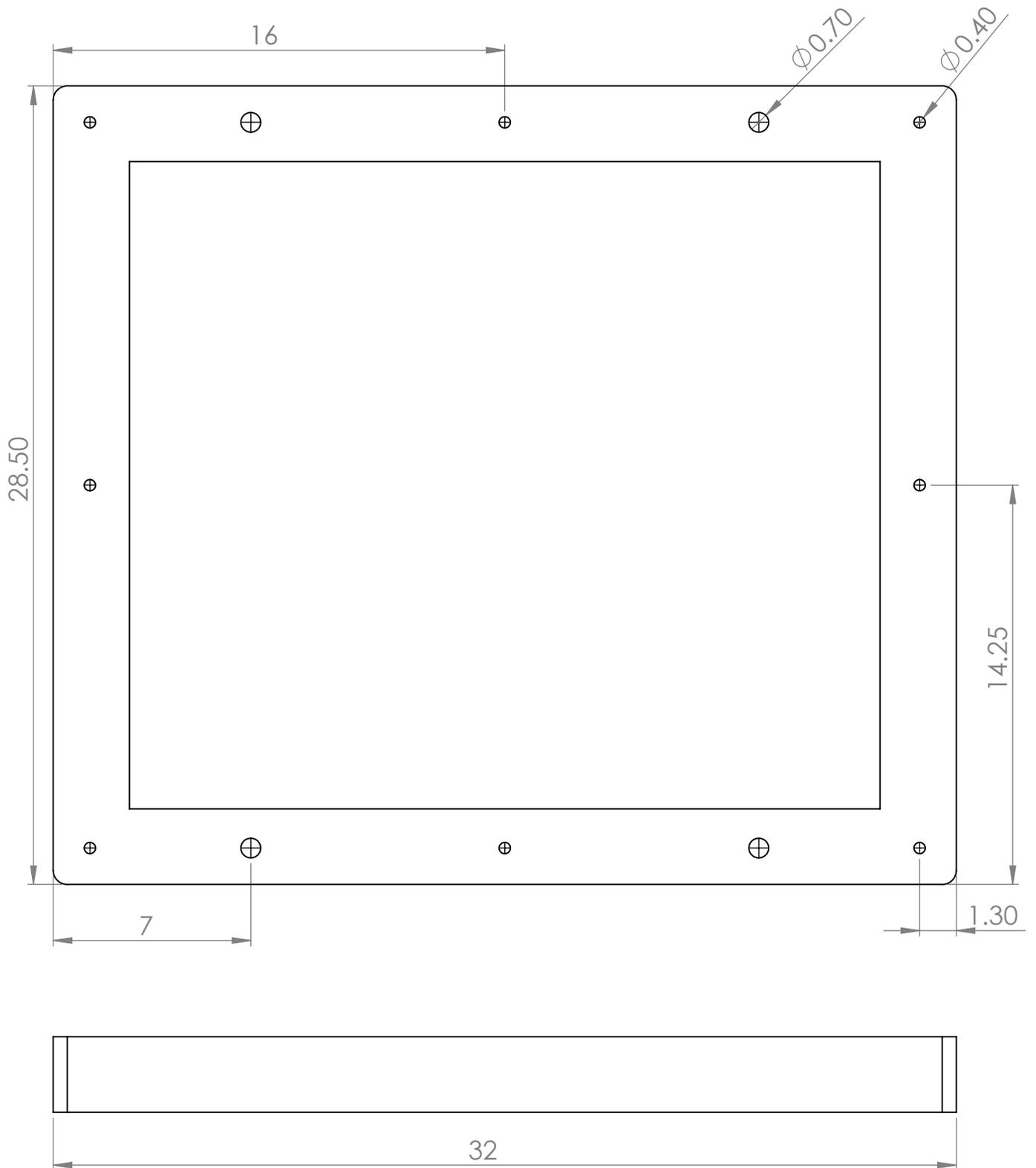
<p>ESCALA: 1 : 10</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: TUBO ESTRUCTURAL DE 1" CHAPA 14</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 5 DE 16</p>	<p>GAVETAS DE ALMACENAMIENTO</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

