



Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Ingeniería en Mecánica Naval

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Proyecto Técnico

TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA
HIDRÁULICO PARA PISTONES Y BOMBAS DE 5 TONELADAS DE
CAPACIDAD EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
NAVAL.

Autores:

MOREIRA MIELES JESÚS GERARDO
MOREIRA INTRIAGO JOSÉ JOAQUÍN

Asesor académico: Ing. Efrey Alcívar Vélez

Manta – Manabí – Ecuador

Agosto 2024

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

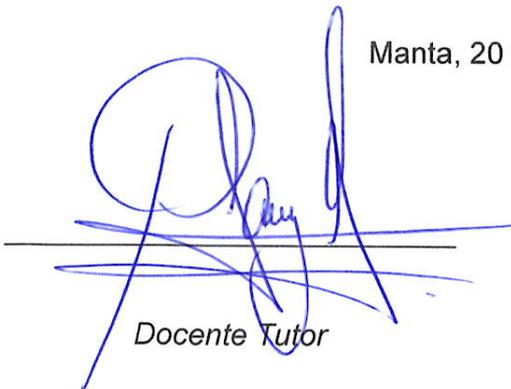
En calidad de docente tutor (a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí.

Ing. Efrey Alcívar Vélez certifica haber dirigido y revisado el trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema del proyecto es **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA HIDRÁULICO PARA PISTONES Y BOMBAS DE 5 TONELADAS DE CAPACIDAD EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA NAVAL.”**

Que ha sido desarrollada por los estudiantes MOREIRA INTRIAGO JOSÉ JOAQUÍN, MOREIRA MIELES JESÚS GERARDO, previo la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Naval.

La siguiente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos interno de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Manta, 20 de agosto del 2024



Docente Tutor

Ing. Efrey Alcívar Vélez

DECLARACIÓN AUTORÍA

MOREIRA INTRIAGO JOSÉ JOAQUÍN Y MOREIRA MIELES JESÚS GERARDO, egresados de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la carrera de Mecánica Naval, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido de la presente tesis titulada **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA HIDRÁULICO PARA PISTONES Y BOMBAS DE 5 TONELADAS DE CAPACIDAD EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA NAVAL.”** Nos corresponde exclusivamente y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 20 de agosto del 2024



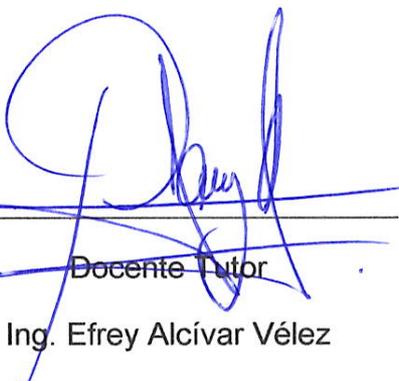
Moreira Intriago José Joaquín

C.I.:131782122-9



Moreira Mieleles Jesús Gerardo

C.I.:131566246-8



Docente Tutor
Ing. Efrey Alcívar Vélez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien me ha dado la salud y sabiduría para llegar a este importante momento de mi formación profesional. A mi madre que es la persona más importante en mi vida y siempre me ha brindado el apoyo incondicional que siempre ha estado presente a lo largo de esta carrera. A mi padre por brindarme los recursos necesarios y gracias a sus consejos me ayudó a completar mi carrera profesional. A mis abuelos, quienes a través de la sabiduría de Dios me enseñaron a convertirme en la persona que soy hoy, les estoy muy agradecido por sus consejos y amor hacia mí. A mi hermano menor Francisco por ayudarme con mi proyecto de ingeniería y estos esfuerzos, gracias, hermano.

Moreira Intriago José Joaquín

El proyecto va dedicado principalmente a dios quien me ha dado la sabiduría para llegar a este importante momento de mi formación profesional. También a mis padres cuyo apoyo incondicional han sido mi mayor fuente de inspiración. A mi compañero por a pesar de todas las circunstancias logramos culminar esta gran etapa.

