



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
OLEOHIDRÁULICO, PARA EL ACCIONAMIENTO DE
COMPUERTAS DE SILOS
“PANELES ARAUCO S.A. PLANTA NUEVA ALDEA”**

**Seminario de Título presentado en
conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de
Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:
Sr. JULIO HUENUL MUÑOZ.**

**ALVARO ESTEBAN BURGOS VENEGAS
PATRICIO LEONARDO LARA ALVEAR**

2013

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias:

Por su entendimiento, comprensión y apoyo constante durante todo el largo proceso vivido. Nadie mejor que ellos puede saber lo arduo que fue este proceso, siempre entregando cariño, comprensión y apoyo incondicional cuando más los necesitábamos, sin lugar a duda, sin ellos todo hubiese sido todo más difícil.

A nuestras parejas:

Por su apoyo incesante durante el proceso, por entender nuestros continuos cambios de estado de ánimo como también nuestra poca disponibilidad de tiempo, Gracias a por su compañía, alegría y entendimiento que nos ayudó sin lugar a duda a no rendirnos, para al fin cumplir con nuestro primer objetivo.

A nuestros amigos:

Que incondicionalmente han estado ahí para cuando necesitábamos conversar, ayudándonos numerosas veces a liberar el stress, escuchándonos y aconsejándonos en cada momento como con nadie más fue posible.

A Nuestro Profesor Julio Huenul Muñoz:

A Ud Profesor por darnos la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos, enseñándonos en todo momento de muchas áreas con la finalidad de ser mejores tanto en lo profesional como en lo personal, gracias por su buena voluntad, por brindarnos la información necesaria y por la excelente convivencia durante este proceso. Lo extrañaremos y recordaremos por siempre.

RESUMEN

El presente Seminario de Título tiene como fin el rediseño de un Sistema Oleohidráulico presente en el accionamiento de las compuertas de los silos de almacenaje de biomasa para la caldera de este mismo componente ubicado en la Planta Paneles Arauco S.A. Nueva Aldea, debido a que fueron siniestrados por un gran incendio que afectó a la Empresa y sectores aledaños el día 1 de Enero del año 2012.

Este siniestro afectó casi en su totalidad a la Planta Paneles que se mencionó con anterioridad, provocando de esta forma una restauración mejorada de la Planta Paneles en su conjunto, enfocando esta memoria en el Sistema Oleohidráulico de los Silos que almacenaban Biomasa (aserrín de *Pinus Radiata* y *Eucaliptus Globulus*), contribuyendo así en un cierto porcentaje a la restauración total de la Planta.

Los silos citados con anterioridad, abastecen de combustible a la central termoeléctrica que entrega electricidad a la Planta y al sistema interconectado, donde por una serie de componentes oleohidráulicos se lleva a cabo el accionamiento de las compuertas de estos. En donde la central oleohidráulica ocupa un papel fundamental debido a que es la que hace posible impulsar el fluido por intermedio de diferentes componentes como son las bombas, las que suministran caudal y al tener que vencer algún tipo de resistencia en su trayectoria aparece la presión con la cual se impulsará y retraerá el vástago de los cilindros de cada silo, los motores que hacen posible el funcionamiento de la bomba, las diferentes válvulas que logran el control del flujo, así también como los flexibles, tuberías y fitting en general que actúan como vía para que el fluido circule a través de ellas, logrando en su conjunto el buen funcionamiento del sistema oleohidráulico en general.

CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN	III
INTRODUCCIÓN	VIII
OBJETIVOS.....	X
 CAPÍTULO 1	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OLEOHIDRÁULICA.....	1
1.2. COMPONENTES OLEOHIDRÁULICOS.....	5
1.2.2. ESTANQUE.	6
1.2.3. BOMBA OLEOHIDRÁULICA.	8
1.2.4. VÁLVULAS.	12
1.2.5. CILINDRO OLEOHIDRÁULICO.....	17
1.2.6. FLEXIBLES Y TUBERÍAS.....	18
1.2.7. COMPONENTES DE UNIÓN.	19
1.2.8. FILTROS.....	20
 CAPÍTULO 2	
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	23
2.1. PANELES ARAUCO S.A. PLANTA NUEVA ALDEA.....	23
2.2. HIDRONEUMÁTICA	24

CAPÍTULO 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
3.1. INTRODUCCIÓN	25
3.2. INSPECCIÓN EXTERNA DE CILINDROS.....	27
3.3. DESARME DE CILINDROS	28
3.4 CRITERIO DE SELECCIÓN DE CENTRAL OLEOHIDRÁULICA	30
3.4.1. Central Motor Bomba Vertical	30
3.4.2. Central Motor Bomba bajo Estanque	31
3.4.3. Central Motor Bomba Horizontal sobre Estanque	32

CAPÍTULO 4

4. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO	33
4.1. CIRCUITO OLEOHIDRÁULICO ANTIGUO.....	33
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO ANTIGUO.....	34

CAPÍTULO 5

5. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES OLEOHIDRÁULICOS	35
5.1. INTRODUCCIÓN	35
5.2. CÁLCULO DE FUERZAS.....	36
5.5.1. Fuerza de Empuje.....	36
5.5.2. Fuerza de Tracción	36
5.3. CÁLCULO DE PANDEO	37
5.4. DATOS GEOMÉTRICOS GENERALES DEL CILINDRO REPARADO	40
5.5. CÁLCULO DEL ÁREA REAL DEL CILINDRO	40
5.5.1. Cálculo del Caudal de la Bomba	40
5.5.2. Cálculo del Desplazamiento de la Bomba.....	40
5.6. VELOCIDAD DE APERTURA	41
5.7. CÁLCULO CAUDAL DEL CILINDRO.....	41
5.8. BOMBA OLEOHIDRÁULICA.....	42
5.8.1. Cálculo del Caudal de la Bomba	42
5.8.2. Cálculo del Desplazamiento de la Bomba.....	42
5.8.3. Cálculo de la Presion de la Bomba	42
5.9. MOTOR ELÉCTRICO	44
5.10. ESTANQUE OLEOHIDRÁULICO	46
5.11. ACEITE	48
5.12. VALVULA DIRECCIONAL.....	50
5.13. TUBERÍAS Y FITTING	52
5.14. DETERMINACIÓN TIPO DE FLUJO	53

CAPÍTULO 6

6. MODIFICACIONES DEL CIRCUITO	54
6.1. PLANO CIRCUITO OLEOHIDRÁULICO MODIFICADO	54
6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO	55
6.3. ELEMENTOS CAMBIADOS.....	64
6.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR	65

CAPÍTULO 7

7. PUESTA EN MARCHA	68
7.1. INTRODUCCIÓN	68
7.2. ALINEACIÓN DE MOTORES	68
7.2.1. DESALINEACIÓN	69
7.2.2. METODOS DE ALINEACIÓN	70
7.2.3. SISTEMAS DE ALINEACIÓN OCUPADO	71
7.3. LLENADO DE ESTANQUE	73
7.4. FLUSHING	74
7.5. SANGRADO.....	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
ANEXOS	81
BIBLIOGRAFÍA	88

INTRODUCCIÓN

Los orígenes de la oleohidráulica radican desde el inicio de las primeras civilizaciones, donde 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 posteriormente en el transcurso del tiempo ocurrieron un sin número de eventos que hizo que la oleohidráulica fuera posible, hoy en día se utiliza fundamentalmente en aquellas zonas donde se requiera realizar importantes esfuerzos, principalmente lineales, y en los que se exige alta precisión. Sus principios y fundamentos son basados en ley física de Pascal el cual nos modela “el incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.” y el Principio de Bernoulli el que nos informa 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.”

Es de suma importancia recordar que en la segunda guerra mundial se produjo un gran cambio en la oleohidráulica ya que aparecieron los aceites minerales inhibidos contra oxidación y corrosión. Posteriormente, con la aparición de las bombas de alta presión, con el fin de minimizar los problemas creados por el desgaste, surgió la necesidad de usar aceites con aditivos contra las presiones extremas; inicialmente se consiguieron resultados aceptables con los aceites de motor entonces disponibles. Ya pasados los años empiezan a utilizarse fluidos hidráulicos biodegradables.

El presente seminario fue resuelto de manera teórica y práctica, participando tanto en la fabricación como en el montaje de la central hidráulica junto con todo lo que este conlleva (piping, confección de planos oleohidráulicos y selección de componentes oleohidráulicos) y posteriormente la verificación de resultados.

La empresa en la que se trabajó fue Hidroneumática la cual le prestó un servicio a la Celulosa Arauco Planta Paneles en Nueva Aldea, donde este seminario contribuirá a la reparación del accionamiento oleohidráulico para los silos de almacenamiento de biomasa que es suministrado a la caldera de la planta termoeléctrica abasteciendo la empresa con electricidad por completo, incluso vendiendo un porcentaje de esta energía al sistema interconectado central.

La reparación de los silos en general se originó por un incendio Forestal producido en Enero del 2012 en los sectores aledaños al recinto, donde se siniestro en su totalidad la Planta Paneles, esto ha conllevado a la reconstrucción total de la Planta es por eso lo importante del sistema de accionamiento oleohidráulico de los silos empleado en este seminario, cambiando particularmente el diseño del circuito oleohidráulico con respecto al antiguo.

En cada uno de los capítulos que a continuación se mostrarán, se detalla en forma clara y concisa lo desempeñado en este tan enriquecedor proyecto, que dicho sea de paso sirvió demasiado para la adquisición de nuevos conocimientos respecto a lo que es la vida laboral, abarcando todo lo que esto conlleva, desde el trabajo en equipo en la planta, hasta lo que es la puesta en servicio del proyecto oleohidráulico.

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.

Diseño e implementación de un sistema oleohidráulico de abertura de los silos de carga de la Planta Paneles Arauco S.A. Nueva Aldea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Estudiar el sistema de accionamiento de compuertas de silos para definir necesidades y determinar si es posible utilizar componentes rescatados del siniestro.
2. Proponer una solución para el accionamiento de las compuertas y seleccionar los componentes complementarios que sean necesarios.
3. Implementar la solución propuesta, incluyendo su puesta en marcha.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Oleohidráulica.

La Oleohidráulica se define “como la ciencia que estudia la transmisión y el control de energía por medio de un fluido (líquido) presurizado”¹. Por otro lado, el sistema oleohidráulico no genera la energía (oleohidráulica), tan solo la transmite. Para ello se necesita una fuente de energía que puede ser eléctrica (motor eléctrico) o química, obtenida por medio de un motor de combustión interna. Así, cualquiera sea la fuente de energía esta se transmite a una bomba y la transforma en energía hidráulica, la cual se manifiesta en forma de caudal de fluido hidráulico hasta un elemento accionador, donde se vuelve a transformar en la energía mecánica necesaria para realizar un trabajo.

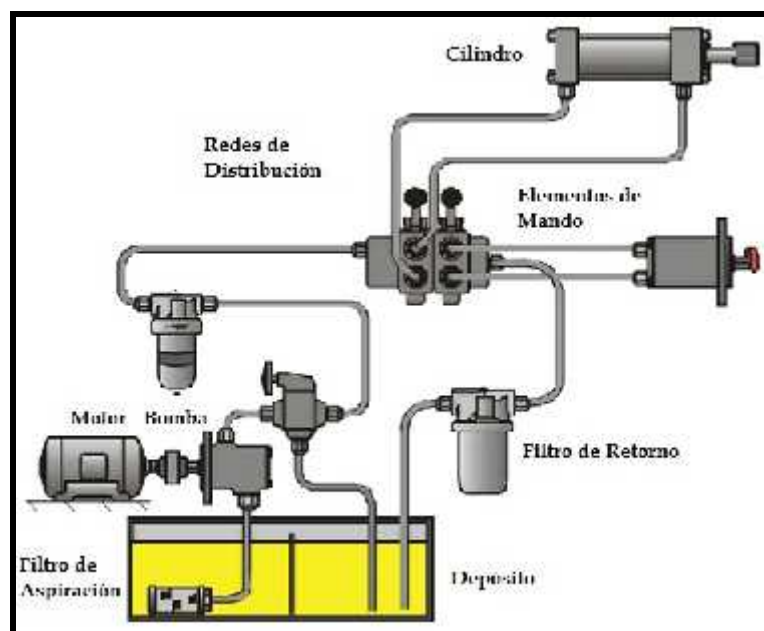


Figura 1.1: Esquema básico de un sistema oleohidráulico.

¹ H. Exner, R. Freitag, D. ing. Hgeis, R lang, Fundamentos y componentes de la oleohidráulica, 2º edición, volumen 1, Illinois, U.S.A, 1991, p. 30.

De acuerdo con la Figura (1.1), la transformación de energía oleohidráulica a mecánica, requiere componentes para su canalización, regulación y direccionamiento; esta se logra utilizando tuberías, válvulas y actuadores consiguiendo así rendimientos elevados.

Tabla 1.1: Ventajas de la Oleohidráulica.

Variación de la velocidad	La posibilidad de modificar la velocidad final del accionador de modo infinito, solo modificando el caudal
Reversibilidad	La posibilidad de invertir el sentido de giro o de desplazamiento sin parada intermedia de modo instantáneo
Protección	La posibilidad de incluir elementos de seguridad para la protección de los componentes (válvulas relief)
Arranque y paro en carga	La posibilidad de arrancar y/o parar el equipo con una carga acoplada con elevada capacidad de vencer la inercia del sistema
Simultaneidad	La posibilidad de activar diversos accionadores simultáneamente
Ahorro de energía	La posibilidad de consumir exclusivamente la energía requerida
	La posibilidad de parar la máquina

Seguridad	<p>instantáneamente</p> <p>La posibilidad de separar las fuentes de energía de los accionadores</p>
------------------	---

Tabla 1.2: Desventajas de la Oleohidráulica.

Posibilidad de contaminación del medio ambiente	<p>En la manipulación de los aceites, dispositivos y tuberías, pueden dar lugar a fugas las que son necesarias de eliminar</p>
Transporte (transmisión)	<p>La activación del actuador (motor oleohidráulico) es más compleja que si se hiciera por medio eléctrico (motor eléctrico)</p>

Antes de proceder al estudio de los elementos oleohidráulicos, es necesario recordar algunos conceptos de la mecánica de fluidos.

El principio fundamental de la oleohidráulica, o ley de Pascal dicta que “la presión ejercida en un punto cualquiera, de una masa líquida, se transmite íntegramente y por igual en todas las direcciones, y actúa con igual fuerza sobre superficies iguales”². Los sistemas oleohidráulicos, son conjuntos capaces de utilizar la ley, ya que cuentan con una unidad generadora de fuerza, ductos para transportar el fluido a presión y unidades receptoras, en las cuales la energía del fluido se transforma en trabajo mecánico.

² Czekaj, Daniel, *Aplicaciones de la ingeniería, maquinaria hidráulica en embarcaciones pequeñas*, ed. FAO, 1998, p. 2.

Esta ley se puede expresar como:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1.1.)$$

Donde:

P = presión ejercida por el fluido (N/m²).

F = fuerza ejercida por el fluido (N).

A = área de la sección transversal, perpendicular a la fuerza donde actúa el fluido (m²).

1.2. COMPONENTES OLEOHIDRÁULICOS.

Para entender lo que es un sistema oleohidráulico, se debe tener presente sus componentes y las aplicaciones que prestan cada uno de ellos en el sistema debido a esto, a continuación se mostrará solo los componentes oleohidráulicos más relevantes debido a la gran cantidad de elementos existentes en el mercado para diferentes tipos de aplicaciones, estos son:

1.2.1. ACEITES OLEOHIDRÁULICOS.



Figura 1.2: Aceite Mobile DTE 26 usado en el proyecto.

Los aceites oleohidráulicos tienen como “misión transmitir la potencia hidráulica producida por la bomba a uno o varios órganos receptores, al mismo tiempo que debe lubricar las piezas móviles y proteger al sistema de la corrosión, limpiar y enfriar o disipar el calor”³. Para su selección, hay que considerar el ambiente en el cual se va emplear el óleo como también el costo más conveniente.

En la selección del aceite se debe considerar una serie de propiedades físicas y químicas las cuales son la viscosidad, índice de viscosidad, punto de inflamación, poder antiespumante y poder antiemulsivo.

³ *Wikipedia /fluido oleohidráulico.*

Tabla 1.3: Propiedades a considerar en la selección de aceite.⁴

Propiedades	Características al seleccionar el aceite
Viscosidad de un aceite	Resistencia al escurrimiento
Índice de viscosidad	Variación de viscosidad respecto a la temperatura
Punto de inflamación	La temperatura a la cual se enciende el aceite sin presencia de chispa
Poder antiespumante	Diluir o no el aire
Poder antiemulsivo	Capacidad de mezclarse con el agua

1.2.2. ESTANQUE.

El depósito o Estanque Oleohidráulico como es comúnmente llamado desempeña una principal función y otras secundarias. La principal función al igual que todos los depósitos es el de almacenar pero en este caso es el de “almacenar aceite”⁵. Entre las funciones secundarias encontramos las de “ser el paso de aspiración e impulsión del sistema de bombeo, separar el aire del líquido hidráulico, refrigerar el aceite durante la transmisión de calor al roce con paredes del circuito y en última instancia, ser soporte de la bomba, accionamiento del motor y elementos anexos”⁶.