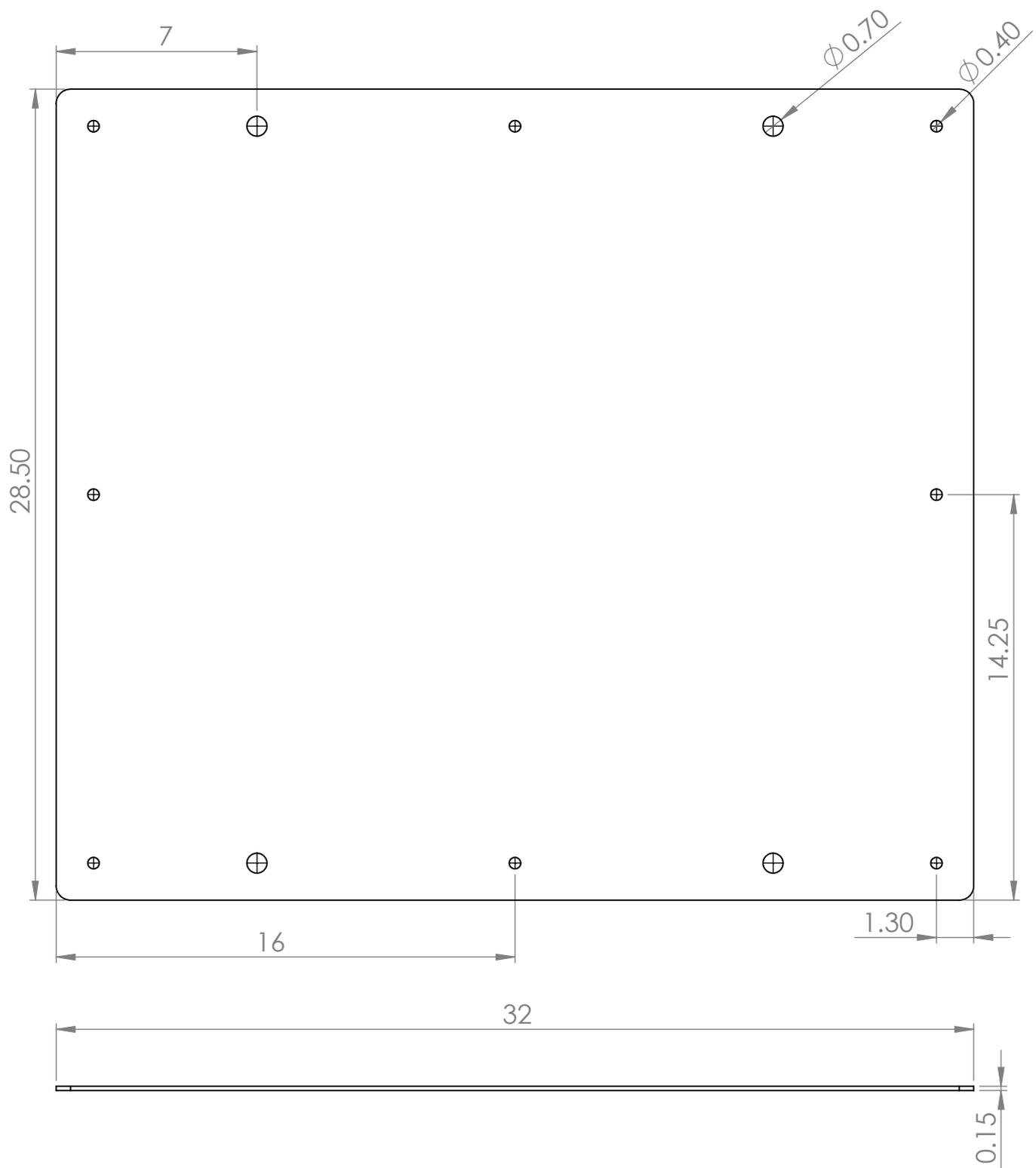
ESCALA: 1 : 10	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: ANGULO DE 1" X 5MM	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 6 DE 16	PORTA MODULO	FECHA : 01 / MARZO / 2016



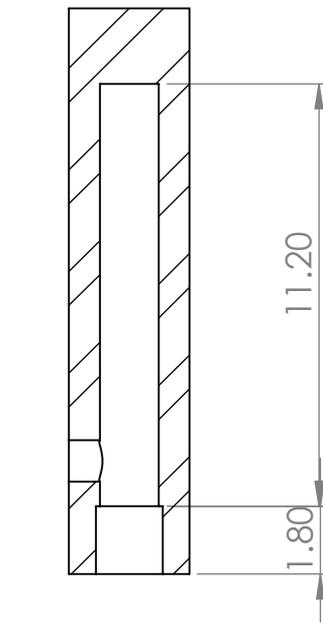
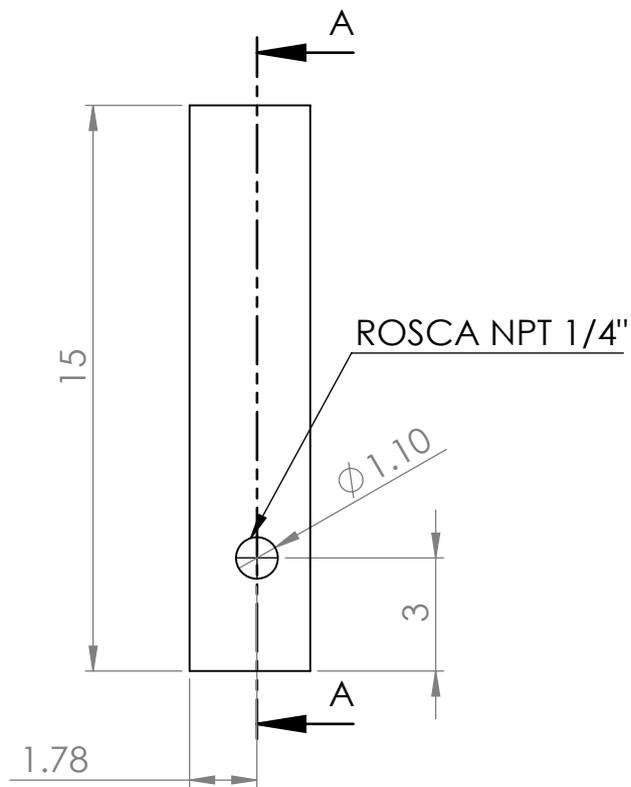
UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