Moreira Mieles Jesús Gerardo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme estar aquí, vivir esta experiencia y terminar esta etapa de mi vida, a todos mis familiares, en especial a mis padres, que siempre han estado a mi lado dándome sus consejos, valores y motivación para lograr mis objetivos. También me gustaría agradecer al personal del taller de reparación de automóviles por apoyarme y ayudarme en mi trabajo, estoy muy agradecido. Al Ing. Alcívar Vélez Efrey Beethoven por las ideas y conocimientos que aportó a la formación de la tesis.

Moreira Intriago José Joaquín

Agradezco a mis padres, cuyo apoyo incondicional y amor han sido mi mayor fuente de inspiración. Su dedicación y sacrificio han sido la base de mis estudios. también quiero agradecer a mis profesores, cuya sabiduría y orientación han sido fundamentales en mi aprendizaje y crecimiento como estudiante. A mi compañero de tesis, por su colaboración, motivación y amistad a lo largo de este proceso, gracias por ser parte de este viaje académico juntos.

Moreira Mielles Jesús Gerardo

RESUMEN

Los sistemas hidráulicos transfieren potencia alimentando un fluido hidráulico desde un recipiente cerrado con desplazamiento variable a otro recipiente cerrado. El objetivo principal de este proyecto se basa en el diseño y construcción de un banco de pruebas hidráulico, que permita realizar ensayos de pistones y bombas de hasta 5 toneladas ya que en el medio son fáciles de encontrar, construir y de bajo costo. Por lo cual se tomaron como referencia dos tipos de equipos hidráulicos, un cilindro de doble efecto y una bomba hidráulica, que son suficientes para la realización de la práctica experimental. El sistema hidráulico del banco de pruebas cuenta con numerosos componentes complejos que deben funcionar de manera sincronizada para que el sistema funcione. Mantener el sistema en buen estado de funcionamiento requiere una rutina de mantenimiento regular. Durante las pruebas realizadas se hicieron todas las simulaciones necesarias, para verificar que el equipo se encuentra operativo. En la parte eléctrica se puso a prueba el control térmico, también se verificó que no exista sobrecarga de voltaje ni amperaje. En cuanto al sistema hidráulico se realizó una inspección visual, para descartar cualquier fuga de aceite hidráulico.

Palabras clave: *Hidráulica, banco de prueba, mantenimiento, estudio experimental.*

ABSTRACT

Hydraulic systems transfer power by feeding a hydraulic fluid from one closed container with variable displacement to another closed container. As determined in the main objective, this project is based on the design and construction of a hydraulic test bench, which allows testing of pistons and pumps of up to 5 tons since they are easy to find, build and inexpensive. cost. Therefore, two types of hydraulic equipment were taken as reference, a single-acting cylinder and a hydraulic pump, which are sufficient to carry out the experimental practice. The hydraulic system in the following test bench has many complex components that must function efficiently for the system to function. Keeping each set in good working order requires a regular maintenance routine. During the tests carried out, all the necessary simulations were carried out to verify that the equipment was operational. In the electrical part, the thermal control was tested, and it was also verified that there was no voltage or amperage overload. Regarding the hydraulic system, a visual inspection was carried out to rule out any hydraulic oil leaks.

Keywords: *Hydraulics, test bench, maintenance, experimental study.*

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1. HIDRAÚLICA	4
1.1.1. Hidráulica en la industria.....	5
1.1.2. Ventajas y desventajas del sistema hidráulico.	6
1.1.3. Principio de Pascal	7
1.1.4. Regulación de la presión.....	9
1.2. SISTEMA HIDRAÚLICO	10
1.2.1. Bomba hidráulica	13

1.2.2.	Bombas de desplazamiento no positivo	16
1.2.3.	Bomba de desplazamiento positivo.....	17
1.2.4.	Pistones hidráulicos	19
1.2.5.	Válvulas de control.....	22
1.3.	ACTUADORES HIDRAÚLICOS	24
2.	CAPÍTULO II: DISEÑO Y CALCULOS	26
2.1.	INTRODUCCIÓN	26
2.1.1.	CILINDRO HIDRÁULICO DE 5 TONELADAS DE DOBLE EFECTO ..	26
2.2.	ACEITE HIDRÁULICO	26
2.3.	CÁLCULO DE CAUDAL.....	29
2.4.	CALCULO DE LA BOMBA	30
2.5.	CALCULO DEL TAMAÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	32
2.6.	CÁLCULO DEL MOTOR	33
2.7.	FILTRO	36
2.8.	ACOPLES 4G-4MP	36
2.9.	OTROS	37
3.	CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	38
3.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURA	38
3.2.	BASE DE MOTOR DE BOMBA.....	40
3.3.	DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRAÚLICO	42
3.4.	DISEÑO DEL DEPOSITO DE ACEITE	44
3.5.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	46