⁴ Cornejo, Hernando, *Oleohidráulica básica*, Concepción, 2010, p. 11.

⁵ H. Exner, R. Freitag, D. ing. Hgeis, R lang, *op cit.*, p. 30.

⁶ *Ibidem*, p. 30.



Figura 1.3: Estanque Oleohidráulico.

A lo ya mencionado finalmente se pueden señalar algunos de los componentes que debería poseer un estanque adecuadamente bien diseñado.

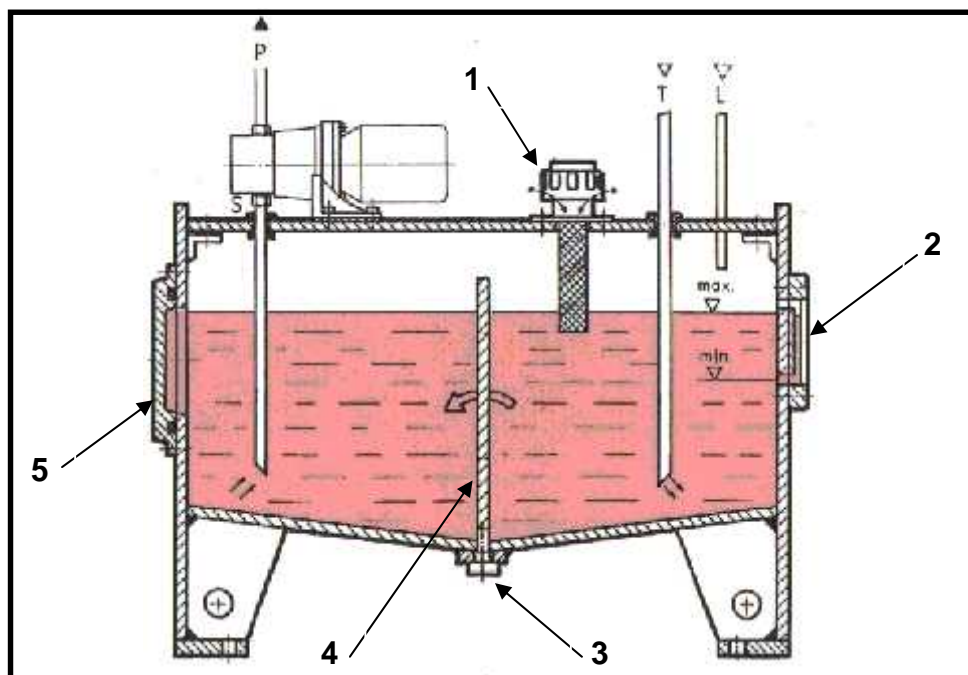


Figura 1.4: Vista Interior del Estanque Oleohidráulico.

1. Tapón de llenado y Aireador: cumple la función de ser la vía de llenado al depósito e impedir la entrada de contaminantes también permite que la presión atmosférica actúe en el depósito.
2. Visor de nivel/termómetro: Permite la lectura de la medición del aceite y su temperatura.
3. Tapón de vaciado (o purgador): Su función es el vaciar el estanque.
4. Placa deflectora: Divide el estanque en depósito de succión y retorno.
5. Tapa de Inspección: Acceso de Mantenimiento y limpieza del estanque.

Para que el estanque funcione en óptimas condiciones es necesario mantener una buena limpieza del aceite empleado, librando de aires disueltos o contaminaciones (partículas gruesas sólidas y lacas formadas en la degradación del aceite) acumuladas en el depósito. Para las labores de mantención se deberá realizar el vaciado del estanque y lavado con detergentes y solventes.

La chapa separadora evita el paso de burbujas de aire del retorno hacia la aspiración de la bomba, de esta forma el estanque tiene una zona de aspiración e impulsión del sistema. Para tener un nivel adecuado de aceite se dispone de un visor de nivel y termómetro, que controla el rango y la temperatura de trabajo.

1.2.3. BOMBA OLEOHIDRÁULICA.

La bomba es el corazón del sistema hidráulico, genera el caudal necesario para accionar los distintos componentes, de ahí su gran importancia.

Según los especialistas una bomba se define como “un mecanismo accionado por un motor, que aspira un líquido, al producirse el vacío y luego lo impulsa a una cierta velocidad en una dirección determinada”⁷.

⁷ Vega Fuentes, Héctor, *Elementos de sistemas oleohidráulicos y su aplicación*, Concepción, 1989, p, 22.



Figura 1.5: Bomba de Paletas.

En las industrias se utilizan dos tipos de bombas según su desplazamiento, estas son las bombas de desplazamiento positivo y bombas de desplazamiento negativo:

a) Bombas de Desplazamiento Positivo.

Este tipo de bombas son las más comunes en la industria ya que hacen posible la succión y la descarga, desplazando fluido. “El espacio que ocupa el fluido se llena y vacía alternativamente forzando y extrayendo el fluido mediante movimiento mecánico⁸”. Este tipo de bomba resulta más útil para presiones extremadamente altas, para operación manual, para descargas relativamente bajas, para operación a baja velocidad, para succiones variables, en fin posee una gran gama de cualidades que la hacen las más utilizadas en la industria.

⁸ Enrique Muñoz S Blog profesional dedicado a la Ingeniería Industrial.

b) Bombas de Desplazamiento Negativo.

Son aquellas que impulsan un fluido solo hasta determinada presión, a partir de la cual el caudal es cero. Este tipo de bombas poseen una baja capacidad para proporcionar caudal a grandes presiones.

En los sistemas oleohidráulicos utilizados en la industria ocupan principalmente bombas de desplazamiento positivo, por las cualidades ya mencionadas, dentro de las cuales pueden ser:

- **Bombas de Engranajes.**

Las bombas de engranaje tienen como principal características que el “volumen se forma entre los flancos de los dientes y las paredes internas de la carcasa”⁹.

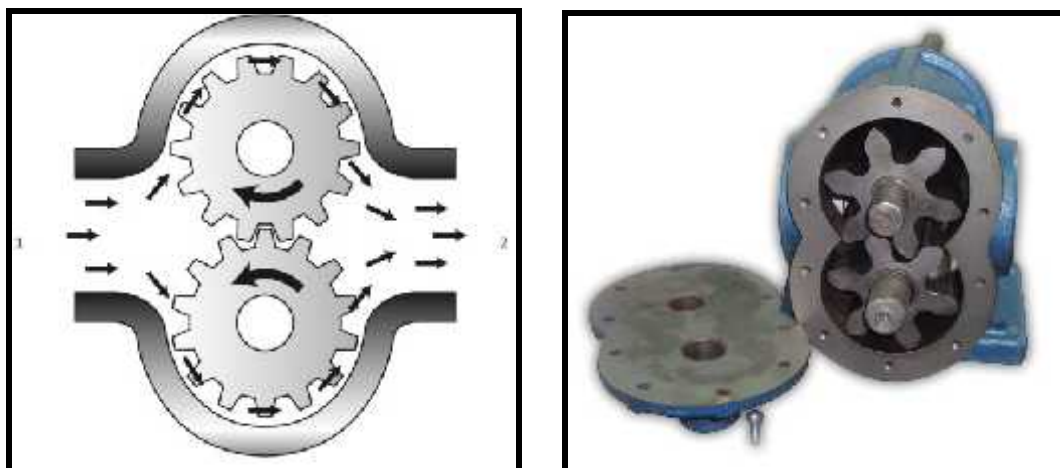


Figura 1.6: Bomba de Engranajes.

⁹ Apuntes oleohidráulica básica Cornejo, Hernando, op cit., p, 24.

- **Bombas de Paletas.**

“El volumen de aceite se forma entre la pared interna del anillo volumétrico, el rotor y las paletas.”¹⁰

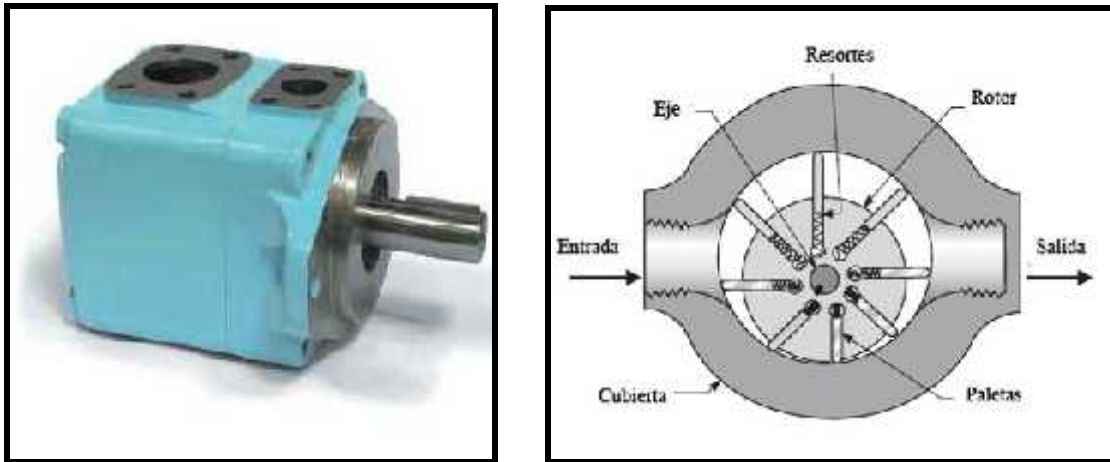


Figura 1.7 Bomba de Paletas.

- **Bombas de Pistones.**

“El volumen se forma por la combinación de movimiento alternativo de pistones y circular de un conjunto rotatorio”¹¹.

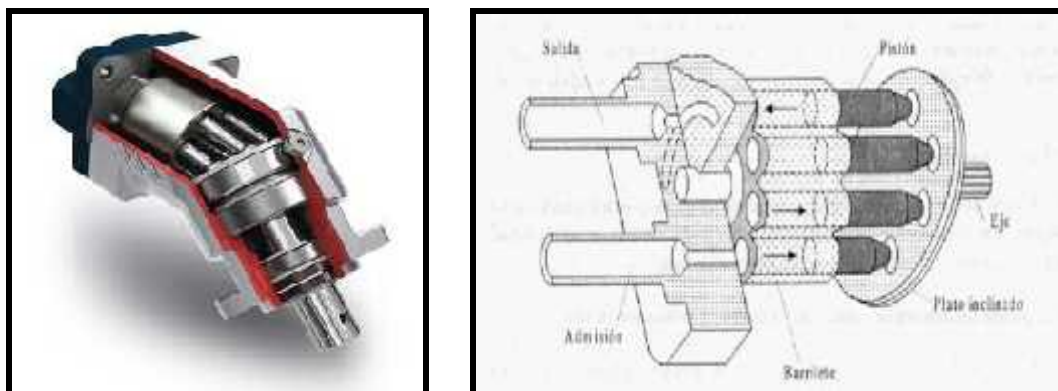


Figura 1.8 Bomba de Pistones.

¹⁰ Apuntes oleohidráulica básica Cornejo, Hernando, op cit., p, 24.

¹¹ Apuntes oleohidráulica básica; Cornejo, Hernando, op cit., p, 24.

1.2.4 VÁLVULAS.

Son el mecanismo que hace posible regular el flujo de fluidos cumpliendo diferentes tipos de funciones en un circuito oleohidráulico, existen diversas válvulas, cada una con funciones específicas dentro de las más utilizadas están: válvulas direccionales, reguladoras de caudal, limitadoras de presión, divisora de flujo.

a) VÁLVULAS LIMITADORAS DE PRESIÓN.

La válvula limitadora de presión tiene como principal objetivo “Limitar la presión máxima del sistema. Regular la fuerza máxima”¹², de esta manera cumple un rol de seguridad de ahí su otro nombre “válvula de seguridad”. Su funcionamiento consiste básicamente en no admitir que la presión del sistema sobrepase el rango de presiones estipulado en el circuito, donde en el momento que el valor de presión a la entrada alcanza el fijado como máximo en la válvula se abre su salida y el aceite descarga al estanque. La válvula permanece abierta hasta que baje la presión del sistema de esta manera se regula e impide que allá una sobrepresión en el sistema.



Figura 1.9 Válvula limitadora de presión.

¹²Apuntes oleohidráulica básica; Cornejo, Hernando, op ci., p. 28.

b) VÁLVULA DIRECCIONAL.

Como bien lo dice su nombre tiene como principal función distribuir el sentido de marcha de los actuadores oleohidráulicos en la forma adecuada, abierto, cerrado semiabierto o tándem.

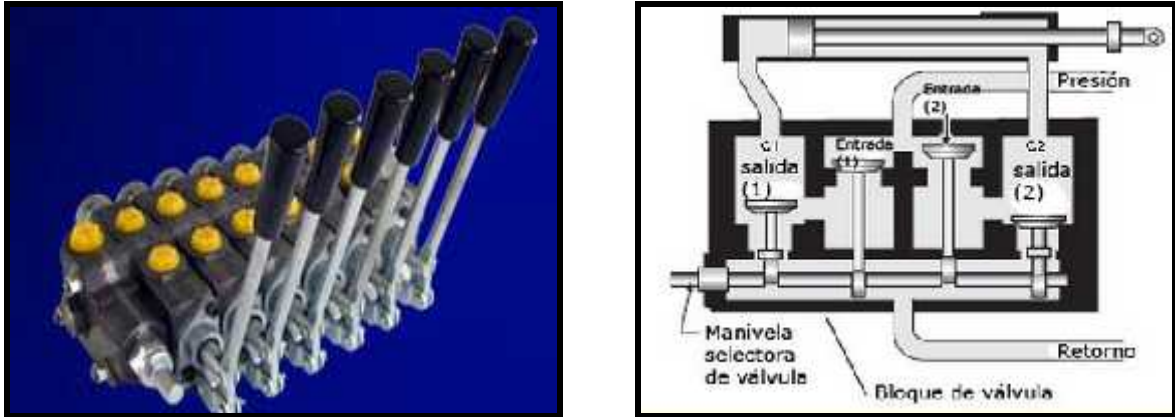


Figura 1.10: Válvula direccional.

- Tipos de válvulas direccionales¹³

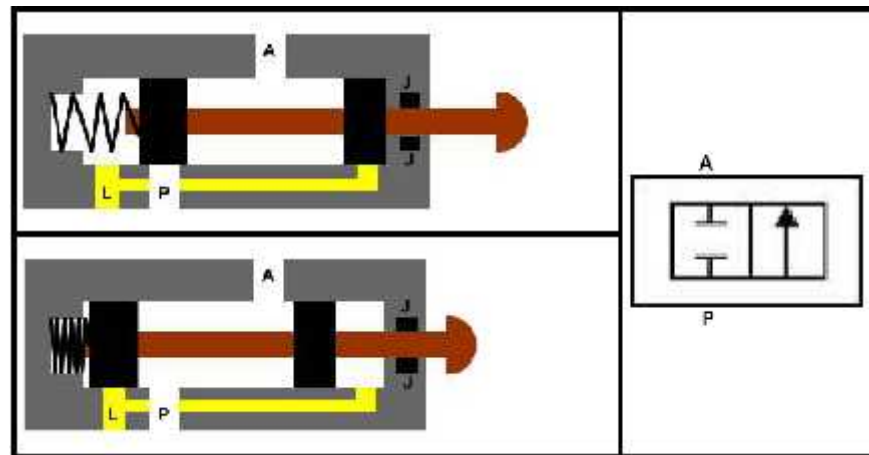


Figura 1.11: VALVULA DIRECCIÓN DE DOS VÍAS Y DOS POSICIONES 2/2.

¹³ Apuntes oleohidráulica básica ; Cornejo, Hernando, op ci., p, 31

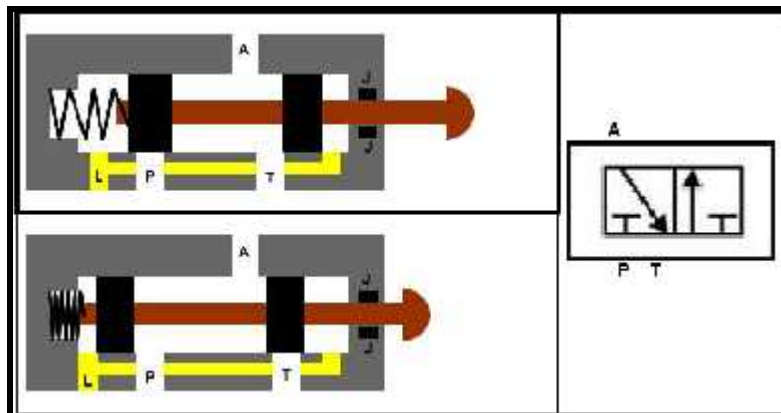


Figura 1.12: VALVULA DIRECCIÓN DE TRES VÍAS Y DOS POSICIONES 3/2.