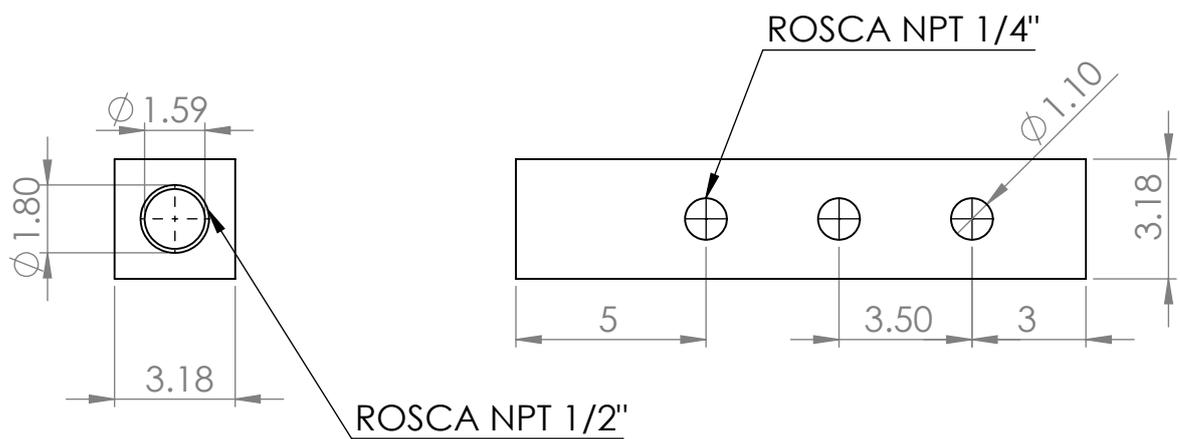
<p>ESCALA: 1 : 2</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: TUBO ESTRUCTURAL DE 1" CHAPA 14</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 7 DE 16</p>	<p>MODULO PORTA LAMINA</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



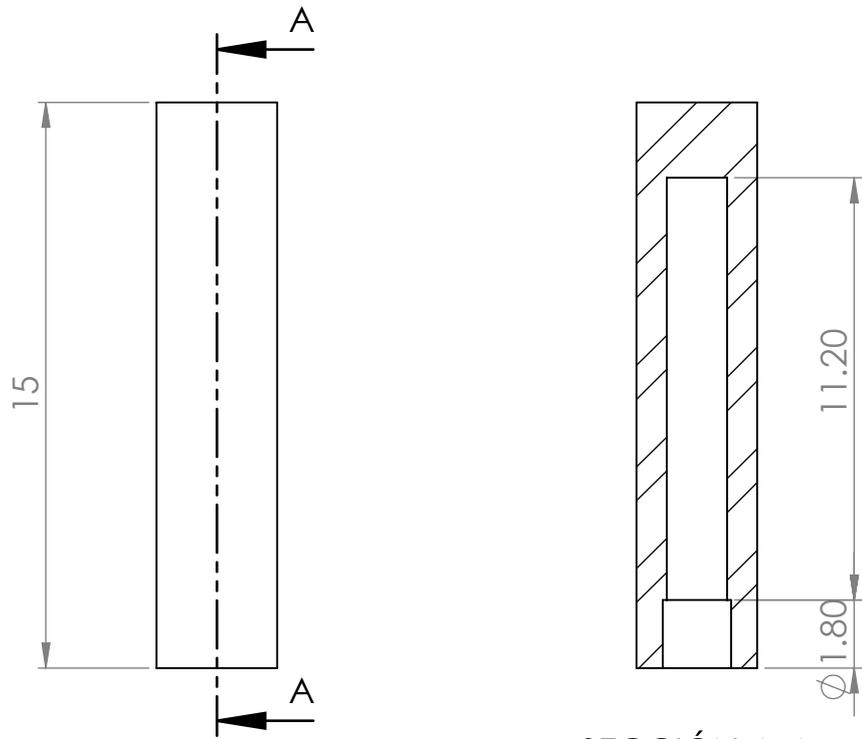
ESCALA: 1 : 2	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: AISI 304	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 8 DE 16	LAMINA PORTA ELEMENTOS	FECHA : 01 / MARZO / 2016



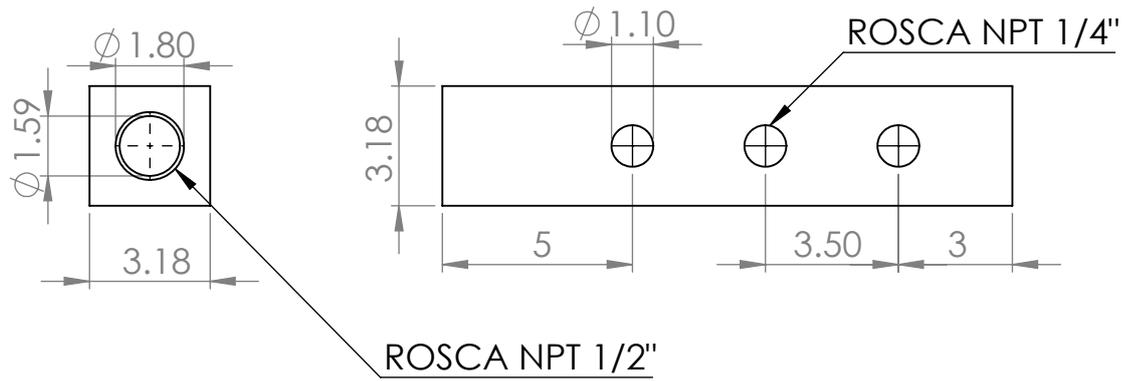
SECCIÓN A-A



ESCALA: 1 : 2	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: AISI 1020	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 9 DE 16	MANIFOLD DE ALIMENTACION	FECHA : 01 / MARZO / 2016