3.6. GUÍA DE MANTENIMIENTO.....	47
3.6.1. Mantenimiento del aceite	48
3.6.2. Cambiar los filtros periódicamente	48
3.6.3. Condiciones de las conexiones.....	48
3.6.4. Reemplazo del sello.....	49
3.6.5. Revisión periódica de las líneas hidráulicas	49
3.6.6. Inspeccione los niveles de líquido	49
3.6.7. Compruebe todas las conexiones de tuberías y mangueras hidráulicas. 49	
3.6.8. Verifique la temperatura del sistema	50
3.6.9. Inspeccione visualmente el interior del depósito	50
3.6.10. Escucha la bomba	51
3.6.11. Inspeccione paulatinamente una muestra de fluido hidráulico	51
3.6.12. Compruebe el motor de accionamiento eléctrico	51
3.7. GUÍA DE USO PRÁCTICO	52
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFIA.....	58
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principio del sistema hidráulico	4
Figura 2 Esquema de regulación de presión.	10
Figura 3 Esquema del sistema hidráulico.....	12
Figura 4 Bomba centrífuga.....	14
Figura 5 Bomba reciprocante o de desplazamiento positivo	15
Figura 6 Bomba de desplazamiento no positivo.....	17
Figura 7 Bomba de desplazamiento positivo.....	19
Figura 8 Bomba de pistones radiales	22
Figura 9 Bomba a paletas simple - Serie V10 - 5 galones.....	32
Figura 10 NEMA MG-1	34
Figura 11 ACOPLER 4G-4MP.....	36
Figura 12 Planos de la estructura	39
Figura 13 Preparación de pintura para la base de motor + bomba.....	40
Figura 14 Base de motor + bomba.....	41
Figura 15 Circuito hidráulico	42
Figura 16 Sistema hidráulico.....	43
Figura 17 Depósito de aceite.	45
Figura 18 Depósito de aceite.	45
Figura 19 Diagrama eléctrico	46
Figura 20 Conexión del cilindro hidráulico.....	53
Figura 21. Lectura de la presión de los manómetros.....	54
Figura 22. Lectura de temperatura.....	55
Figura 23 Rehabilitación base de motor.....	
Figura 24 Banco de rehabilitado.	

Figura 25 Conexiones eléctricas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Cilindro hidráulico de 5 toneladas	26
Tabla 2. Fisicoquímica aceite hidráulico antidesgaste ISO VG 68.....	29
Tabla 3. Tipos de bombas.....	31
Tabla 4. Lista de Materiales varios.....	37

INTRODUCCIÓN

El movimiento controlado de piezas o una aplicación controlada de fuerzas es una necesidad común en las industrias. Estas operaciones se realizan principalmente utilizando máquinas eléctricas o motores Diesel, como motor primario. Estos motores primarios pueden proporcionar varios movimientos a los objetos mediante el uso de algunos accesorios mecánicos como un gato de tornillo, palanca, cremallera, piñones, etc. Sin embargo, estos no son los únicos motores primarios. Los fluidos a presión (líquidos y gases) también se pueden usar como fuentes primarias para proporcionar movimiento y fuerza controlados a los objetos o sustancias. Los sistemas de fluidos cerrados especialmente diseñados pueden proporcionar tanto movimiento lineal como giratorio. Las fuerzas controladas de gran magnitud también se pueden aplicar mediante el uso de estos sistemas. Este tipo de sistemas se denominan sistemas hidráulicos.