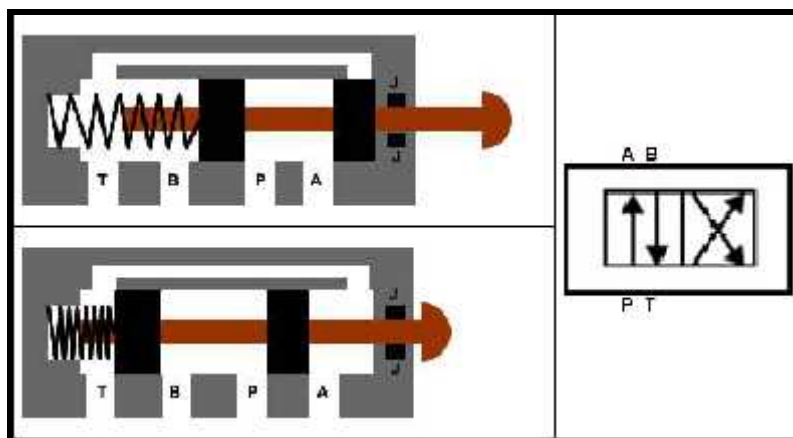


Figura 1.13: VALVULA DIRECCIÓN DE CUATRO VÍAS Y DOS POSICIONES 4/2.

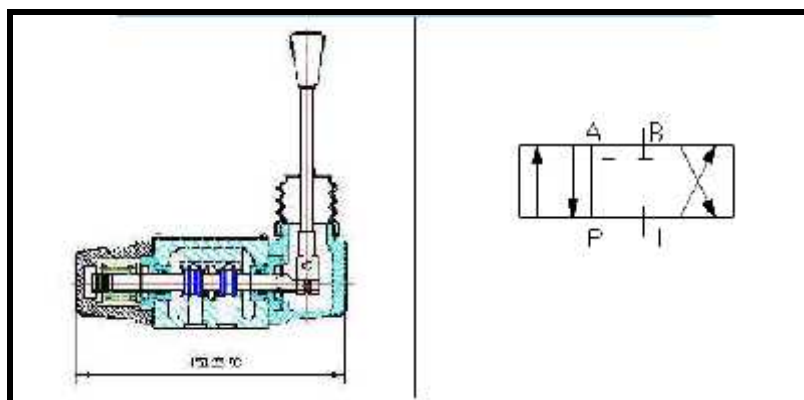
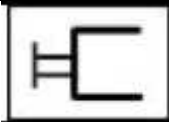
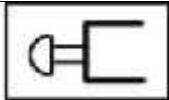
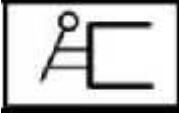


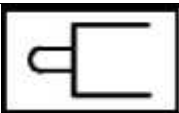
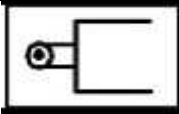
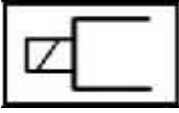
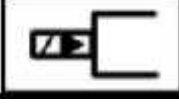


Figura 1.14: VALVULA DIRECCIÓN DE CUATRO VÍAS Y TRES POSICIONES 4/3.

Otro punto importante en este tipo de válvulas es el tener presente el tipo de accionamiento a emplear, ya que este mecanismo que permite el cambio de posición de la válvula.

Tabla 1.4: Tipos de Accionamientos.¹⁴

ACCIONAMIENTO	SIMBOLO
MANUAL	
PULSADOR	
PALANCA	
PEDAL	
RESORTE	
LEVA	
RODILLO	
SOLENOIDE	
ELECTROHIDRÁULICO	

¹⁴ Cornejo, Hernando, *Oleohidráulica básica*, Concepción, 2010, p, 11.

c) VÁLVULA DIVISORA DE CAUDAL.

Este tipo de válvula consiste básicamente en tomar el caudal en la entrada de la válvula para luego dividirlo en dos salidas iguales, utilizada en el presente proyecto para accionar dos actuadores lineales de doble efecto.

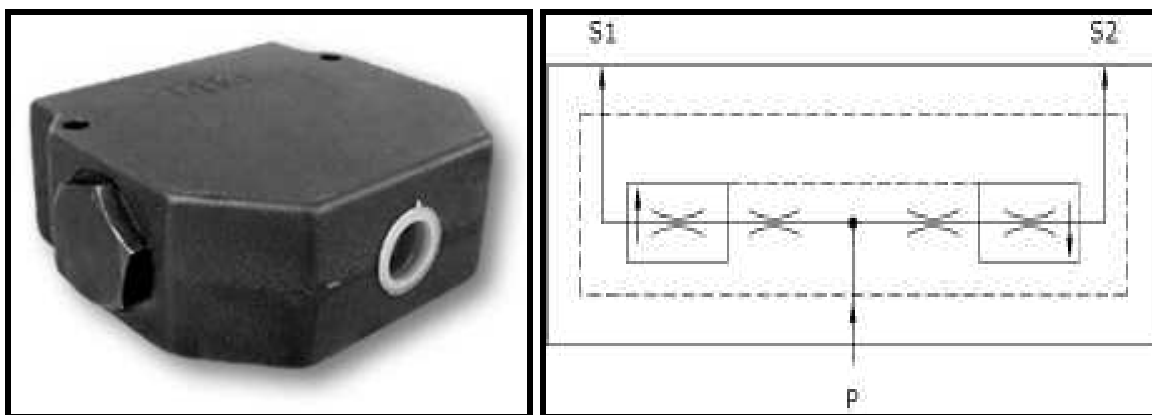


Figura 1.15: Válvula divisora de flujo simple.

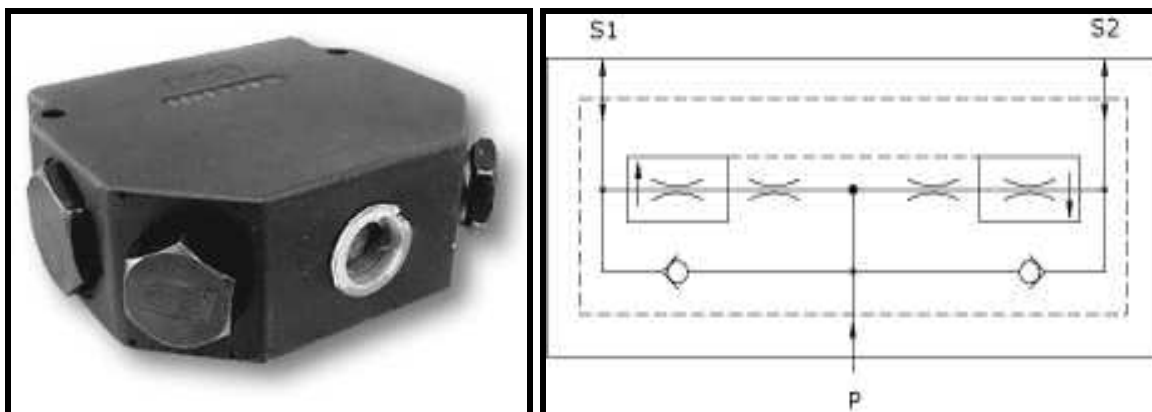


Figura 1.16: Válvula divisora de flujo con inversión de caudal.

1.2.5 CILINDRO OLEOHIDRÁULICO.

En un circuito hidráulico hoy en día el cilindro hidráulico es un equipo insustituible para la transformación de energía hidráulica en energía mecánica. Es, por lo tanto, el miembro de unión entre el circuito hidráulico y la máquina de accionamiento.

El cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y simultáneamente, transmitir fuerzas.

La fuerza máxima posible del cilindro F depende, despreciando la fricción, de la presión de servicio máxima admisible P y de la superficie efectiva A .

$$F = P * A \text{ en kg.} \rightarrow$$

En el accionamiento de movimientos lineales en máquinas de trabajo, se obtienen con los cilindros hidráulicos las siguientes ventajas:

Diseño simple y accionamiento directo fácil aplicación para el constructor de máquinas.

Como los movimientos rotatorios no requieren ser convertidos en movimientos lineales, el accionamiento del cilindro es de alto rendimiento.

La velocidad del pistón, depende del caudal introducido y de la superficie del pistón, las que permanecen constante a lo largo de toda la longitud de carrera.

De acuerdo con el tipo constructivo, un cilindro puede producir fuerzas de compresión o de tracción.

Las dimensiones de los cilindros hidráulicos permiten construir accionamientos de gran potencia con cotas reducidas de montaje.

Las aplicaciones más frecuentes de cilindros hidráulicos son elevación, descenso, bloqueo y el desplazamiento de cargas.

De acuerdo con su función (efecto) los cilindros hidráulicos se dividen en:

- Cilindros de simple efecto y
- Cilindros de doble efecto.



Figura 1.18: Cilindros oleohidráulicos Silos.

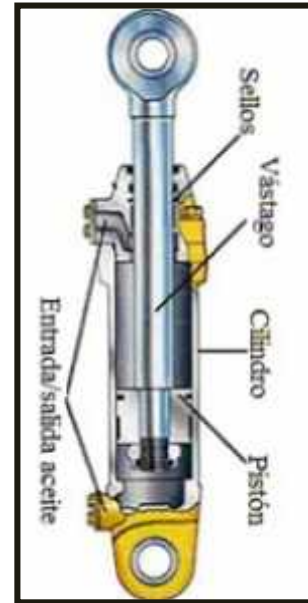


Figura 1.19: Interior de un cilindro.

1.2.6 FLEXIBLES Y TUBERÍAS.

Al realizar la conexión entre sí de los múltiples componentes que integran una instalación oleohidráulica se ocupan dos tipos de tubos sustancialmente diferentes, flexibles y rígidos:

Las tuberías flexibles se usan para alimentar aquellos órganos receptores que modifican su posición respecto a los demás durante su funcionamiento, o bien cuando el uso de tuberías rígidas no resulta aconsejable por la presencia de vibraciones debido a la actividad realizada. Estas tuberías soportan valores elevados de presión, pueden flexionarse fácilmente, incluso por la acción de pequeños esfuerzos y permiten las más diversas conformaciones.

Las tuberías rígidas son tubos de acero que soportan altas presiones, los cuales son obtenidos por estirado y recocidos sucesivos, que les confiere suficiente plasticidad para permitir su deformación, los tubos normalmente empleados presentan una superficie interior muy lisa y un diámetro con tolerancias constructivas muy reducidas.



Figura 1.20: Flexibles.



Figura 1.21: Tuberías de acero.

1.2.7 COMPONENTES DE UNIÓN.

En la actualidad es común que esté constituido por tres elementos principales: cuerpo, tuerca de apriete y virola. Para realizar la conexión se afloja primero la tuerca y se introduce el tubo en el cuerpo hasta encontrar el tope limado en este, luego se vuelve a apretar la tuerca, con la cual se provoca, a causa de la conicidad de la superficie de la tuerca, del cuerpo y de la virola, una deformación plástica de esta última y también aunque en menor grado del tubo; logrando que esta quede ajustada y así tener una unión confiable.

Existe otro tipo de unión la cual se hace con bridas que están soldadas en los extremos de los diferentes tramos a unir de las tuberías. Entre estas dos bridas, se coloca una junta de material sintético que va a producir la firmeza necesaria para el paso del fluido en la conducción, las que se aseguran gracias a tornillos.

También existe la llamada unión “americana”, en donde los tubos a unir se logran encajar gracias a que éstos contienen hilos que, asegurados por tuercas, logran llevar a cabo el proceso de ensamble.



Figura 1.22: Tipo de unión virola a virola.

1.2.8 FILTROS.

El filtrado de los líquidos oleohidráulicos es necesario para el mantenimiento correcto de sus funciones y para conseguir una duración dilatada de los elementos de la instalación. Las partículas desprendidas de todo el circuito y del trabajo hecho hacen que se mueva un número incontable de viruta.

Para preservar la vida de los elementos que constituyen el sistema, especialmente la bomba y las válvulas, se hace inevitable la utilización de filtros, ya que la suciedad produce un gran desgaste en las piezas móviles de la central; los tipos de filtros son:

- a) **Filtro de aspiración:** Dispuesto antes de la bomba, es importante, pero peligroso pues aumenta el riesgo de cavitación en la bomba, llegando a producir una gran disfuncionalidad en el sistema, las ventajas de este filtro es su precio reducido, protege a todos los elementos oleohidráulicos de las partículas más gruesas, su inconveniente: al encontrarse dentro del tanque sumergido en aceite tiene dificultad para su mantenimiento.

- b) Filtro de Impulsión (Presión):** Ubicado después de la bomba y antes de válvulas y cilindros, elimina partículas muy finas para proteger elementos específicos de la instalación. Tiene fácil mantenimiento ya que está en posición visible de fácil desmontaje. La pérdida de carga es alta debido a su paso fino, esto genera calentamiento del aceite, lo cual exigirá una refrigeración forzada.
- c) Filtro de Retorno:** Es el más importante, ubicados en las tuberías de retorno al tanque, normalmente dispuesto en la tapa superior de este. Generalmente lleva adicionado un manómetro para indicar su estado.
- d) Filtro de Llenado (Aireador):** Garantiza que el depósito este a presión atmosférica, es el filtro ubicado en el tapón de llenado que realiza el filtrado del aceite con el que se llena el tanque inicialmente y en las renovaciones periódicas del mismo.



Figura 1.23: y Figura 1.24: Filtro de aspiración fuera e Instalado en el sistema.

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

Tabla 1.5: Grados de filtración y Aplicaciones.¹⁵

Grados de Filtración, en μm	Tipo de Sistema Hidráulico
1-2	Para impurezas finas en sistemas altamente sensibles con gran fiabilidad, preferentemente en aviación y laboratorios.
2-5	Para sistemas de mando y control sensibles y de alta presión, con aplicaciones frecuentes en la aviación, robots industriales y máquinas herramientas.
5-10	Para sistemas hidráulicos de alta calidad y fiabilidad, con previsible larga vida útil de sus componentes.
10-20	Para hidráulica general y sistemas hidráulicos móviles, que manejan presiones medianas y tamaños intermedios.
15-25	Para sistemas de baja presión en la industria pesada o para sistemas de vida útil limitada.
20-40	Para sistemas de baja presión con holguras grandes.

A continuación se incluye una tabla donde se indican los grados de filtración y la posición recomendada para situar el filtro, según el tipo de componente o elemento hidráulico considerado.

Tabla 1.6: Grados de filtración y Posiciones del Filtro.¹⁶

Elemento hidráulico	Posición recomendada del filtro	Grado de filtración, en μm
Bomba de émbolos axiales	Línea de retorno y/o línea de presión	≤ 25
	Línea de baja presión	≤ 25
Bombas de engranajes y émbolos radiales	Línea de retorno	≤ 83
Válvulas distribuidoras, de presión, de caudal y cierre; cilindros	Línea de aspiración	≤ 83
Motores hidráulicos	Línea de retorno	≤ 25

Tabla 1.7: Relación de grado de filtración respecto al tipo de Bomba.¹⁷

Tipo de bomba	Grado de filtración en μm
Pistones	3 - 5
Paleta	10 - 15
Engranaje	20 - 25

¹⁵ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>.

¹⁶ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>.

¹⁷ Profesor Julio Huenul Muñoz.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

2.1. PANELES ARAUCO S.A. PLANTA NUEVA ALDEA.

El crecimiento de la industria de los tableros en Chile está muy ligado a la optimización del uso del bosque. Dentro del sector forestal, los tableros son una de las áreas menos conocidas, con un perfil menor en comparación con las grandes plantas de celulosa. Sin embargo, la industria de los tableros es una importante complementación en la matriz de aplicaciones del bosque, y es así que presentó un crecimiento de un 60 % en la capacidad instalada de producción de tableros en Chile entre el año 2006 y el 2008, llegando a una producción de 3.400.000 m³ anuales, inversión que significó un desembolso de US\$ 350 millones aproximadamente.

Esta empresa empezó su puesta en servicio a fines del año 2006, con ubicación en la Autopista del Itata Km 21, Comuna de Ranquil, VIII Región del Bío – Bío, Chile.

Los tableros contrachapados representan en parte el presente seminario, puesto que constituye el producto que se fabricaba antes del siniestro que afectó a esta y seguirá fabricando en Paneles Arauco S.A. Nueva Aldea luego de su reparación y puesta en marcha a fines del presente año 2013.



Figura 2.1: Paneles Arauco S.A. Planta Nueva Aldea.

2.2. HIDRONEUMÁTICA.

El estudio, ejecución y supervisión del proyecto es llevado a cabo por la empresa Hidroneumática, esta empresa se dedica a tres áreas:

Oleohidráulica: Construcción de centrales oleohidráulicas, armado y reparación de cilindros oleohidráulicos, reparación de bombas oleohidráulicas, micro filtrado, mantenimiento de circuitos oleohidráulicos, proyectos y ejecución de ampliación de circuitos oleohidráulicos, mantención oleohidráulica de maquinaria rodante, mantención oleohidráulica naval, Flushing, cursos de capacitación en oleohidráulica industrial básico y avanzado.

Neumática: Proyecto e instalación de redes de aire comprimido, instalación de compresores, instalación de circuitos neumáticos, cursos de capacitación en neumática básica y avanzada.