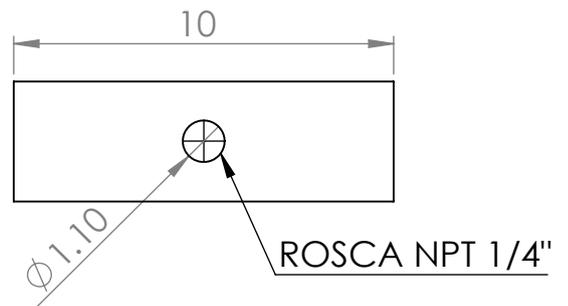
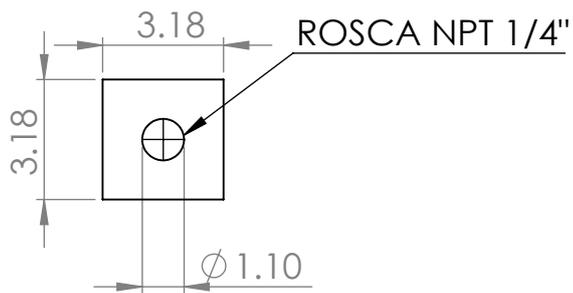
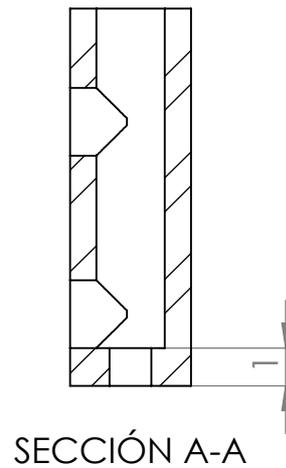
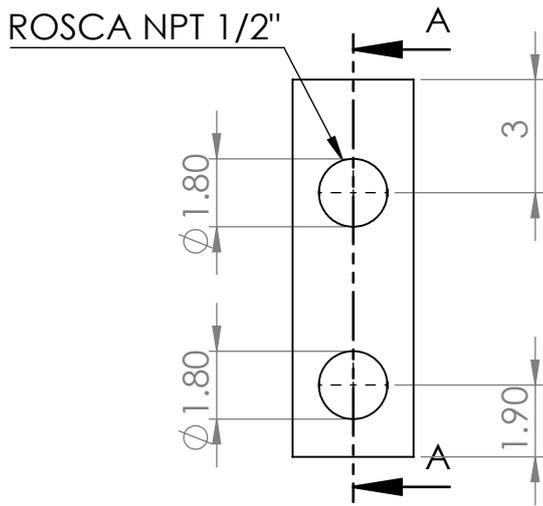
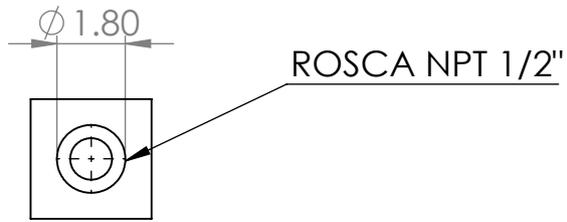


SECCIÓN A-A

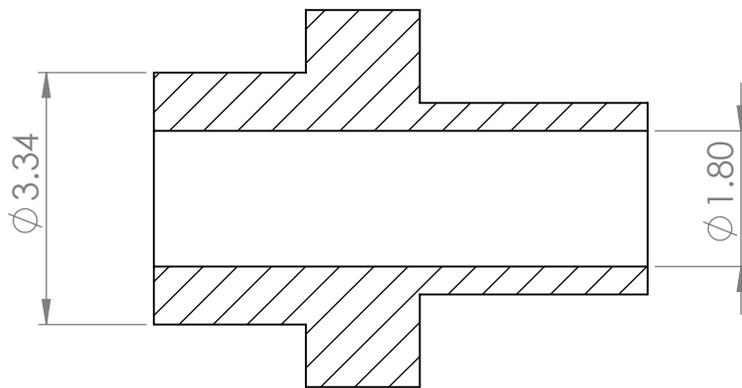


ROSCA NPT 1/2"