Gracias al gran avance científico y tecnológico que han tenido hoy en día todas las industrias al implementar la automatización, por lo que es indispensable para cualquier estudiante de Ingeniería, aprender y entender sobre los principios y aplicaciones reales que posee la hidráulica, pero el problema es que muchas de las veces ese conocimiento se queda a medias debido a que no se enseña la parte práctica de esta ciencia, ya que en la mayoría de laboratorios no existe un equipo adecuado en el cual los estudiantes puedan aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.

Este proyecto como principal objetivo se planteó lo siguiente, diseñar y construir un banco de pruebas hidráulico para comprobar pistones y bombas de hasta 5 toneladas. Para ello primero, se determinarán los fundamentos de la

hidráulica y los usos que pueden tener un banco de pruebas. Y a su vez identificar las diferentes partes mecánicas que incluirán el sistema para un funcionamiento en condiciones seguras.

OBJETIVO GENERAL

- Diseño y construcción de un banco de pruebas hidráulico, que permita realizar ensayos de pistones y bombas de hasta 5 toneladas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las características de operación, configuración y principios de funcionamiento de actuadores hidráulicos.
- Diseñar y reconstruir un banco de pruebas para bombas y pistones que permita verificar el funcionamiento, estado y eficiencia real del equipo.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento al banco hidráulico mediante ensayos, verificar su funcionamiento correcto y proponer un manual de mantenimiento.

1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. HIDRAÚLICA

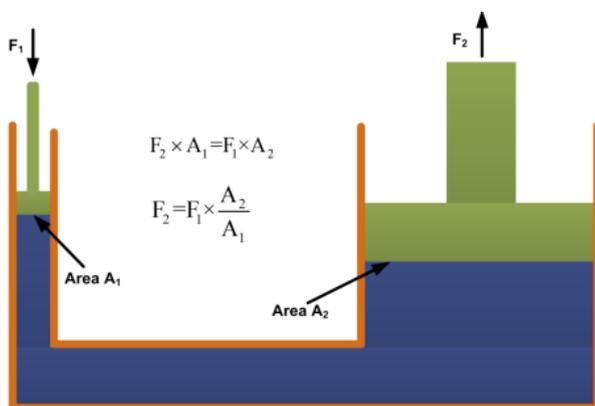
La "Hidráulica" es uno de los sistemas de accionamiento para controlar maquinaria y equipo, comparable con la neumática y la electricidad. Fue a principios de 1900 cuando se vieron por primera vez en el mercado aplicaciones hidráulicas prácticas. Cien años antes de eso, surgió la "hidráulica del agua", el origen de los sistemas de energía fluida. (Cruz, Ortiz, & Farfán, 2019)

La Hidráulica funciona según el principio de la ley de Pascal que dice que la presión en un líquido encerrado es homogénea en todas sus direcciones. La ley de Pascal se detalla en la Figura 1. La fuerza dada por el fluido está dada por el área de la sección transversal y la multiplicación de la presión (Cadavir, 2020).

Como la presión es homogénea en todas las direcciones, el pistón más pequeño siente una presión menor y un pistón grande siente una presión mayor. Por lo tanto, se puede generar una gran potencia con una entrada de potencia menor mediante el uso de sistemas hidráulicos.

Figura 1.

Principio del sistema hidráulico.



Fuente: (Pascal, 2021)

Los sistemas hidráulicos proporcionan un medio para controlar de forma remota una amplia gama de componentes mediante la transmisión de una fuerza a través de un fluido confinado. Debido a que los sistemas hidráulicos pueden transmitir grandes fuerzas con rapidez y precisión a lo largo de tuberías livianas de cualquier tamaño, forma y longitud, son la principal fuente de energía en sistemas de aeronaves, como controles de vuelo, trenes de aterrizaje retráctiles, flaps y frenos de ruedas. El principio básico detrás de cualquier sistema hidráulico es muy simple: la presión aplicada en cualquier lugar de un cuerpo de fluido hace que una fuerza se transmita de manera uniforme en todas las direcciones, y la fuerza actúa en ángulos rectos con respecto a cualquier superficie en contacto con el fluido. Esto se conoce como la Ley de Pascal (Ruales, 2021).