Control Automático: Instalación de circuitos de control automático oleohidráulico y automático, proyectos de automatización eléctrica, construcción de púlpitos de control industrial, instalación y programación de PLC, cursos de capacitación en control automático básico y avanzado.



Figura 2.3. Banco de Prueba Oleohidráulico de la empresa Hidroneumática.

CAPÍTULO 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

3.1. INTRODUCCIÓN.

En el actual capítulo se explica, el por qué se realizó el proyecto oleohidráulico realizado en la Panta Paneles Arauco S.A. mostrando en forma clara y concisa cada uno de los acontecimientos que llevaron a realizar tal intervención a la Planta en general.

Se dió comienzo a todo por un gran incendio producido a los alrededores de la Planta Paneles Arauco S.A. ubicada en la localidad Nueva Aldea, en la Región del Bío - Bío el día lunes 2 de enero de 2012, donde cerca de las 02:00 horas de la madrugada se había declarado un incendio en los cerros aledaños a la planta, pero descartando peligro para la celulosa, sin embargo pasadas las 05:00 horas los fuertes vientos y las enormes llamas comenzaron a consumir la dependencia, (según radio Bío Bío) favorablemente no hubo víctimas fatales ni heridos debido a que fue evacuada la totalidad de los trabajadores y que en el lugar sólo se quedaron trabajando los equipos especializados para combatir la emergencia y personal de prevención de riesgo. El siniestro provocó la pérdida casi total de la Planta Paneles Arauco S.A. con un costo estimado de US\$ 110 millones, que correspondió a la inversión inicial de la compañía en la construcción de la Planta Paneles, que comenzó a operar a fines del 2004, así como de los US\$ 50 millones que inyectó a la ampliación de está en 2008, haciendo un total de US\$ 160 millones.



Figura 3.1: Siniestro afectando la Planta.

Sin embargo, Nueva Aldea cuenta con un seguro con cobertura por incendio y terremoto por un total de US\$1.000 millones, a través de una póliza contratada en el formato de coaseguro, con RSA (52,5% de la cobertura), Mapfre (32,5%) y Ace Seguros (15%).

A pesar de estos efectos adversos, Arauco logró revertir el mal momento y anunció un aumento de capacidad de producción de paneles en un 150%. Hoy la nueva planta denominada Terciados Nueva Aldea se encuentra en plena fase de reconstrucción, cuya ejecución debería concluir en agosto del 2013 para entrar en plena operatividad a finales del mismo año.



Figura 3.2: Etapa de reconstrucción.

Debido a esta reconstrucción se logró realizar el proyecto oleohidráulico de accionamiento de las compuertas para los silos de almacenaje de biomasa para la caldera de este mismo componente, logrando rescatar del siniestro solo los cilindros oleohidráulico, que después de una acuciosa inspección se logró determinar que se mantenían operativos.

Esta actividad contempló los siguientes puntos:

- Inspección externa de los cilindros.
- Desarme.
- Inspección interna de vástagos, camisas, tapas y kit de sellos.
- Mediciones del kit de sellos para establecer los reemplazos.
- Reemplazo de Kit de sellos.

Estas actividades se describen resumidas a continuación:

3.2. Inspección Externa de los Cilindros.

Se Inspeccionaron externamente los cilindros para determinar.

- Fugas de Aceites por sello barredor.
- Abolladuras externas de camisa.
- Estado de pasadores y bujes de puño.

Resultado :

Todos los bujes de puños deberán ser cambiado por presentar daños y/ deformaciones.

Aspectos externos de camisas y tapa delantera en buen estado.

Estado superficial en malas condiciones lo que se resolverá removiendo la pintura que presenta corrosión y rayas para ser pintado de modo completo.



Figura 3.3: Estado Pasador Cilindro.



Figura 3.4: Estado Vástago Cilindro.



Figura 3.5: Estado Exterior Cilindros.

Conclusión:

Construir todos los bujes de puños.

3.3. Desarme de Cilindros.

Se procedió al desarme de los diez cilindros para determinar:

- Estado del vástago (visualizar ralladuras, abolladuras).
- Estado interno de la camisa (visualizar ralladuras, deformaciones).
- Estado de émbolos.
- Estado de los Packing de émbolo (solo informativo pues se cambiarían todos).

Resultado:

- Vástagos en buen estado excepto uno con una ralladura longitudinal de tal magnitud que se recomienda su reemplazo.
- Camisas en buen estado, presentan una superficie sin rayas sin abolladuras ni ovalamientos. El hilo de fijación de tapa en buen estado.



Figura 3.6: Estado Émbolos 1.



Figura 3.7: Estado Émbolos 2.

- Los packing se presenta en buen estado aunque serán todos reemplazados por kit nuevos.
- En la inspección y medición del kit de sellos se encontraron tres diferentes geometrías de sellos para unos mismos tamaños de émbolo, vástago y camisa.
- Conforme a este punto se desarrollará un proceso de normalización de modo de dejar todos los cilindros con un kit standarizado, favoreciendo el mantenimiento posterior.



Figura 3.8: Componentes Cilindro.



Figura 3.9: Estado Interno Cilindro.

Conclusión: Construir vástago de un cilindro por defecto superficial.

Nueve de los diez cilindros estuvieron listos para su montaje a la brevedad luego de los procedimientos realizados anteriormente, excepto un cilindro cuyo vástago se reconstruyó por estar dañado.

También se realizó el cambio total de bujes por las razones que se han descrito, finalizando con un ensayo en banco de pruebas para garantizar el funcionamiento normal de los cilindros oleohidráulicos.

3.4. CRITERIO SELECCIÓN CENTRAL OLEOHIDRÁULICA.

Otro problema producido al inicio del proyecto fue la elección del diseño de la central hidráulica, donde se proporcionaron tres opciones diferentes cada una con sus ventajas y desventajas, este criterio fue escogido tanto desde el punto de vista de su funcionalidad tomando en cuenta principalmente la cavitación, como también desde el punto de vista como el de mantención, considerando además el enfoque de ergonomía para que así, al operador le resulte más cómoda su labor.

3.4.1. CENTRAL MOTOR BOMBA VERTICAL.



Figura 3.10: Motor vertical fuera de estanque y Bomba vertical dentro de estanque.

Ventajas : Se resuelve de manera eficaz la cavitación.
Espacio reducido de estanque.

Desventajas: Mantención más problemática (Desarme completo del sistema Motobomba).

Necesita espacio en el lugar de emplazamiento para instalar equipos de levante.

No es aconsejable en lugares estrechos.

Visión cero de bomba y acceso a su mantenimiento y observación nula.

3.4.2. CENTRAL MOTOR BOMBA HORIZONTAL BAJO ESTANQUE.



Figura 3.11: Motor y Bomba Horizontal fuera del Estanque.

Ventajas : Se resuelve de manera eficaz la cavitación.
Espacio reducido de estanque.
Bomba parte siempre cebada.
Mantención sin dificultades de observación y evaluación de componentes (están todos a la Vista).

Desventajas: no hay.

3.4.3. CENTRAL CON MOTOR BOMBA HORIZONTAL SOBRE ESTANQUE.



Figura 3.12: Motor y Bomba Horizontales.

Ventaja : Mantenimiento de sistema con facilidades.
Todos los componentes a la vista.

Desventaja: La principal es el caso de mayor cavitación, debido a que la bomba (de paletas) podría partir sin suficiente aceite en su interior.

3.4.5. CONCLUSIÓN.

Se sugiere instalación horizontal bajo estanque. En ningún caso conviene la posición actual (3.4.1) que presenta el equipo porque considerando el espacio disponible muy reducido donde se encontraba y se posicionará nuevamente la central, resulta que se tiene mayores dificultades a la hora del mantenimiento.

CAPÍTULO 4

4. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES ANTIGUOS DEL CIRCUITO.

4.1. EXTRACTO PLANO ANTIGUO DEL CIRCUITO OLEOHIDRÁULICO.

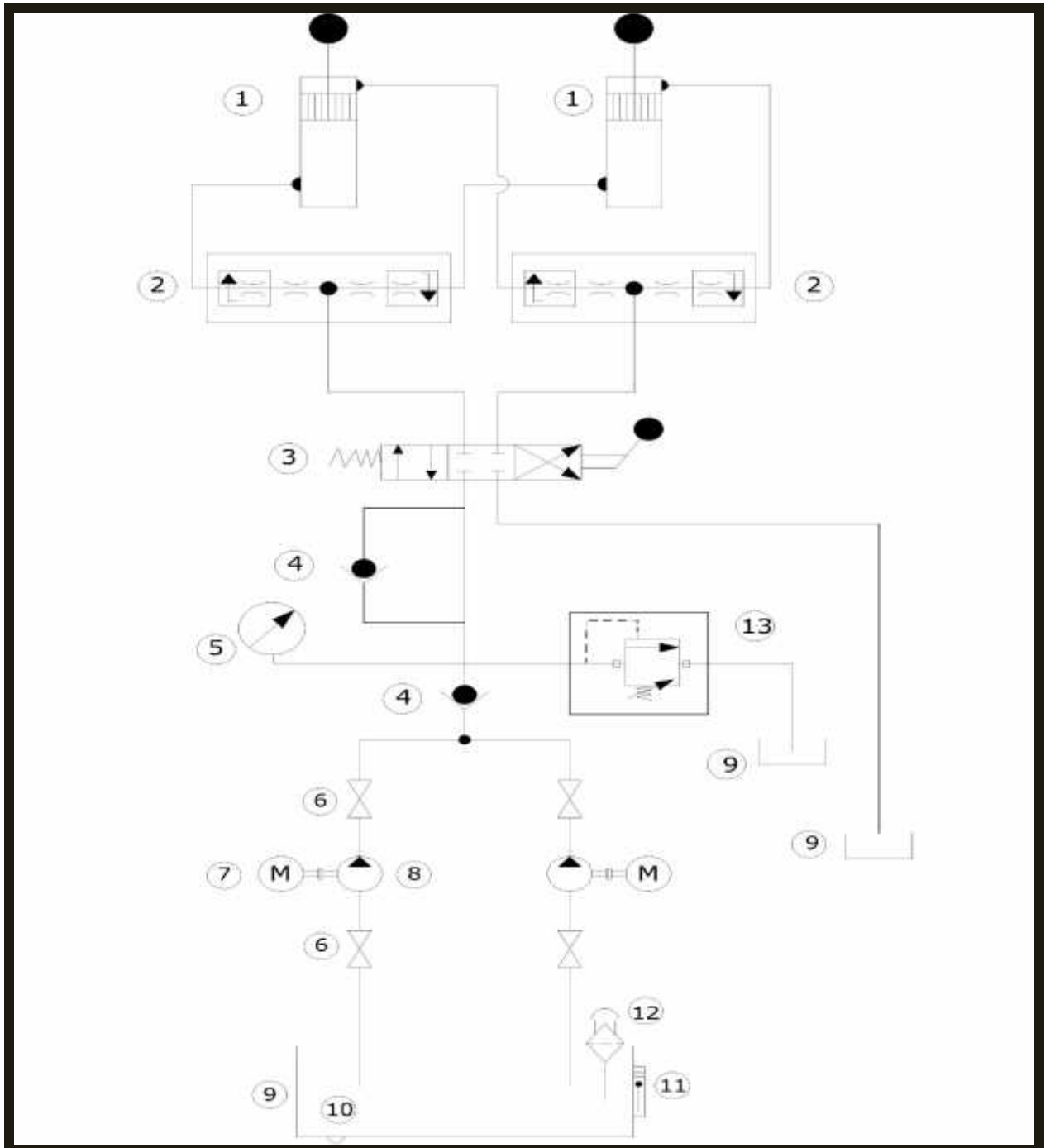


Figura 4.1: Circuito Oleohidráulico Antiguo (Circuito Completo Anexo B (Pág. 85)).
Simbología en Anexo A (Pág.81).

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ANTIGUOS.

N°	Nombre	Función
1	10 Cilindros oleohidráulicos.	Realizar un trabajo mecánico en forma de movimiento lineal.
2	10 Válvulas divisoras de flujo.	Dividir el flujo entrante en dos de salida.
3	Válvula direccional.	Distribuir en forma adecuada el arranque, parada y el sentido de marcha de los actuadores oleohidráulicos.
4	11 Válvula de Antirretorno.	Dar paso al fluido en una dirección y evitarla en la contraria.
5	Manómetro.	Medir la presión de trabajo del sistema.
6	4 Válvulas de paso.	Permite el bloqueo del paso del aceite proveniente del estanque.
7	2 Motores.	Encargado de accionar la bomba del circuito.
8	2 Bombas.	Genera el caudal que impulsa al fluido.
9	Estanque.	Almacenar el aceite hidráulico del sistema.
10	Tapón de Vaciado.	Vaciar el aceite hacia el exterior.
11	Visor de nivel y temperatura.	Lectura del nivel y la temperatura.
12	Tapón de Llenado.	Llenado y Colado del aceite hacia el estanque.
13	Válvula Relief.	Limitar la presión máxima del sistema.

CAPÍTULO 5

5. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES OLEOHIDRÁULICOS.

5.1. INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se realizarán cálculos y selección de los componentes hidráulicos que fueron afectados por el siniestro y que serán reemplazados en su totalidad a excepción de los cilindros explicado previamente.

Dichos cálculos se realizarán en base a los datos geométricos y funcionales de los cilindros con los que contaba pre siniestro el circuito oleohidráulico de accionamiento de las compuertas de los Silos. (Diámetros interiores de estos cilindros y sus vástagos así como también el largo de carrera, Presión de trabajo, o fuerzas a los que estaban expuestos).



Figura 5.1: Cilindro vista seccionada y acotada.

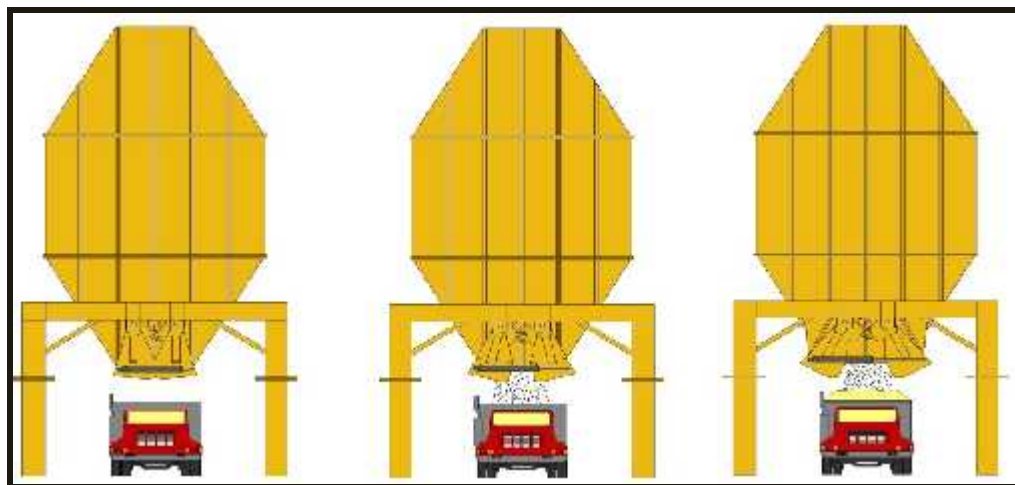


Figura 5.2: Esquema funcional del accionamiento de compuertas silos.

5.2 CALCULOS DE FUERZAS.

Para determinar las fuerzas que se utilizaran en el proyecto oleohidráulico se debe considerar una presión de trabajo igual a 100 bar, tomando como referencia la presión de trabajo del circuito anterior al siniestro, debido a que el sistema implementado trabajara en las mismas condiciones.

5.2.1 Fuerza de Empuje.

Para calcular la capacidad de empuje de un cilindro debemos saber las dimensiones del cilindro, las cuales son:

\varnothing vástago = 60(mm); \varnothing interior del cilindro = 125(mm); Largo de carrera=1100(mm)

$$F = P \times A \quad (5.1.)$$

Donde: $P = 100$ bar y $A = \pi \times r^2$

$$\text{La cual } A = \pi \times 6.25^2 (\text{cm}^2) = 122,78 (\text{cm}^2) \quad (5.2.)$$

$$\text{Por lo tanto: } F = 122,78 (\text{cm}^2) \times 100 (\text{bar}) = 12278 \text{ Kg} \quad \rightarrow$$

Sin embargo, se debe considerar que la fuerza real de empuje pierde en promedio un 8% de la fuerza solo al salir el vástago del cilindro, lo que deduce que la fuerza de empuje real es igual a $11295,7 \approx 11300$ Kg.