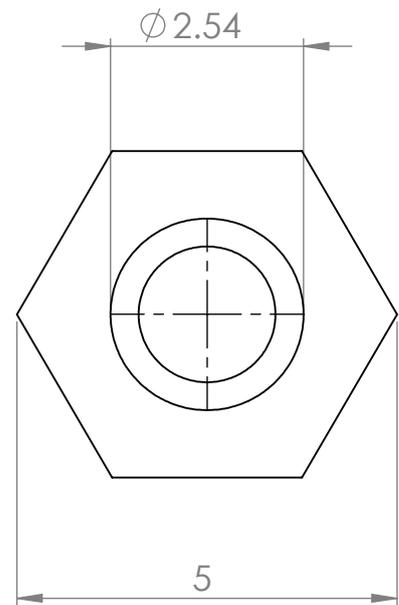
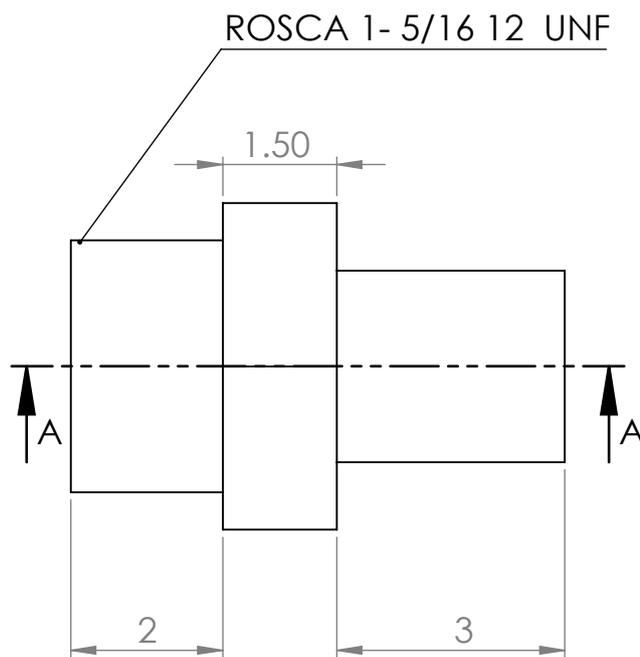
<p>ESCALA: 1 : 2</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: AISI 1020</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 10 DE 16</p>	<p>MANIFOLD DE RETORNO</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



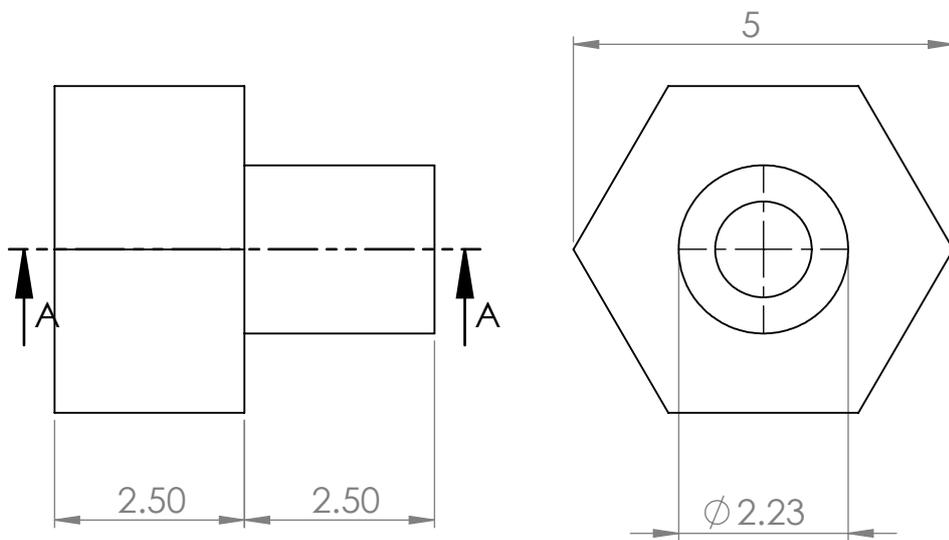
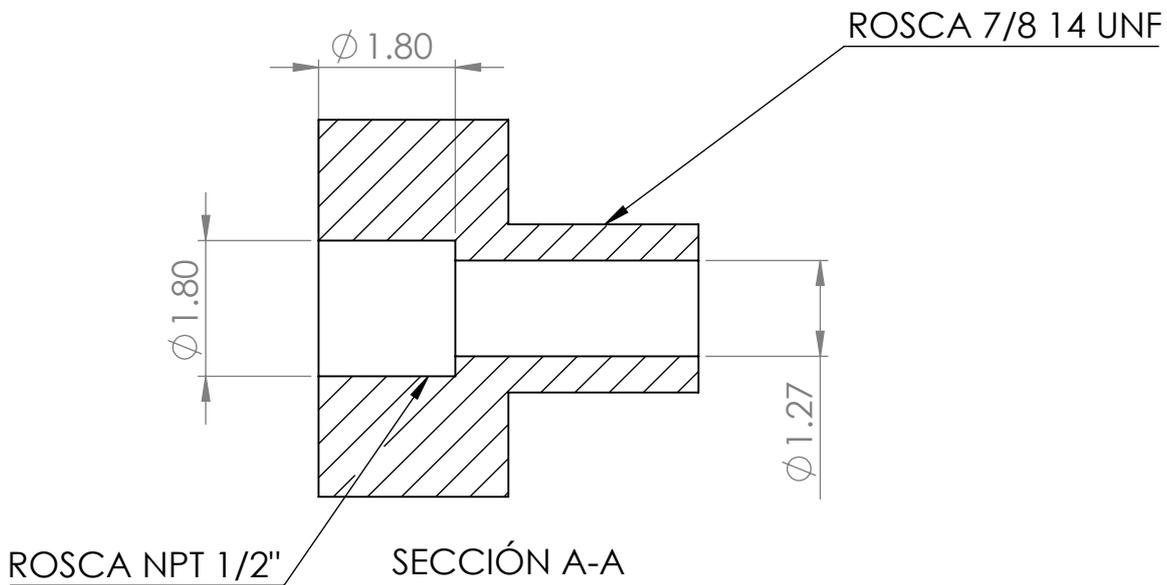
ESCALA: 1 : 2	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: AISI 1020	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 11 DE 16	DISTRIBUIDOR	FECHA : 01 / MARZO / 2016