1.1.1. Hidráulica en la industria

Los sistemas hidráulicos se utilizan principalmente para el control preciso de fuerzas mayores. Las principales aplicaciones según Cruz et al., (Cruz et al., 2019) y Martins y Rodrigues, (Martins & Rodrigues, 2021) del sistema hidráulico se pueden clasificar en cinco categorías:

- 1) Industrial: maquinarias de procesamiento de plástico, fabricación de acero y aplicaciones de extracción de metales primarios, líneas de producción automatizadas, industrias de máquinas herramienta, industrias del papel, cargadores, trituradoras, maquinarias textiles, equipos de I + D. y sistemas robóticos, etc.
- 2) Hidráulica móvil: Tractores, sistema de riego, equipos de movimiento de tierras, equipos de manejo de materiales, vehículos comerciales, equipos

de perforación de túneles, equipos ferroviarios, maquinaria de construcción y construcción y plataformas de perforación, etc.

- 3) Automóviles: se utiliza en los sistemas como frenos, amortiguadores, sistema de dirección, parabrisas, elevación y limpieza, etc.
- 4) Aplicaciones marinas: Cubre principalmente embarcaciones oceánicas, barcos de pesca y equipos de navegación.
- 5) Equipos aeroespaciales: Hay equipos y sistemas utilizados para el control del timón, tren de aterrizaje, frenos, control y transmisión de vuelo, etc. que se utilizan en aviones, cohetes y naves espaciales.

1.1.2. Ventajas y desventajas del sistema hidráulico.

Ventajas

- El sistema hidráulico utiliza un fluido incompresible que resulta en una mayor eficiencia.
- Ofrece una salida de potencia constante que es difícil en los sistemas de accionamiento neumático o mecánico.
- Los sistemas hidráulicos emplean fluidos incompresibles de alta densidad. La posibilidad de fugas es menor en el sistema hidráulico en comparación con el sistema neumático. El costo de mantenimiento es menor.
- Estos sistemas funcionan bien en condiciones ambientales cálidas.

Desventajas

- El material del tanque de almacenamiento, la tubería, el cilindro y el pistón pueden corroerse con el fluido hidráulico. Por lo tanto, se debe tener cuidado al seleccionar los materiales y el fluido hidráulico.
- El peso estructural y el tamaño del sistema son mayores, lo que lo hace inadecuado para los instrumentos más pequeños.
- Las pequeñas impurezas en el fluido hidráulico pueden dañar permanentemente el sistema completo, por lo que se debe tener cuidado y se debe instalar un filtro adecuado.
- La fuga de fluido hidráulico también es un problema crítico y se deben adoptar métodos de prevención y sellos adecuados.
- Los fluidos hidráulicos, si no se eliminan correctamente, pueden ser nocivos para el medio ambiente.

1.1.3. Principio de Pascal

Un fluido estático en un recipiente cerrado tiene las siguientes características, según establece el principio de Pascal.

- La presión trabaja sobre un plano en ángulo recto.
- La presión se transmite por igual en todas las direcciones.
- La presión aplicada sobre una parte de un fluido se transmite por todo el fluido por igual. (Pascal, 2021)

La presión P se puede expresar mediante la siguiente fórmula como fuerza por unidad de área.

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

Dónde:

- P [Pa(psi)]: Presión
- F [N(lbf)]: Fuerza aplicada
- A [m^2 (in^2)]: Área donde se aplica la fuerza

La Figura 1 muestra un multiplicador de fuerza basado en el principio de Pascal. El multiplicador de fuerza es un recipiente cerrado que tiene diferentes pistones móviles colocados en ambos extremos. Las presiones en todas partes del recipiente son iguales; por lo tanto, se obtiene la fórmula $P=F_1/A_1=F_2/A_2$, lo que da como resultado $F_2=F_1 \times A_2/A_1$. La fuerza sobre el área de sección más grande F_2 se multiplica por la relación con el área de sección más pequeña donde se aplica la fuerza F_1 . Los subíndices 1 y 2 indican las secciones más grandes y pequeñas de los pistones, respectivamente. La distancia de recorrido del pistón es proporcional al inverso multiplicativo de su relación del área de la sección transversal (A_1/A_2); por lo tanto, el pistón con el área de sección transversal más grande recorre una distancia más pequeña. La distancia recorrida por unidad de tiempo, o el producto de la velocidad y el área de la sección transversal, es el caudal. (Pascal, 2021)