5.2.3 Fuerza de Tracción.

Para conocer la fuerza de tracción de este mismo cilindro deberemos de calcular la sección destinada al vástago para ello se debe tener presente el área real.

$$\text{Área del vástago} = A = \pi \times r^2 (\text{cm}^2) = \pi \times 3^2 = 28,27 (\text{cm}^2) \quad (5.3.)$$

$$\text{Área interior del cilindro} = A = \pi \times r^2 (\text{cm}^2) = \pi \times 6,25^2 = 122,78 (\text{cm}^2)$$

$$\begin{aligned} \text{Área del real} &= \text{área interior del cilindro} - \text{área del vástago} & (5.4.) \\ &= 122,78 (\text{cm}^2) - 28,27 (\text{cm}^2) = 94,51 (\text{cm}^2) \end{aligned}$$

Por ultimo;

$$F \text{ traccion} = 94,51 (\text{cm}^2) \times 100 (\text{bar}) = 9451 \text{ Kg} \quad \rightarrow$$

Lo que determina que la fuerza de tracción es igual a 9,451 toneladas.

5.3. CÁLCULO DE PANDEO (EULER).

El vástago al estar sometido a esfuerzos, corre el riesgo de sufrir el fenómeno de pandeo. Para tener en cuenta este fenómeno, el cálculo del diámetro del vástago se realiza mediante la Teoría de Euler. Según esta teoría, para un determinado diámetro (d) de vástago, la fuerza máxima que puede soportar sin que sufra de pandeo viene dada por la siguiente expresión:

$$F = \frac{K}{S} \quad (5.5.)$$

Donde **S** es un factor de seguridad de valor 2 y **K** es la carga de pandeo (en kg) que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K = \frac{L^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \quad (5.6.)$$

Donde:

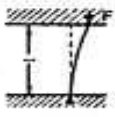


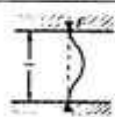
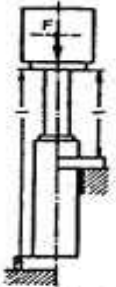
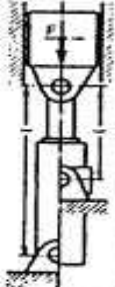

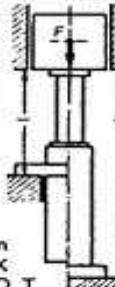
E: Módulo de elasticidad, de valor $2,1 \cdot 10^6$ (kg/cm²) para el acero.

I: Momento de inercia de la sección transversal del vástago, de valor $\pi \cdot d^4 / 64$ para un vástago de sección circular de diámetro d.

L: Longitud de pandeo del vástago, que depende del método de sujeción empleado en su montaje.

En la siguiente tabla se indica cómo se calcula L en función de las distintas situaciones de montaje del cilindro hidráulico.

Tabla 5.1: Tabla Longitud Libre de Pandeo.¹⁸

Solicitaciones según Euler				
Solicitaciones según Euler	Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4
	Un extremo libre, un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremo articulado, un extremo fijo	Dos extremos fijos
Gráfico				
Longitud libre de pandeo	$s_K = 2l$	$s_K = l$	$s_K = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$	$s_K = \frac{l}{2}$
Situación de montaje del cilindro	 Forma de sujeción C, D, F, H, K, L, M, N, P, Q, T	 Forma de sujeción B, E, G, R, S	Indicación: Guiado cuidadoso de la carga, posible bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K, L, M, N, P, Q, T	Indicación: Desfavorable; gran posibilidad de bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K, L, M, N, P, Q, T

Del cálculo realizado anteriormente tenemos que :

$$F = 11300 \text{ Kg} \rightarrow$$

Según Euler

$$F = \frac{K}{S} \quad (5.7.)$$

En el montaje realizado en proyecto, los cilindros hidráulicos se encuentran sujetos al montaje de manera que los 2 extremos se encuentran articulados, por esta manera según Euler debemos emplear que La longitud de pandeo l refleja que $s_K = 1$ por lo tanto: $l = 246 \text{ (cm)}$.

¹⁸ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>.

Por Consiguiente tenemos:

$$11300 \text{ (kg)} = \frac{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6 \text{ (cm}^2) \times I}{[246 \text{ (cm)}]^2}$$

Despejando tenemos que:

$$I = \frac{22600 \text{ (kg)} \times [246 \text{ (cm)}]^2}{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2)} = 65,98 \text{ cm}^4 \approx 66 \text{ cm}^4$$

Donde:

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (5.8.)$$

Por lo tanto despejando d (diámetro) tenemos que:

$$d^4 = \frac{55,18 \text{ (cm}^4) \times 64}{\pi} = 1344,5 \text{ (cm}^4)$$

Finalmente:

$$d = \sqrt[4]{1344,5} \approx 6 \text{ cm}$$

Por lo tanto según Euler con un factor de seguridad 2, resulta que el diámetro necesario para evitar pandeo es de 6 (cm) condición que se cumple en el Proyecto realizado.

5.4. Datos Geométricos del Cilindro Reparado.

$$\varnothing_{\text{int cilindro}} = 12,5 \text{ (cm)} \Rightarrow 4,92'' \cong 5''$$

$$\varnothing_{\text{vástago}} = 6 \text{ (cm)} \Rightarrow 2,36'' \cong 2\frac{1}{2}''$$

$$L_c = 110 \text{ (cm)} = 1,1 \text{ (m)} \Rightarrow 43,3'' \cong 45''$$

5.5. Cálculo del Área Real del Cilindro.

$$\text{Área Real} = \text{Área Cilindro} - \text{Área Vástago}$$

Para esto se necesitara realizar el cálculo de las áreas del vástago y del cilindro en su interior respectivamente.

5.4.1. Cálculo del Área Cilindro.

$$\text{Área Cilindro} = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} = \frac{\pi * 12,5^2}{4} = 122,7 \cong 123 \text{ cm}^2 \quad (5.9.)$$

Donde:

$$= 3,14.$$

$$\varnothing = \varnothing_{\text{int Cilindro}} = 12,5 \text{ cm.}$$

5.4.2. Cálculo del Área del Vástago.

$$\text{Área Vástago} = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} = \frac{\pi * 6^2}{4} = 28,27 \cong 28,5 \text{ cm}^2$$

Donde:

$$= 3,14.$$

$$\varnothing = \varnothing_{\text{int Cilindro}} = 12,5 \text{ cm.}$$

Luego con los respectivos cálculos ya realizados se resta las áreas calculadas y da como resultado el área real.

$$\text{Área Real} = 123 \text{ cm}^2 - 28,5 \text{ cm}^2 = 94,5 \text{ cm}^2$$

5.6. Velocidad de Apertura.

$$V = \frac{Lc}{t}$$

Donde:

Lc = Largo de Carrera del Cilindro obtenido del subcapítulo (5.4.).

t = Tiempo de Apertura de los Silos aprox 20 (s).

$$V = \frac{Lc}{t} = \frac{1,1 \text{ (m)}}{25 \text{ (s)}} \cong 2,5 \frac{\text{m}}{\text{min}} \quad (5.10.)$$

5.6. Cálculo del Caudal del Cilindro.

$$Qc = \frac{A * V}{10}$$

Donde:

A= Área Real del Cilindro.

V= Velocidad de Apertura de los Silos de la **formula (5.10).**

$$Qc = \frac{122,71 * 2,5}{10} \cong 31 \text{ Lpm.} \quad (5.11.)$$

5.7. BOMBA OLEOHIDRÁULICA.

5.7.1. Cálculo del Caudal de la Bomba.

$$Q_b = Q_c * 1,1$$

$$Q_b = 62 * 1,1 = 68 \text{ Lpm} \cong 18 \text{ Gpm} \quad (5.12.)$$

Donde:

$Q_c = 31 \text{ Lpm}$ de la formula (5.11.) es multiplicando por 2, ya que son el número de Cilindros dispuestos para la apertura de un solo Silo (62 Lpm).

Con esta información se procederá a calcular el Desplazamiento de la Bomba.

5.7.2. Cálculo del Desplazamiento de la Bomba.

$$D_b = \frac{Q_b * 1000}{1460} = \frac{68 * 1000}{1460} = 46,6 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \cong 2,84 \frac{\text{pulg}^3}{\text{rev}} \quad (5.13.)$$

Donde:

$Q_b = 68 \text{ Lpm}$ de la formula (5.12.).

1460 = rpm

5.7.3. Cálculo de la Presión de la Bomba.

$$P_b = P_{\text{trabajo}} * 1,15 = 100 * 1,15 \cong 115 \text{ bar} \cong 1668 \text{ PSI} \quad (5.14.)$$

Donde:

$P_{\text{trabajo}} = \text{Presión del Sistema en bar} = 100.$

Luego se procede a la selección de la Bomba Oleohidráulica considerando la **Tabla 5.2.** Extraída del catálogo de Bombas de Paletas Eaton Vickers.

De los 5 Silos disponibles por motivos de espacio para el vaciado de Biomasa de estos hacia los camiones solo se podrá realizar la apertura para 2 Silos simultáneamente lo que corresponde a 4 Cilindros y nuestros cálculos fueron realizados para 2 Cilindros (68 Lpm).

En relación a esto cada Silo nos exigirá un Caudal de 68 Lpm por lo que procedemos a seleccionar 2 Bombas de Paletas **Eaton Vickers Modelo 25VQ21A**, $Q = 21 \text{ Gpm} \Rightarrow 79,4 \text{ Lpm}$, $Db = 67 \text{ cm}^3/\text{rev}$, $P_{\text{max}} = 210 \text{ bar}$.

Tabla. 5.2: Datos técnicos Bomba Vickers 25VQ.

Designación Series	Código Code	Desplazamiento geométrico Geometric displacement	Presión Máxima Max. Operating Pressure	Velocidad máxima Max. Speed	Velocidad mínima Min. Speed
Designation	(Usqan)	cm^3/rev	(bar)	(rpm)	(rpm)
25VQ	10	12.5 (1.9H)	210	7500	600
	12	39 (2.38)			
	14	45 (2.78)			
	15	47 (2.89)			
	17	55 (3.36)			
	19	60 (3.66)			
	21	67 (4.13)			
	25	81 (4.94)			



Figura 5.3: Bomba de Paletas Eaton Vickers 25VQ21 seleccionada.

Se seleccionó una Bomba del tipo Paletas debido a estas ventajas:

- Mantenimiento sencillo y rápido.
- Capacidad para transportar productos de alta viscosidad.
- Gran poder de aspiración.
- Gran vida útil.
- Válvula de seguridad integrada permitiendo la protección del circuito.

5.8. MOTOR ELÉCTRICO.

$$POT = \frac{PB * QB}{456} = \frac{115 * 68}{456} = 17 \text{ HP} \cong 12,78 \text{ kW} \quad (5.15.)$$

$$POT_{Bomba} = POT_{Motor} * \eta(85 - 95)\% \quad (5.16.)$$

$$POT_{Motor} = \frac{POT_{Bomba}}{\eta 85\%} = \frac{17}{0,85} = 20 \text{ HP} \quad (5.17.)$$

Donde:

QB = 68 Lpm de la **formula (5.12.)**.

PB = 115 bar de la **formula (5.14.)**.

Según este cálculo la Potencia necesitada por cada Motor es de 20 HP = 15kW.

Tabla. 5.3: Datos Técnicos (tabla de selección de motores).

MOTOR IEC	Tamaño Constructivo	Potencia Nominal kW	Eficiencia IEC	Veloc. Nominal rpm	Rendimiento 1/4 carga %	1/2 %	Cos Phi	In. 380 V A (*)	Mn Nm	Ma X Mn	Ia x In	Mk X Mn	M Inercia J	Peso kg
2 polos - 3000 rpm														
1.E1002-1AA42-2AA0	100	3	IE1	2835	74	72,6	0,87	6,3	10	3,2	6,2	2,9	0,034	20
1.E1002-1BA22-2AA0	112	4	IE1	2930	78	78,1	0,86	8,3	13	2,7	7,3	3,7	0,067	25
1.E1002-1CA03-4AA0	132	5,5	IE1	2905	80	79,4	0,89	10,9	18	2	5,6	2,6	0,13	35
1.E1002-1CA13-4AA0	132	7,5	IE1	2925	83	83,4	0,88	14,7	24	2,2	5,4	3	0,16	40
1.E1002-1DA23-4AA0	160	11	IE1	2920	85	85,3	0,85	22	36	2,1	5,7	2,7	0,23	60
1.E1002-1DA33-4AA0	160	15	IE1	2930	86	86,2	0,84	30	49	2,5	6	3,2	0,24	68
1.E1002-1DA43-4AA0	160	18,5	IE1	2935	87,6	87,7	0,86	35	60	2,5	7	3,2	0,244	78
4 polos - 1500 rpm														
1.E1002-1A942-2AA0	100	2,2	IE1	1425	81	84	0,81	5,1	14,8	2,3	5,1	2,7	0,059	18
1.E1002-1A952-2AA0	100	3	IE1	1425	82,8	83,6	0,85	6,5	20	2,4	5,4	2,6	0,078	22
1.E1002-1BB23-4AA0	112	4	IE1	1435	84,2	85,1	0,84	8,6	27	2,2	5,3	2,6	0,102	27
1.E1002-1CB03-4AA0	132	5,5	IE1	1450	86	86,5	0,83	11,8	36	2,3	6,2	2,7	0,19	38
1.E1002-1CB23-4AA0	132	7,5	IE1	1450	87	87,4	0,83	15,8	49	2,5	6,6	2,9	0,24	44
1.E1002-1D923-4AA0	160	11	IE1	1460	88,4	88,1	0,82	23	72	2,3	6,4	3,1	0,24	62
1.E1002-1D943-4AA0	160	15	IE1	1460	89,4	89,7	0,82	30	98	2,5	7	3,4	0,256	73
6 polos - 1000 rpm														
1.E1002-1AC42-2AA0	100	1,5	IE1	940	83,2	84,8	0,77	4	15,3	2	4,1	2,2	0,065	19
1.E1002-1BC22-2AA0	112	2,2	IE1	930	84,8	84,4	0,77	5,6	23	2,3	4,1	2,5	0,092	25
1.E1002-1CC02-2AA0	132	3	IE1	955	86	86,6	0,74	7,7	30	2	4,6	2,6	0,17	34
1.E1002-1CC72-2AA0	132	4	IE1	950	87,6	87,8	0,76	9,7	40	2,1	4,7	2,5	0,21	39
1.E1002-1CC33-4AA0	132	5,5	IE1	950	88,4	88,7	0,75	13	55	2,5	5,2	2,8	0,27	48
1.E1002-1DC23-4AA0	160	7,5	IE1	970	89,5	89,6	0,73	18	74	2,1	5,5	2,9	0,256	72
1.E1002-1DC43-4AA0	160	11	IE1	965	90,9	91	0,77	24	109	1,9	5,9	2,7	0,278	92

Luego procedemos a la selección del Motor Eléctrico en este caso lo haremos con respecto a la **Tabla 5.3**. Extraída del Catálogo Siemens (1LE1 motores de bajo voltaje).

Recordar que de los 5 silos disponibles por motivos de espacio para el vaciado de Biomasa de estos hacia los camiones solo se podrá realizar la apertura para 2 silos simultáneamente lo que corresponde a 4 cilindros y nuestros cálculos fueron realizados para 2 Cilindros 15kW.

En relación a esto cada Silo nos exigirá un motor de 15 kW por lo que se procederá a seleccionar 2 Motores Siemens Trifásicos de alto rendimiento 1LE1 con carcasa en aleación de Aluminio de 15 kW de Potencia (destacado en la tabla anterior).



Figura 5.4: Motor eléctrico Siemens 1LE1 seleccionado e instalado.

5.9. ESTANQUE.

El cálculo del estanque del sistema se llevara a cabo gracias a la siguiente tabla:

Tabla 5.4: Cálculo del estanque¹⁹

CONDICIONES DE TRABAJO	VOLUMEN DE ACEITE (litros) (En función de Q=caudal en lpm)
Maquinaria móvil, trabajo intermitente	1,5 Q
Instalaciones fijas, trabajo intermitente, con detención de la bomba	3,0 Q
Instalaciones fijas, trabajo intermitente, sin detención de la bomba	5,0 Q
Servicio continuo, grandes calentamientos debido a estrangulaciones	10 Q
Ambientes a altas temperaturas	Mayor a 10 Q

Según las condiciones de trabajo a las cuales estará expuesto el sistema de la **Tabla 5.4**. Se elige la opción de instalaciones fijas, trabajo intermitente, con detención de la Bomba.

De la **formula (5.12.)** se obtiene un **Qb = 68 Lts/min.**

$$V' = 3 * QBomba = 3 * 68 = 204 \text{ Litros} \quad (5.18.)$$

Al volumen calculado, considerar un 15% que permite disponer un espacio libre sobre el Aceite.

Lo que da:

$$V = 1,15 * V' = 1,15 * 204 = 234,6 \text{ Litros aprox } 235 \text{ Litros} \quad (5.19.)$$

Dimensionamiento:

$$B = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{235000} = 61,7 \text{ cm} \quad (5.20.)$$

Donde V = volumen del estanque en cm³.

$$L = 1,5 * B = 1,5 * 61,7 = 92,55 \text{ cm} \quad (5.21.)$$

Donde L = largo.

¹⁹. Cornejo, Hernando, op cit., p, 34.

$$H = A = 0,82 * B = 0,82 * 92,55 = 75,89\text{cm} \quad (5.22.)$$

Donde **H** = altura.