SECCIÓN A-A



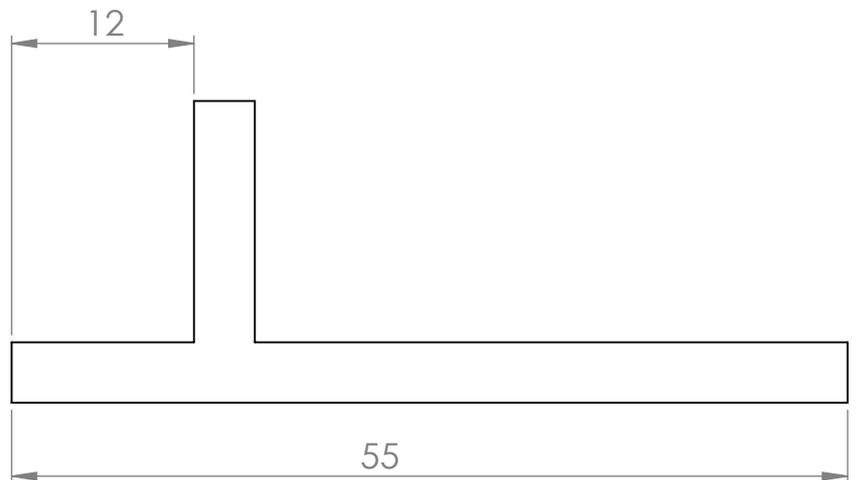
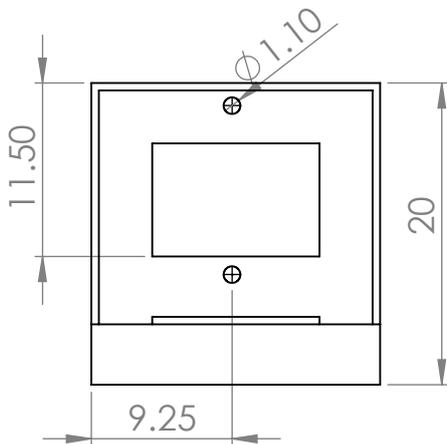
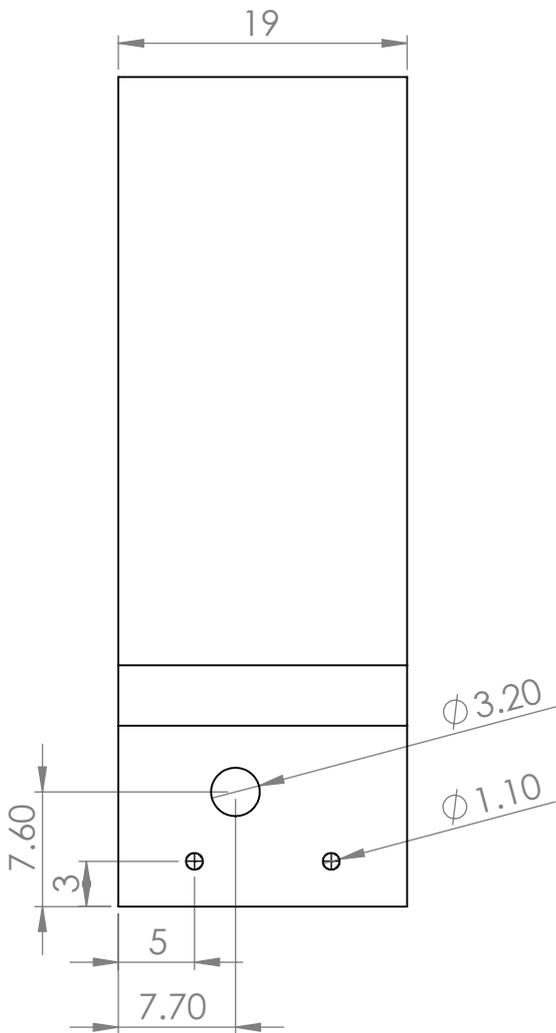
<p>ESCALA: 1 : 1</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: AISI 1020</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 12 DE 16</p>	<p>ACOPLE DE SUCCIÓN</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