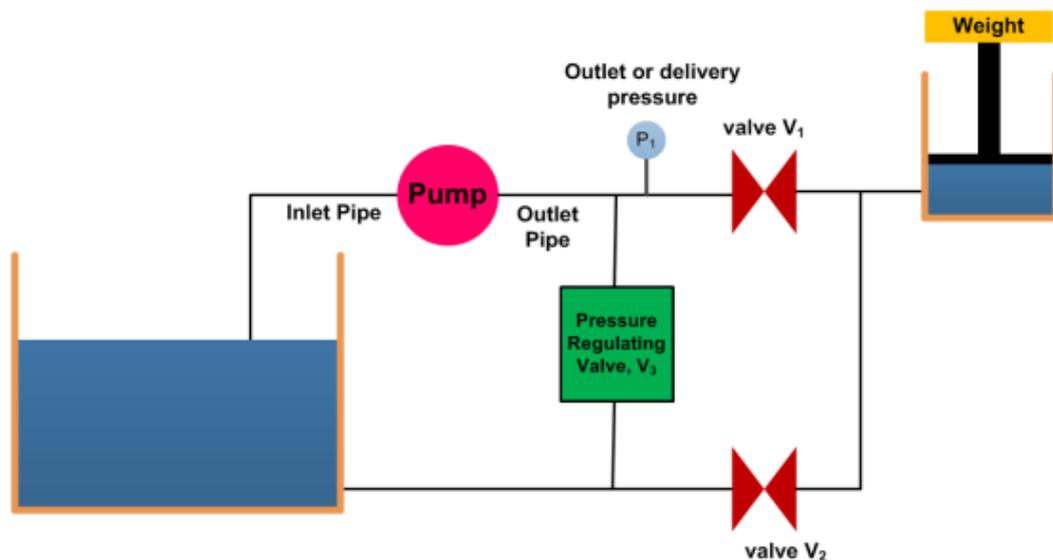
1.1.4. Regulación de la presión

La regulación de la presión implica reducir una fuente de alta presión a un nivel de trabajo más bajo adecuado para la aplicación. Su objetivo es mantener la presión de salida dentro de límites aceptables. Esto se logra mediante el uso de un regulador de presión, cuya función principal es ajustar el flujo de fluido según la demanda, al tiempo que mantiene la presión de salida dentro de rangos aceptables. (Senninger, 2020)

El esquema del regulador de presión y la disposición de varias válvulas se ilustra en la Figura 2. Cuando se cierra la válvula V1 y se abre V2, la carga desciende y el fluido retorna al tanque. Sin embargo, la bomba permanece inactiva, lo que provoca un aumento constante de la presión en la salida de la bomba. Esto podría eventualmente causar una falla permanente en la bomba. Por lo tanto, es necesario implementar un método para mantener la presión de entrega P1 dentro de límites seguros. Una solución es colocar la válvula reguladora de presión V3, como se muestra en la Figura 2. Esta válvula normalmente está cerrada, pero cuando la presión supera un umbral específico, se abre y permite que el fluido de la salida de la bomba regrese al tanque a través de la válvula reguladora de presión V3. Cuando la presión cae dentro de un rango límite, la válvula V3 se cierra nuevamente.

Figura 2.

Esquema de regulación de presión



Fuente: (Pascal, 2021)

Cuando la válvula V_1 está cerrada, todo el fluido se redirige al tanque a través de la válvula reguladora de presión. Sin embargo, esta operación resulta en una pérdida significativa de energía, ya que el fluido circula del tanque a la bomba y viceversa sin realizar trabajo útil. Además, este proceso puede aumentar la temperatura del fluido debido a la entrada de energía. Para mitigar esto, se puede instalar un intercambiador de calor en el tanque de almacenamiento para disipar el exceso de calor. Curiosamente, en estas condiciones, el consumo de energía del motor es mayor debido a la presión de salida más alta en comparación con la presión de trabajo.