Donde **A** = ancho.

$$t = \frac{L * \sqrt{H}}{521} + 1,5 = \frac{92,55 * \sqrt{75,89}}{521} + 1,5 = 3,04 \text{ mm} \quad (5.23.)$$

Donde **t**: es el espesor de la placa.

En relación a esta estimación el Estanque tendría que tener una capacidad de 550 litros y dimensiones de **L** = 93 (cm), **H** = 76 (cm), **t** = 3 (mm).

Pero debido al reducido espacio que presenta la cabina de mando en donde se instalará el estanque las dimensiones serán de 1000 x 500 x 500 (mm) y tendrá una capacidad de 200 Lts el restante Aceite calculado sobrante será depositado en las líneas de Piping y Cilindros.



Figura 5.5: Vista del reducido espacio de la cabina.



Figura 5.6: Central Oleohidráulica Estanque Tipo L (Etapas).

5.10. ACEITE.

Se ha de ocupar Aceite Hidráulico Mobile DTE 26.



Figura 5.7: Aceite Mobile DTE 26 usado en el Proyecto.

Tabla 5.5: Especificaciones y Aprobaciones del Aceite²⁰

La serie Mobil DTE 20 cumple o excede a siguientes especificaciones	26
FZG Gear Test, DIN 51354 - Etapa de fallo	12
La serie Mobil DTE 20 posee las siguientes aprobaciones	26
Cincinnati Machine	
P-68	X
P-69	
P-70	
Vickers I-286-S	X
Vickers M-2950-S	X
Denison HF-0, HF-1, HF-2	X

Tabla 5.6: Características del Aceite²¹

Mobil DTE 20 Series	26
Grado ISO	68
Viscosidad, ASTM D 445	
cSt @ 40°C	71.2
cSt @ 100°C	8.53
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	98
Densidad @ 15.6°C/15.6°C, ASTM D 1298	0.881
Corrosión al cobre, ASTM D 130, 3 hrs @ 100°C	1B
Características de herrumbre Proc B, ASTM D 665	Pasa
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-21
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	236

²⁰ Catálogo de aceites Mobile.

²¹ Catálogo de aceites Mobile.

5.11. VÁLVULA DIRECCIONAL.

SALAMI

Características:

- Con Válvula Check y Válvula de sobrepresión regulable incorporada.
- Temperatura máxima Fluido: -20 a 85°C.
- Temperatura recomendada: 30 a 60°C.
- Rango Viscosidad: 10 a 460 cSt.
- Óptima Viscosidad: 12 a 72 cSt.
- Nivel máximo de Contaminación: NAS 1638: Clase 9 / ISO 4406:19/16.
- Presión Máxima: 5000 psi.
- Tipo: Centro abierto con Check incorporado.
- Conexiones: BSP / ISO 228.
- Accionamiento manual PALANCA, vuelta por resorte.

Uso

Para controlar varios Cilindros o Motores desde un solo mando.

Tablas 5.7: Extracto de Catálogo, Válvulas Direccionales Salami.

COD SAP	DIGITO	CATALOGO	CONEXION ENTRADA-SALIDA	VALVULAS
3002775	0322502-K	VDM6-02D175/1x	A-B-P(BSP ^{3/8})/T(BSP ^{1/2})	1
3002776	322504	VDM6-02D175/2x	A-B-P(BSP ^{3/8})/T(BSP ^{1/2})	2
3002777	322506	VDM6-02D175/3x	A-B-P(BSP ^{3/8})/T(BSP ^{1/2})	3
3002778	322508	VDM6-02D175/4x	A-B-P(BSP ^{3/8})/T(BSP ^{1/2})	4

COD SAP	DIGITO	CATALOGO	CONEXION ENTRADA-SALIDA	VALVULAS
3008214	623203420	VDM8-02D175/1XP01A-NLA-C2/U7G	A-B-T(BSP ^{1/2})/T(BSP ^{3/4})	1
3008215	623203430	VDM8-02D175/2XP01A-NLA-C2/U7G	A-B-T(BSP ^{1/2})/T(BSP ^{3/4})	2
3008216	623203440	VDM8-02D175/3XP01A-NLA-C2/U7G	A-B-T(BSP ^{1/2})/T(BSP ^{3/4})	3
3008217	623203450	VDM8-02D175/4XP01A-NLA-C2/U7G	A-B-T(BSP ^{1/2})/T(BSP ^{3/4})	4

VALVULA	PRESION BAR	CAUDAL L/MIN (gpm)a1500rpm	VIAS	POSICIONES
VDM6	350 BAR	45 (11,8)	4	3
VDM8	350 BAR	75 (19,8)	4	3

Con una **P_{trabajo}** de 100 bar, **Q_b**= 68 Lpm calculado de la **formula (5.12.)**. Por lo que se selecciona el modelo de Válvula VDM8.



Figura 5.8: VDM8.

Cantidad : 5 (2 dobles 1 Simple).

Conexión: 1/2" BSP.



Figura 5.9: Válvula Direccional usada.

5.12. TUBERÍAS Y FITTING.

De la Fórmula:

$$Q_c = \frac{A \cdot V}{10}$$

Se despeja el Área.

$$A = \frac{Q_c \cdot 10}{V} \quad (5.24.)$$

Donde:

$Q_c = 31$ Lpm calculados de la **formula (5.11.)**

$V =$ Velocidad del Fluido 4 (m/s) $\Rightarrow 240$ (m/min).

Recomendaciones indican que con esta velocidad, el fluido se desplaza evitando las turbulencias, lo que se verifica en el punto siguiente luego de calcular el diámetro de los ductos.

$A =$ Área Transversal de la Tubería y Fitting.

Lo que da:

$$A = \frac{10 \cdot Q_c}{V} = \frac{10 \cdot 31}{240} = 1,29 \text{ cm}^2 \cong 1,3 \text{ cm}^2$$

Luego se despeja el Diámetro.

$$\varnothing = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3}{\pi}} = 1,29 \text{ cm} \cong 0,5 \text{ " } = 1/2 \text{ " } \quad (5.25.)$$

Por lo tanto se eligen líneas de tuberías, Flexibles de alimentación a Cilindros y Fitting de $1/2$ ".

5.13. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE FLUJO.

A continuación se realizara la determinación del tipo de flujo que transita a través de las líneas de tuberías de alimentación a cilindros seleccionadas anteriormente, con el motivo de comprobar si este lo realiza a un régimen laminar, lo cual es lo recomendado y óptimo para un sistema oleohidráulico ya que si fuese turbulento las pérdidas de presión serian grandes en relación a las que se producen con un régimen laminar lo cual ocasionaría una disminución del rendimiento del sistema.

Tuberías de \varnothing Interior de 1/2" de la **formula (5.25.)** => 1,27 (cm) => 0,0127 (m).

Aceite Mobil DTE 26. Grado ISO 68. cSt 40° = 71, 2.	}	Datos del Aceite extraídos de la Tabla 5.6.
---	---	--

Donde: 1 St = 100 cSt = 1 (cm²/s) = 0.0001 (m²/s).

ν = Viscosidad Cinemática = 0,0000712 (m²/s).

Q = 21 Gpm => 79, 48 Lpm.

Donde: 1 Lpm, = 0.000016 (m³/s).

Por lo tanto: Q = 0, 00132 (m³/s).

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00132 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00126 \text{ m}^2} = 10,47 \text{ (m/s)}. \quad (5.26.)$$

$$Re = \frac{V \cdot \varnothing_{int}}{\nu} = \frac{10,47 \cdot 0,019}{0,0000712} \cong 1868. \quad (5.27.)$$

Por lo tanto según los cálculos realizados, el flujo del aceite **Mobil DTE 26** con Viscosidad Cinemática de 0,0000712 (m²/s) que recorre a través de las tuberías de diámetro interior 1/2" seleccionadas a una Velocidad de 10,47 (m/s) lo realiza con un Flujo Laminar, por poseer un Reynolds de aproximadamente 1868.

CAPITULO 6

6. MODIFICACIONES DEL CIRCUITO.

6.1. EXTRACTO PLANO DEL CIRCUITO OLEOHIDRÁULICO MODIFICADO.

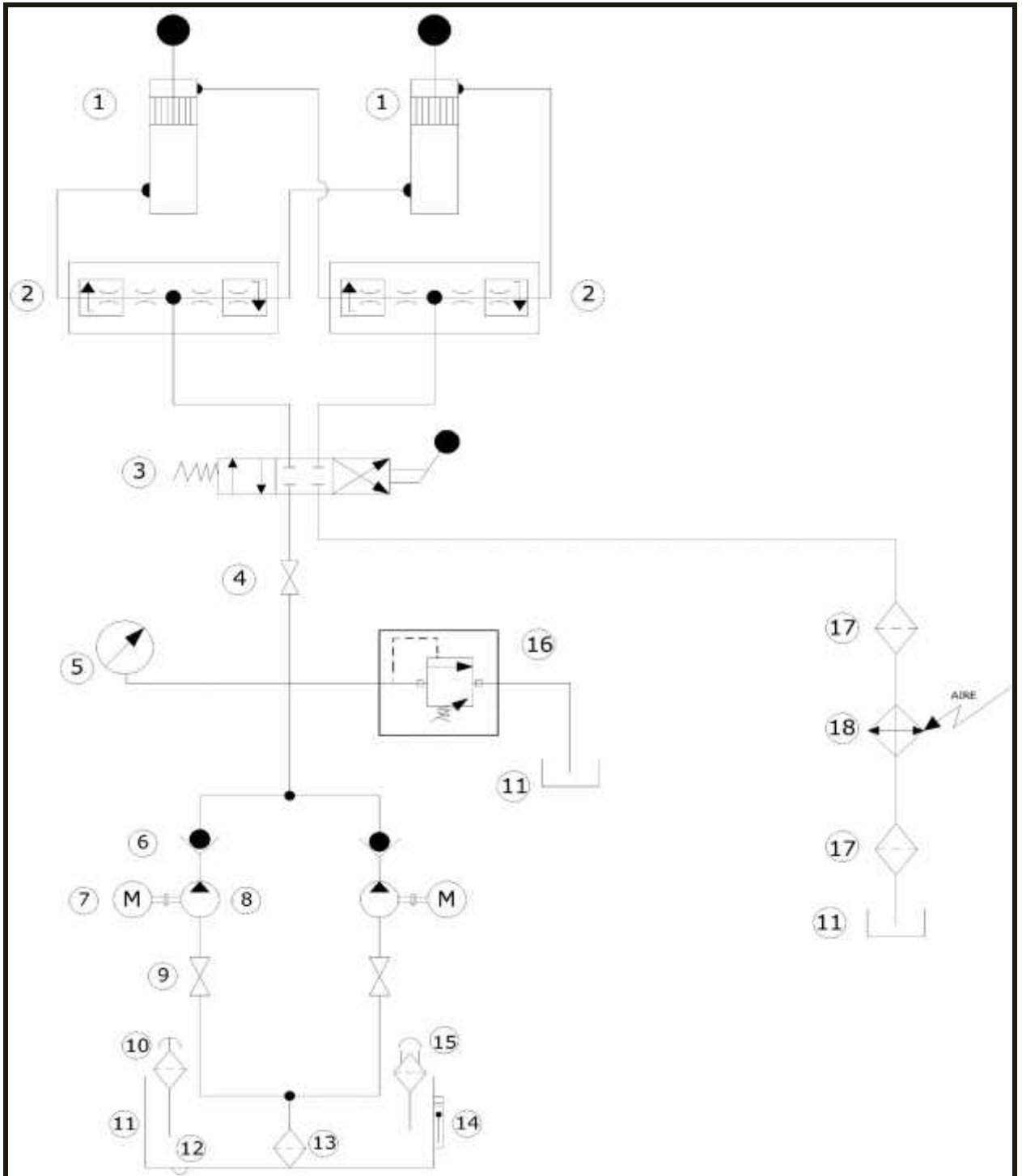


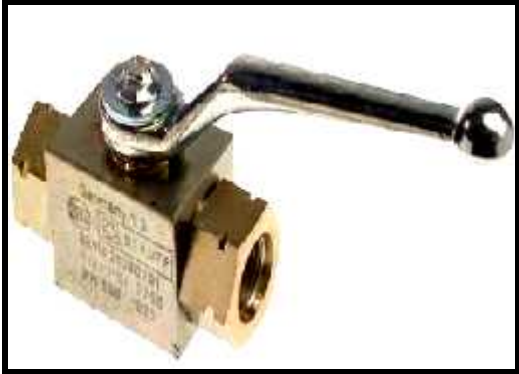
Figura 6.1: Circuito Oleohidráulico Modificado (debido al reducido espacio se adjunta el circuito para un silo ya que para los cuatro restantes es el mismo).
 Simbología y Plano Circuito Completo en Anexos A y C respectivamente (Págs. 81 y 86).


6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO.

Nº	1
Nombre	Cilindro Oleohidráulico.
Función	Transforma la energía Oleohidráulica en mecánica a través de un movimiento lineal alternativo.
Imagen	


Nº	2
Nombre	Válvula Divisora de Flujo Eaton Vickers FDC1 .
Función	Esta válvula toma la entrada (P) y la dividen en dos salidas iguales (S1 y S2) y permiten la inversión del caudal libre desde las conexiones de salida (S1 y S2) a la conexión de entrada (P). En este sentido no es de presión compensada.
Imagen	

Nº	3
Nombre	5 Válvulas Direccionales 4/3 centro cerrado centrada por resorte. Salami.
Función	Distribuir en forma adecuada el arranque, parada y el sentido de marcha de los actuadores oleohidráulicos.
Imagen	 <p>The image shows a Salami 5-way directional valve. It is a compact, rectangular metal component with five levers protruding from the top. Each lever is connected to a spool that controls one of the five hydraulic circuits. The valve has ten ports in total: five on the front face and five on the top face. The levers are currently in a neutral position.</p>


Nº	4
Nombre	Válvula esférica de Alta Presión 2 vías conexión roscada BBVM20. (4567 Psi) Stauff.
Función	Utilizada para controlar el paso del aceite a altas presiones.
Imagen	 <p>The image shows a Stauff BBVM20 high-pressure ball valve. It is a compact, rectangular metal component with a single ball valve mechanism. The valve has two threaded ports on the front face. A long, curved handle is attached to the top of the valve, allowing for manual operation. The handle has a spherical end. The valve is shown in a closed position.</p>


Nº	5
Nombre	Manómetro Accuaire .
Función	Medir la presión. 0 – 3500 psi.
Imagen	

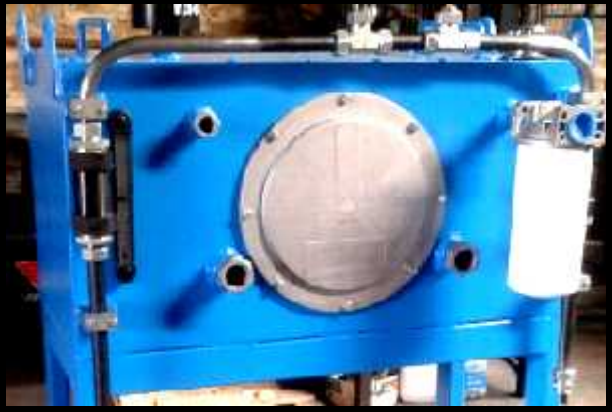
Nº	6
Nombre	Válvula Antirretorno (check) Vickers DT8P1-10-65-11 .
Función	Permitir el paso del fluido oleohidráulico en un sentido y retenerlo en el contrario.
Imagen	


Nº	7
Nombre	2 Motores Eléctricos de 20 HP Siemens 1LE1.
Función	Encargados de accionar las bombas del circuito.
Imagen	

Nº	8
Nombre	2 Bombas Oleohidráulica EATON Vickers 25VQ21A.
Función	Genera el caudal necesario para accionar los componentes oleohidráulicos.
Imagen	

N°	9
Nombre	2 Válvulas de Paso.
Función	Da paso al llenado de la bomba con aceite proveniente del estanque, antes de ser esta accionada.
Imagen	

N°	10
Nombre	Filtro Aireador Eaton Vickers (BR210) .
Función	Evitar el ingreso de impurezas que se encuentran en el aire al sistema.
Imagen	

N°	11
Nombre	Estanque.
Función	Almacenar el aceite oleohidráulico del sistema.
Imagen	

N°	12
Nombre	Válvula de Cierre. (Vaciado) 1".
Función	Su función es el de abrir o cerrar el paso del aceite hacia el exterior (vaciado del estanque).
Imagen	

N°	13
Nombre	Filtro de Succión. (MP Filtri).
Función	Evitar el ingreso de impurezas al sistema con la finalidad de proteger a la bomba, se encuentra dentro del estanque.
Imagen	

N°	14
Nombre	Visor de Nivel y Temperatura. (MP Filtri).
Función	Observar de manera visual el nivel de aceite en el estanque y la temperatura de este.
Imagen	

N°	15
Nombre	Tapón de Llenado (Respiradero) MP Filtri .
Función	Ducto de ingreso del aceite al sistema y “colado” de éste.
Imagen	

N°	16
Nombre	Válvula de Seguridad Vickers CT 06-F-50 . 1500-3000Psi.
Función	Limitar la presión máxima del sistema y regular la fuerza máxima.
Imagen	

N°	17
Nombre	2 Filtro de Retorno Vickers V0211 . Malla: 10 u (Para bombas de paletas). Q = 180 lts / min.
Función	Evitar el paso de impurezas al estanque.
Imagen	

N°	18
Nombre	Intercambiador de Calor Aire – Aceite LAC2 .
Función	Utilizado para la refrigeración del aceite al momento que este retorna a estanque, evitando temperaturas indeseables superiores a 50°C en sistemas oleohidráulicos.
Imagen	

6.3. Elementos Cambiados.

- Válvulas de corte rápido eliminadas de la posición de salida de las bombas.
- Instalación de Válvulas Check a la salida de cada bomba.
- Instalación de Válvula Relief Vickers CT 10 en la línea de salida al banco de válvulas. Con la finalidad de evitar alguna explosión, la falla de un equipo o tubería por un exceso de presión ya que al momento de que la presión interna del sistema impuesto por la válvula supere el límite establecido, esta libera fluido, para así evitar que ocurran fallas por sobrepresión.
- Instalación de motores con sus respectivas bombas fuera de la caja de aceite recomendándose la posición bajo a la caja de aceite, con este cambio surgen diversas mejoras contribuyendo de sobre manera tanto al funcionamiento por disminuir la cavitación, un inconveniente que está instalado en todo sistema hidráulico como también al área de mantención ya que al dejar los motores con sus respectivas bombas fuera de la caja de aceite se facilita de considerablemente a momento de manipular estos, al no existir obstáculos en infraestructura para las futuras reparaciones, inspecciones, etc.
- Instalación de Intercambiador de calor en el retorno (detallado en el subcapítulo siguiente).