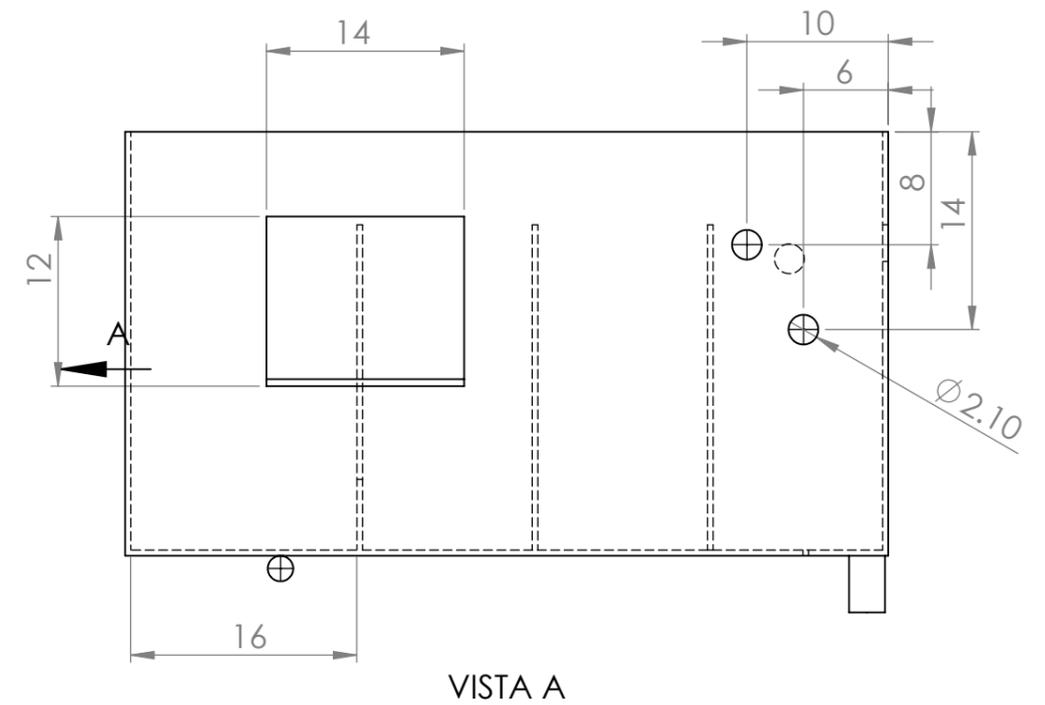
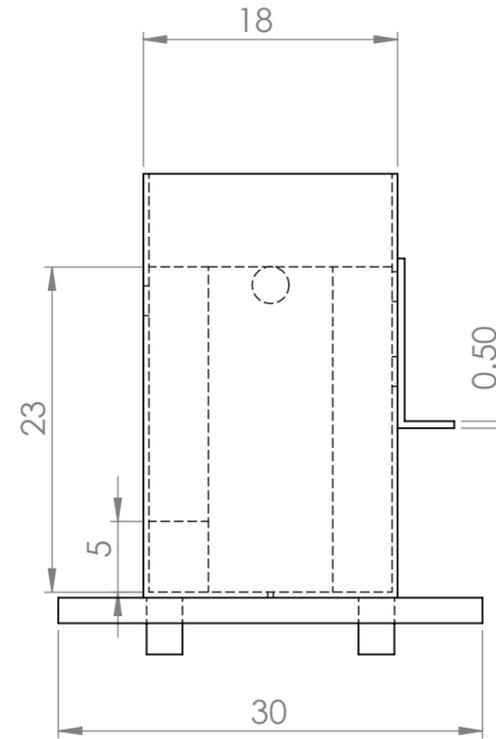
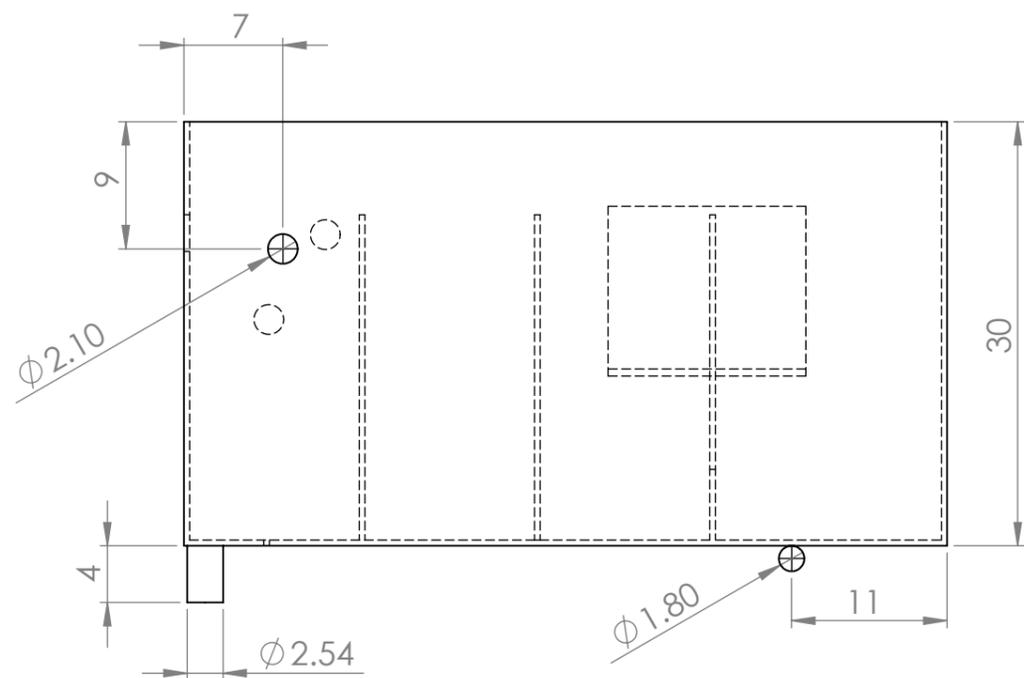
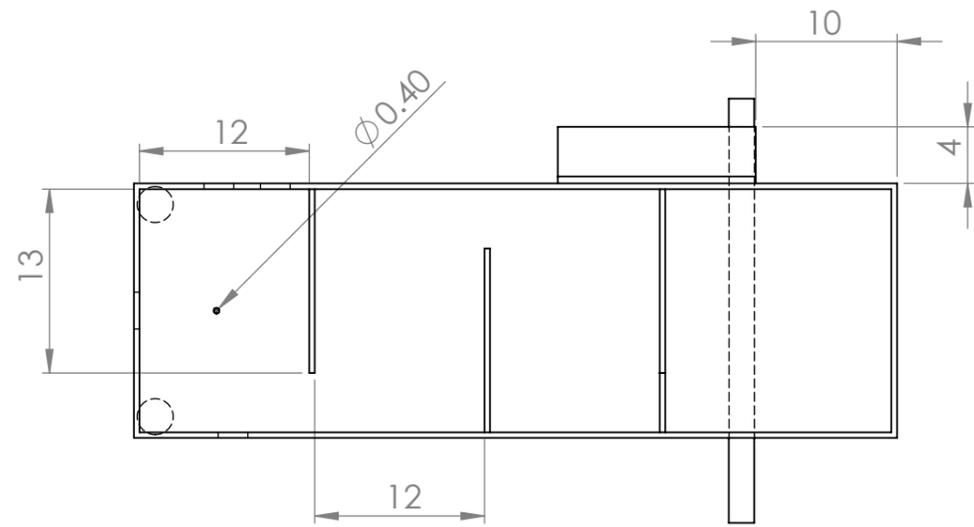
ESCALA: 1 : 1	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: AISI 1020	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 13 DE 16	ACOPLE DE DESCARGA	FECHA : 01 / MARZO / 2016