6.4. Intercambiador de Calor.

La elección del Intercambiador de calor, se realiza para evitar las temperaturas indeseables, causantes de deterioro en los sellos y cambios en la viscosidad del aceite lo que disminuye el rendimiento del sistema, en lubricación permite mantener la temperatura al aceite con el fin de enfriar los componentes mecánicos. Por el hecho de estar la Central Oleohidráulica en posición fija se debería optar por uno de tipo Agua-Aceite, pero debido a que cerca de la cabina de mando donde está posicionada la Central no existe una fuente que pueda suministrar de agua dicho Intercambiador e igualmente se optó no crear una ruta para ello debido al tiempo disponible para realizar esto y además por supuesto consta de una inversión mayor. Por lo que se optó por la opción de un Intercambiador de Aire - Aceite. Se ha de seleccionar dicho Intercambiador, utilizando fórmulas de la empresa **Hydan Internacional**. Pero utilizaremos el gráfico de la empresa **OLAER** ya que son estos Intercambiadores los que se encuentran en la zona (Concepción, VIII Región de Chile).

$$P_v = \frac{\Delta T \cdot C_{aceite} \cdot \rho_{aceite} \cdot V}{t \cdot 60} \quad (6.1)$$

Donde:

P_v = Potencia disipada (kW).

ΔT = Aumento de Temperatura en el Sistema (se estima unos 40°C).

C_{aceite} = Capacidad Calórica Específica (1,88 kJ/ (kg*K) para aceite mineral).

ρ_{aceite} = Densidad (para aceite mineral 0,915 kg/l).

V = Capacidad del Depósito (200 lts).

t = Tiempo de Servicio (se estima 10 min para el vaciado total de los silos).

$$P_V = \frac{40 \cdot 1,88 \cdot 0,915 \cdot 200}{10 \cdot 60} = 22,94 \text{ kW}$$

$$P_{01} = \frac{P_V}{T_1 - T_3} \quad (7.2)$$

Donde:

P_{01} = Potencia de Refrigeración Específica (kW / °C)

P_V = Potencia de Pérdida (22,94 kW)

T_1 = Temperatura de Aceite recomendada (60 °C)

T_3 = Temperatura Ambiente Aire (20 °C)

$$P_{01} = \frac{22,94}{60 - 20} = 0,57 \text{ kW/°C}$$

Con estos resultados y con el caudal que entregan las 2 bombas (**158,97 Lts / min**), se procede a ubicar los datos en el gráfico de la Figura 6.2.

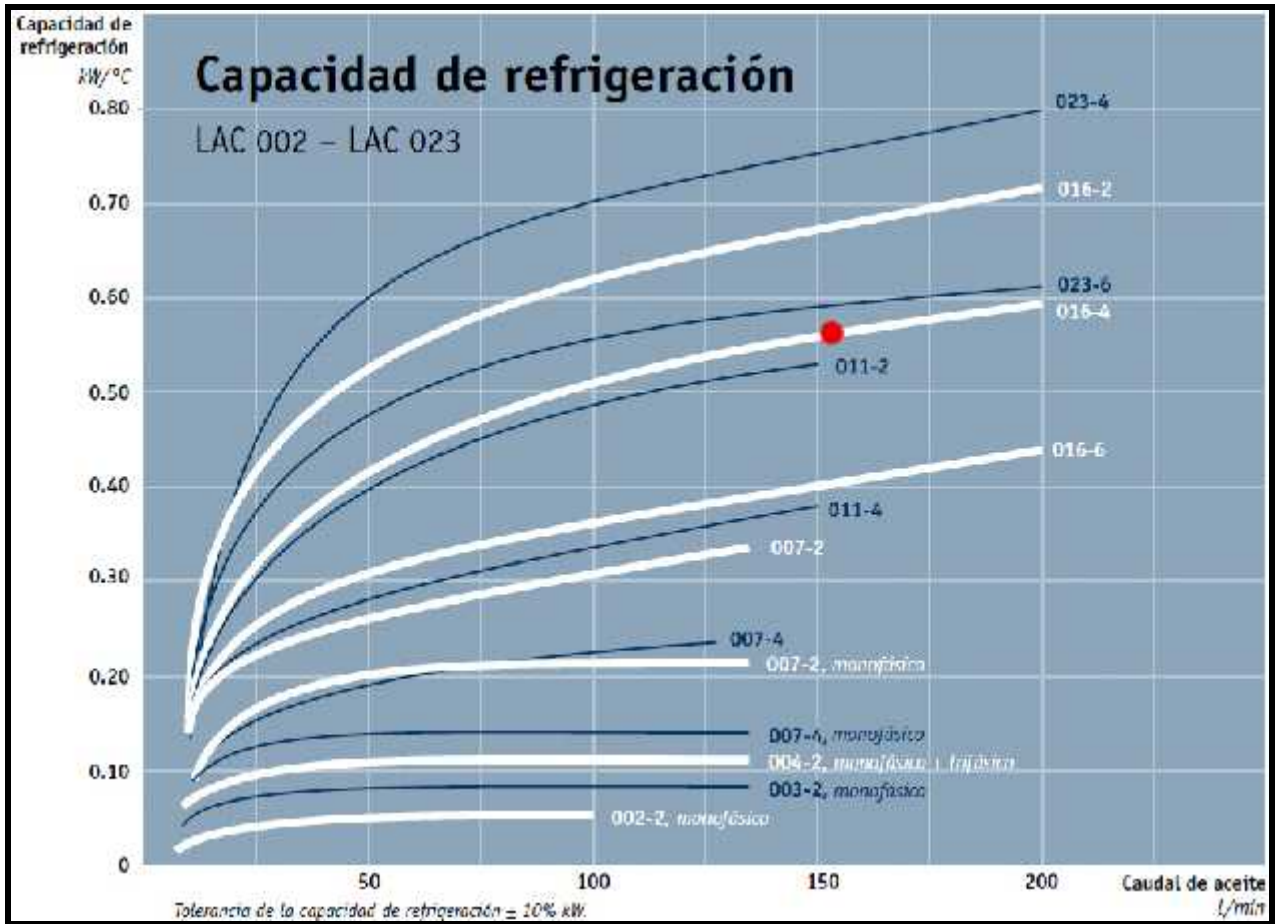


Figura 6.2: Parámetros de Selección Intercambiador de Calor OLAER LAC 002 – LAC 023.

Como se aprecia en el gráfico de la Figura 6.2. Se elige el Intercambiador de Calor OLAER modelo LAC2 016 - 4.



Figura 6.3: Intercambiador de Calor Aceite - Aire OLAER LAC2 016 - 4.

CAPÍTULO 7

7 PUESTA EN MARCHA.

7.1. INTRODUCCIÓN.

Este el último capítulo resulta de gran importancia debido que es el proceso final de todas las etapas anteriormente abordadas, se refiere a la puesta en marcha del sistema oleohidráulico reacondicionado después del siniestro por el cual se vio afectado. Antes de realizar la puesta en marcha se debieron realizar una serie de etapas para lograr el correcto funcionamiento de ésta, los cuales serán detallados a continuación.

7.2. ALINEACIÓN DE MOTORES.

En primer lugar, este capítulo refiere detalladamente a la alineación de motores que fue realizada para los motores Siemens 1LE1 de 20 HP instalados en la central. La alineación es una parte vital del mantenimiento diario.

“Una máquina averiada causa una pérdida catastrófica de la producción. Cerca del 50% de todas las averías de máquina son debidas a una mala alineación”.²²

²² ARTICLE FIXTURLASER

7.2.1. DESALINEACIÓN.

Las máquinas tienen que alinearse tanto en el plano horizontal como en el vertical. La desalineación se puede deber a una desalineación paralela o angular y es, de hecho, una combinación de ambas.

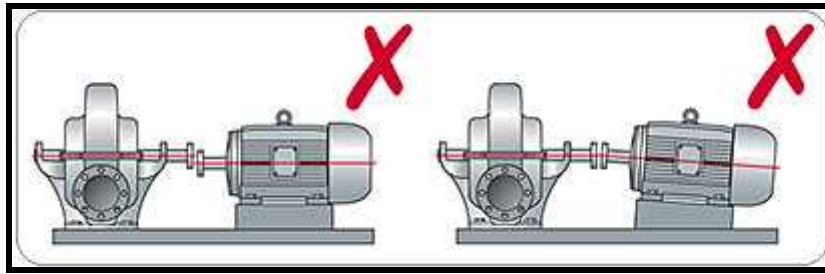


Figura 7.1: Desalineación paralela y angular respectivamente.

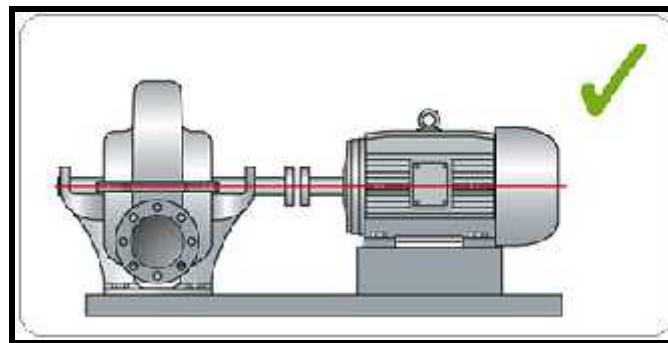


Figura 7.2: Alineación Correcta.

Las posibles consecuencias de la desalineación de ejes afectan gravemente a los resultados de cualquier empresa:

- Aumento de la fricción y, por tanto, del consumo energético.
- Averías prematuras de rodamientos y retenes.
- Averías prematuras de ejes y acoplamientos.
- Fugas excesivas del lubricante por la obturación.
- Fallo de los pernos de acoplamientos y fijaciones.
- Aumento de la vibración y el ruido.

7.2.2. MÉTODOS DE ALINEACIÓN.

a.) REGLA.

Precisión --
 Velocidad ++
 Fácil uso ++

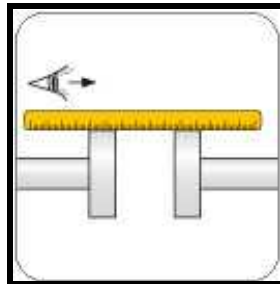


Figura 7.3: Regla Alineando.

b.) RELOJ COMPARADOR.

Precisión ++
 Velocidad --
 Fácil uso --

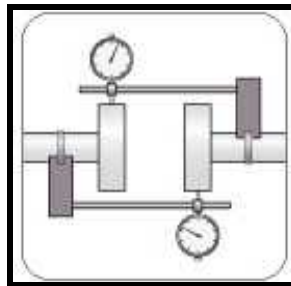


Figura 7.4: Relojes Comparadores Alineando.

c.) ALINEACIÓN LASER.

Precisión ++
 Velocidad +
 Fácil uso +

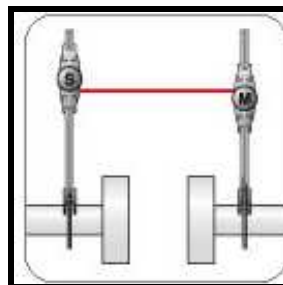


Figura 7.5: Alineación Laser en Proceso.

7.2.3. SISTEMA DE ALINEACIÓN UTILIZADO.

En resumen, queda claro que los sistemas de alineación láser son más rápidos y fáciles de usar que los relojes comparadores, tienen más precisión y no requieren formación específica para conseguir resultados precisos prácticamente siempre.

Antes de comprar un sistema de alineación ya que no se contaba con un dispositivo de alineación láser y personal capacitado para ello, se realiza el llamado a una empresa idónea en el tema SKF TRAYENKO cuyo personal fue el encargado de realizar dicho alineamiento, utilizando el equipo TKSA 40. El TKSA 40 cuenta pantalla gráfica retroiluminada de 4 pulgadas, animaciones, tablas de tolerancias predefinidas y modificables por el usuario, de igual manera funciona de forma intuitiva, gracias a su interfaz gráfica animada.



Figura 7.6: Alineador Láser SKF TKSA 40 en uso.

Para poder finalizar la alineación, después de ocupado el *SKF TKSA 40* fue necesario corregir la posición del motor, de un lado a otro y en altura, utilizando las chapas calibradas. SKF TRAYENKO dispone de una completa gama de chapas calibradas para maquinaria de precisión que se adaptan a la mayoría de las aplicaciones.



Figura 7.7: Chapas Calibradas.

7.3. LLENADO DE ESTANQUE OLEOHIDRÁULICO.

Para el llenado del estanque en la central oleohidráulica fue necesario el uso de un equipo de filtración denominado “unidad microfiltradora”, esta fue diseñada para trasvasijos, diálisis, flushing, etc, donde ocupa dos filtros uno de 10 micras para la succión y otro de 3 micras para la descarga ambos de marca “Baldwin” trasladando hasta 5.5 Gpm de aceite oleohidráulico que en el proyecto fue Aceite Mobile DTE 26.


		
<p>Unidad microfiltradora.</p>	<p>Unidad microfiltradora al momento de la conexión.</p>	<p>Unidad microfiltradora trasvasijando desde el barril al estanque de la central.</p>

Fig. 7.8: Unidad Microfiltradora.

Es importante tener en cuenta que no debe llenarse el tanque con aceite no filtrado de barril o contenedor de aceite a pesar de que este nuevo, debido a que siempre puede haber partículas que podrían causar daños y paradas futuras.

7.4. FLUSHING.

El flushing es una técnica sumamente importante, consiste en hacer recircular aceite hidráulico con el cual será operada posteriormente la unidad a través del circuito, desconectando los actuadores, uniendo los tubos de entradas y salidas entre sí, y creando un circuito cerrado. Logrando un circuito libre de obstáculos en el que el aceite pueda circular con la finalidad de arrastrar todas aquellas partículas que puedan contaminar el fluido hidráulico la cual pueden provocar un mal funcionamiento de los componentes del sistema.



Fig. 7.9: Silos al momento del flushing.

Es conveniente tener a mano un número suficiente de filtros ya que al principio se colapsaran con facilidad. Para conocer cuando es necesario cambiar un filtro en el equipo empleado, fue necesario observar el manómetro ubicado en el cabezal de éste, teniendo como límite 3 bar, que es el valor límite establecido por el fabricante, mientras no ocurra esto el filtro se encuentra operativo, sin embargo pueden adoptarse varias soluciones, dispositivos visuales y/o eléctricos que avisen cuando es necesario el cambio, bien mediante una señal visual o bien mediante una alarma en el sistema de control.



Fig. 7.10: filtros utilizados al momento del flushing.

En el análisis del aceite ubicado en el interior del filtro cambiado después del flushing, se observó un sin número de partículas totalmente dañinas para el sistema, entre las que sobresalían las cáscaras de pintura y polvillo de acero, a pesar de la minuciosa limpieza previa de la central y las líneas antes de llevar cabo esta técnica. Lo que indica lo importante de los filtros de todos los sistemas hidráulicos en general y las grandes pérdidas que pueden provocar al sistema él no tomarlos en cuenta.



Fig. 7.11: inspección del aceite después del flushing.

7.5. SANGRADO.

Para finalizar con las técnicas previas a la puesta en marcha se realizó un método que es relevante en el funcionamiento del sistema Oleohidráulico, ya que es la que hace posible que se libere todo el aire acumulado, tanto en las líneas como en el mismo cilindro, consiguiendo que estos actuadores operen de modo uniforme y paralelo, provocando que se abra y se cierre de forma correcta, ayudando sin lugar a duda a que perdure aún más la vida útil del sistema en general, ya que de no hacerlo se puede dañar por movimientos bruscos e interrumpidos. Además es de suma importancia tomar en cuenta que al no realizar de forma correcta el sangrado se puede provocar el mal cierre de las compuertas, con descarga indeseada de la biomasa almacenada en los silos.

Para llevar a cabo esta técnica primero se procedió a abrir un silo de almacenamiento mediante su respectiva válvula direccional y así llenar las líneas de tuberías y flexibles correspondientes a la entrada de los 2 primeros cilindros de un silo de almacenamiento (cilindro replegado). Al estar los cilindros dispuestos uno a cada extremo del silo la ruta de la línea para un cilindro es más corta que las de su otro extremo, motivo por el cual se produce el llenado más rápido de aceite en la línea de un cilindro. Provocando derrame de aceite en este procedimiento a la espera del llenado de la línea restante para así al estar cada línea llena proceder al aprete de cada flexible en su respectivo cilindro con las líneas ya sin aire.



Fig. 7.12: Cierre Pre Sangrado.



Fig. 7.13: Abertura Post Sangrado.

Luego se procede a la real apertura del silo y así realizar un llenado continuo y paralelo de cada cilindro con aceite (cilindro finalmente extendido).

En esta posición se procede a cerrar el silo pero con cada línea desconectada de sus respectivos cilindros para así llenar las líneas de aceite eliminando el aire en ellas (el mismo procedimiento descrito anteriormente con los cilindros replegados) pero ahora con los vástagos completamente desplegados ocurriendo nuevamente derrame de aceite y evitando al máximo la contaminación de medio ambiente. Luego con las líneas llenas de aceite se procede al aprete de flexible con su cilindro, procediendo al cierre real del silo con las líneas de tuberías y flexibles purgadas, limpiando todo indicio de aceite presente en el exterior del sistema oleohidráulico producto de las fugas y derrames ya mencionados.

Este procedimiento se repitió de igual manera para cada uno de los 4 silos restantes.



Fig. 7.14: Prueba Final de Abertura y Cierre de Silos.

Finalmente se logró realizar la prueba oleohidráulica en general de manera correcta, probando el accionamiento de las compuertas de los cinco silos, con solo unos pequeños inconveniente comunes, entre los cuales están, la perdida de aceite hidráulico al momento del sangrado y fugas de aceite, las cuales se solucionaron al instante, solo apretando aún más las uniones de los componentes de donde provenían dichas fugas. Definitivamente se logró el objetivo del proyecto en su totalidad motivando la aprobación tanto de la empresa Hidroneumática como la de la Planta Paneles Arauco S.A. Expresando gratitud por el resultado y más por el tiempo en el que fue ejecutado.

CONCLUSIONES

El tema desarrollado en el seminario de título, realizado en la Planta Paneles Arauco S.A. forma un estudio de carácter tecnológico que surge a raíz de un siniestro producido por un incendio, provocando un problema a esta empresa del sector maderero, cuya solución fue adjudicada a la empresa Hidroneumática por contar con conocimientos y un equipo de tecnología oleohidráulica, capaz de reemplazar y mejorar al antiguo sistema.

Un requisito sumamente importante en el transcurso de la ejecución del proyecto realizado fue la seguridad, lo que logro no tan solo que no ocurrieran accidentes si no también, la creación de conciencia y conocimientos de los protocolos de seguridad impuestos por la Planta que sigue estándares internacionales en esta materia, exigiendo además un factor de seguridad que garantice el correcto funcionamiento bajo cualquier situación imperante.

Para poder seleccionar los componentes oleohidráulicos respecto a la gran gama de estos, brindados por el mercado, fue necesario un detallado cálculo del sistema, eligiendo cada uno de estos exhaustivamente por las características técnicas, estructurales y funcionales que debe tener el equipo en la Planta Paneles, los cuales respondieron en su totalidad con las exigencia pedidas tanto por la Planta como las auto impuestas por la empresa Hidroneumática, en la cual participamos de manera activa.

Cabe mencionar además que previo a la puesta en marcha fue necesario realizar técnicas para certificar el buen funcionamiento del proyecto oleohidráulico en general, estos fueron el llenado del estaque a través de una unidad de micro filtrado.

La alineación de los motores que accionan las bombas fue realizado mediante equipo láser que funciona básicamente con una pantalla gráfica retroiluminada, donde sus animaciones, las tablas de tolerancias predefinidas y modificables por el usuario, hacen funcionar de forma intuitiva con la finalidad de poder llegar a la correcta alineación de los motores, para así prevenir que ocurran fallas, tiempos muertos y costos monetarios que perjudiquen al buen desempeño de la central en sí.




De igual manera otra técnica que no se puede dejar pasar debido a su gran importancia fue el flushing que consiste en hacer recircular aceite hidráulico, desconectando las líneas flexibles de los actuadores, uniendo los flexibles de entradas y salidas entre sí, creando un circuito cerrado con la finalidad de arrastrar todas aquellas partículas que puedan contaminar el aceite hidráulico, las cuales pueden provocar un mal funcionamiento de los componentes del sistema.

Otra técnica necesaria fue el sagrado, que consiste básicamente en eliminar las burbujas de aire presente en las líneas, ya que estas provocan un desplazamiento de los cilindros de manera irregular produciendo que el accionamiento de las compuertas de los silos no operen de manera correcta, provocando pérdida de biomasa por un mal cierre de las compuertas.

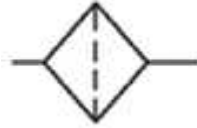
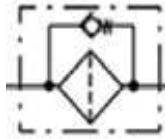
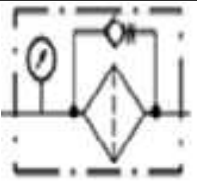
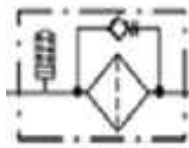
Finalmente se puede señalar que el proyecto realizado fue efectuado de manera favorable cumpliendo con los objetivos propuestos, desarrollando habilidades por primera vez experimentadas, adquiriendo un aprendizaje y experiencia en lo que es la vida laboral, logrando resolver problemas que si bien no son trascendentales consiguieron una mayor rapidez en la operación, obteniendo la disminución del tiempo con el que se disponía para realizar la totalidad del proyecto, alcanzando la gratitud y la consideración para futuros proyectos, para la empresa Hidroneumática.

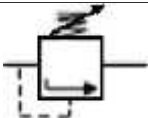
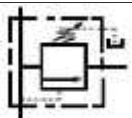
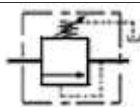
ANEXOS

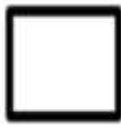

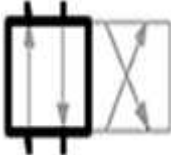
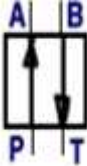



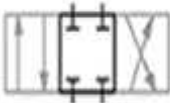
A.- (NORMA Nch1768/1- ISO 1219/1. Of.94).

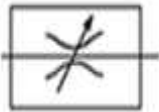


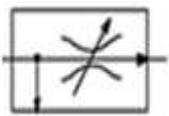

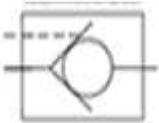
ESTANQUES		
		
Depósito abierto a la atmosfera	Depósito presurizado	Acumulador

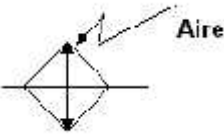
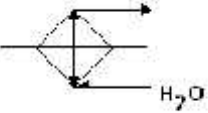
BOMBAS		
		
Unidireccional compensada	Bidireccional	Caudal variable

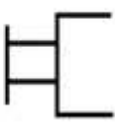
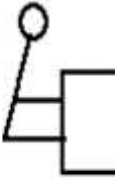
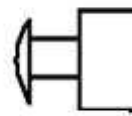
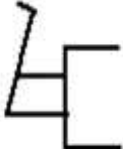

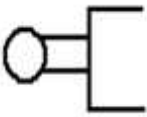
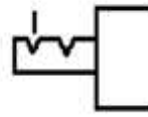
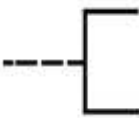
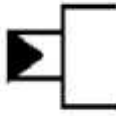
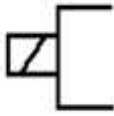
FILTROS	
	
Filtro hidráulico	Filtro hidráulico válvula antirretorno
	
Filtro hidráulico con manómetro	Filtro hidráulico con válvula antirretorno e indicador de saturación

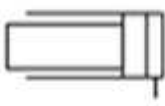
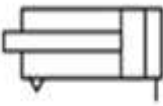
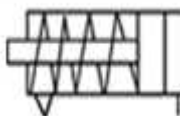




VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN		
		
Válvula de seguridad	Válvula de secuencia	Válvula reductora.







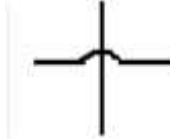
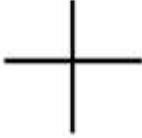

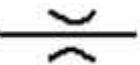


VÁLVULAS DIRECCIONALES			
			
Contorno de la válvula	Cantidad de posiciones	Conexiones de la válvula	Identificar el tipo de conexión
			
Identificación de las posiciones de la válvula	Funcionamiento de la válvula	Sentido de circulación del flujo	Posición de reposo


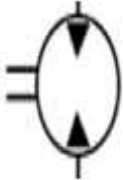
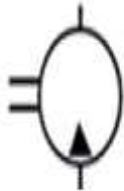

VÁLVULAS DE FLUJO Y RETENCIÓN		
		
Regulador de caudal ajustable	Regulador de caudal ajustable unidireccional	Regulador de caudal compensada por temperatura
		
Regulador de caudal compensada por presión	Válvula antirretorno	Válvula antirretorno pilotada.



ENFRIADORES.	
	
Enfriadores aire aceite	Enfriadores agua aceite.

ACCIONAMIENTOS.			
			
Manual	Palanca	Botón	Pedal
			
Resorte	Mecánico	Retención Mecánica	Piloteada
			
Piloteada Hidráulicamente	Solenoid		

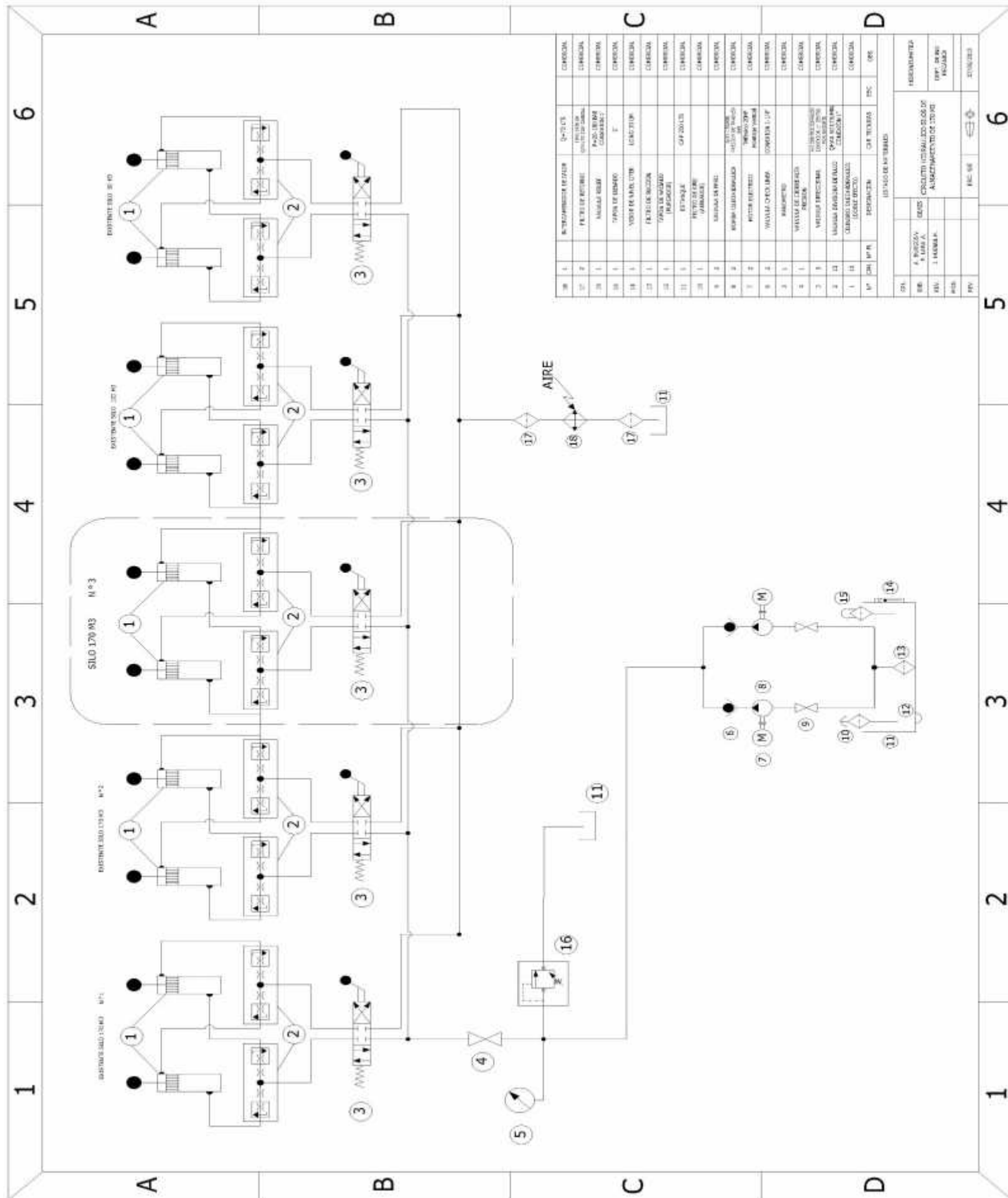
CILINDROS.			
			
Cilindro Buzo	Cilindro simple efecto	Cilindro simple efecto Vuelta por resorte	Cilindro doble efecto
			
Cilindro doble vástago	Cilindro con amortiguador	Cilindro telescópico	

LÍNEAS.			
			
Línea de trabajo	Línea de pilotaje	Línea de drenaje	Contorno de Componente
			
Caudal hidráulico	Caudal neumático	Líneas cruzadas 1	Líneas cruzadas 2
			
Líneas unidas	Líneas con restrictor Fijo	Flexible	Tapón

MOTORES HIDRÁULICOS.			
			
Motor	Motor desplazamiento fijo bi- direccional	Motor desplazamiento fijo	Motor desplazamiento variable bi- direccional

OTROS ELEMENTOS.	
	
Manómetro	Indicador de nivel

C.- Plano Oleohidráulico Nuevo.



NO	DESCRIPCIÓN DE VALVE	Q=70 L/S	CONDICIÓN
1	INTEGRACION DE VALVE		CONDICIÓN
2	FILTRO DE RETORNO		CONDICIÓN
3	VALVE RELIEF		CONDICIÓN
4	TAPA DE BOMBA		CONDICIÓN
5	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
6	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
7	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
8	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
9	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
10	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
11	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
12	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
13	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
14	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
15	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
16	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
17	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN

LISTADO DE MATERIALES		Q=70 L/S	DESCRIPCIÓN
1	INTEGRACION DE VALVE		CONDICIÓN
2	FILTRO DE RETORNO		CONDICIÓN
3	VALVE RELIEF		CONDICIÓN
4	TAPA DE BOMBA		CONDICIÓN
5	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
6	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
7	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
8	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
9	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
10	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
11	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
12	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
13	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
14	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
15	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
16	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN
17	VALVE DE MANTEN		CONDICIÓN

6
5
4
3
2
1

BIBLIOGRAFÍA.

Libros:

- Almandoz Berrondo, Javier, Sistemas neumáticos y oleohidráulicos, España, Escuela Universitaria Politécnica, Universidad del País Vasco, 2007
- Cornejo, Hernando, Oleohidráulica básica, Concepción, 2012.
- Crane, División de Ingeniería. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: McGraw Hill, 1992
- H. Exner, R. Freitag, D. ing. Hgeis, R lang, Fundamentos y componentes de la oleohidráulica, 2º edición, volumen 1, Illinois, U.S.A, 1991.
- Mataix, Cl- H. Exner, R. Freitag, D. ing. Hgeis, R lang, Fundamentos y componentes de la oleohidráulica, 2º edición, volumen 1, Illinois, U.S.A, 1991.
- Saldarriaga V., Juan Guillermo. Hidráulica de tuberías. Santafé de Bogotá: McGraw Hill, 1998.

Sitios Web:

- <http://www.bastimec.com/es/documentacion>
- <http://es.scribd.com/doc/6850010/Oleohidraulica-y-Diseno-de-Circuitos>
- <http://es.scribd.com/doc/27330542/OLEOHIDRAULICA-BASICA>
- <http://es.scribd.com/doc/40505057/virolas>
- <http://industrial-automatica.blogspot.com>
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html#seccion31>
- <http://sitioniche.nichese.com>
- <http://www.skf.com/skf/campaign/mapro/es/index.html>