UNIONES ENTRE PIEZAS

SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

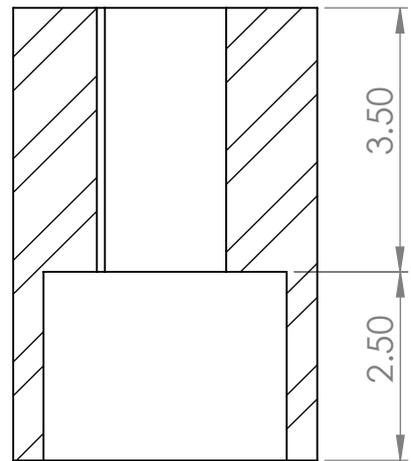
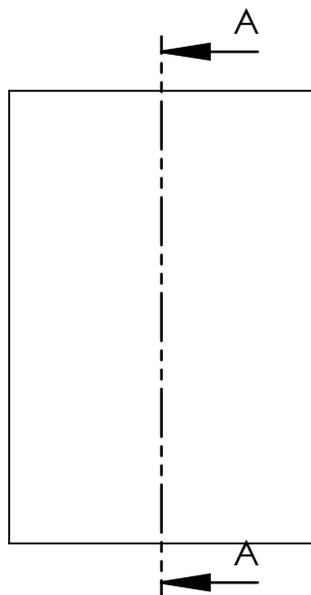


<p>ESCALA: 1 : 5</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: LAMINA DE 5MM ANGULO DE 1-1/2"</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 14 DE 16</p>	<p>TAPADERA DE TANQUE</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>



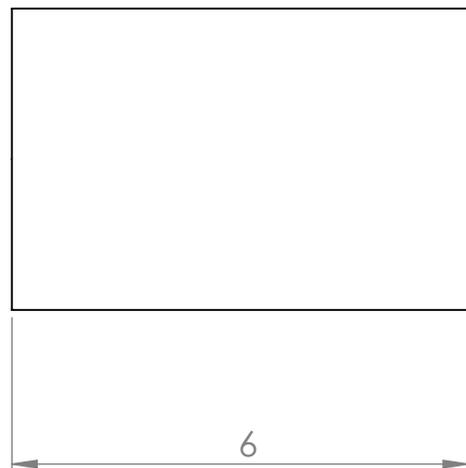
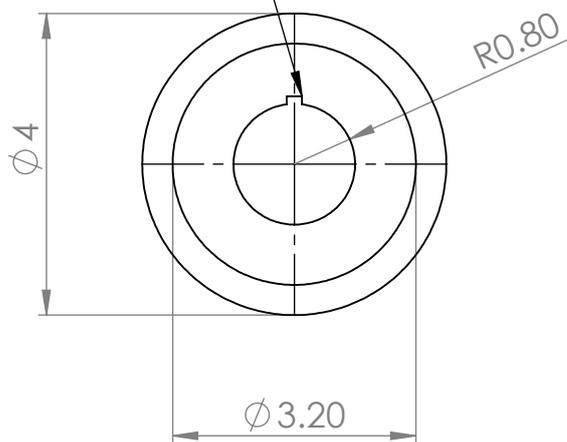
UNIONES ENTRE PIEZAS
SOLDADURA MIG DE HIERRO DULCE DE 0.6MM

ESCALA: 1 : 5	ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MATERIAL: LAMINA DE ACERO DE 5MM.	DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR	TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA
HOJA: 15 DE 16	TANQUE DE ACEITE	FECHA : 01 / MARZO / 2016



SECCIÓN A-A

CHABETA DE 2X2 MM



<p>ESCALA: 1 : 1</p>	<p>ESTUDIANTE : CARLOS ARMANDO SARMIENTO ZELAYA</p>	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</p>
<p>MATERIAL: AISI 1020</p>	<p>DOCENTES ASESORES : ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ ING. ÁLVARO ANTONIO AGUILAR</p>	<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE OLEOHIDRÁULICA</p>
<p>HOJA: 16 DE 16</p>	<p>ACOPLE MOTOR - BOMBA</p>	<p>FECHA : 01 / MARZO / 2016</p>