1.2. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico es fundamental para muchas aplicaciones industriales y mecánicas. Las piezas clave que lo componen incluyen según (Huang et al., 2021).

1. **Tanque de almacenamiento:** Almacena el fluido hidráulico y ayuda a mantener la presión constante.
2. **Filtro:** Elimina partículas y contaminantes del fluido para proteger las piezas del sistema.
3. **Bomba hidráulica:** Genera la presión necesaria para mover el fluido a través del sistema.
4. **Regulador de presión:** Ajusta la presión del fluido para mantenerla dentro de límites seguros.
5. **Válvula de control:** Regula el flujo del fluido hacia los actuadores (como cilindros o motores).
6. **Cilindro hidráulico:** Convierte la energía del fluido en movimiento lineal.
7. **Pistón:** Parte móvil del cilindro que realiza el trabajo.
8. **Tuberías de flujo de fluido a prueba de fugas:** Conducen el fluido entre las diferentes partes del sistema.

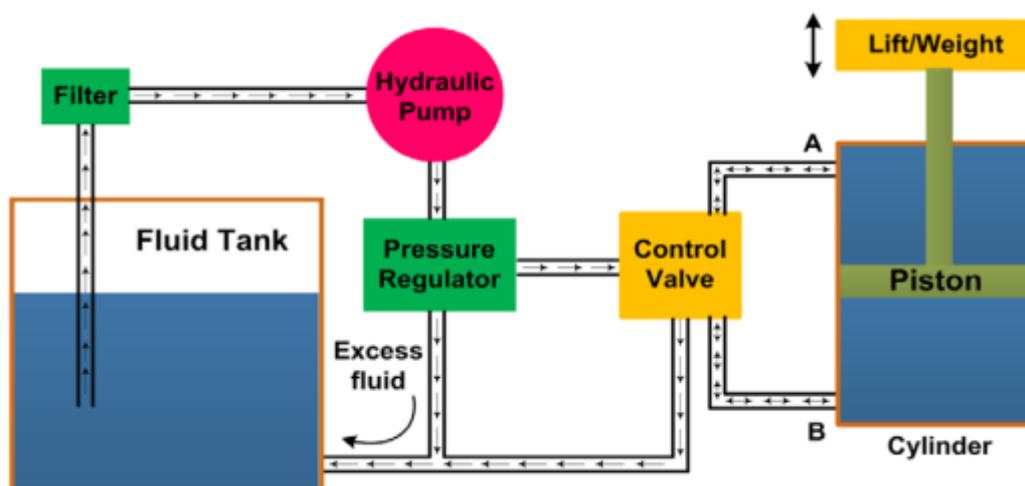
El eje de salida es responsable de transferir el movimiento o la fuerza, pero todas las demás partes también desempeñan un papel crucial en el control del sistema. El tanque de almacenamiento o depósito de líquido almacena el fluido utilizado como medio de transmisión. Por lo general, se utiliza aceite incompresible de alta densidad. Este líquido se filtra para eliminar partículas no deseadas, como polvo, y luego se bombea mediante la bomba hidráulica. La capacidad de la bomba está directamente relacionada con el diseño específico del sistema hidráulico. (Cadavir, 2020)

Las bombas hidráulicas suelen entregar un volumen constante en cada revolución del eje. Sin embargo, esto puede provocar un aumento indefinido de la presión en el extremo muerto del pistón, lo que podría llevar al fallo del sistema. Para evitarlo, se utiliza un regulador de presión que redirige el exceso de fluido de vuelta al tanque de almacenamiento. El movimiento del pistón se controla ajustando el flujo de líquido entre los puertos A y B. (Ruales, 2021)

El movimiento del cilindro se controla mediante una válvula de control que dirige el flujo de líquido. La línea de presión de fluido está conectada al puerto B para elevar el pistón y al puerto A para bajarlo. Además, la válvula puede detener el flujo de fluido en cualquiera de los puertos. La tubería a prueba de fugas también es crucial debido a consideraciones de seguridad, riesgos ambientales y aspectos económicos. Además, algunos accesorios, como el sistema de control de flujo, el control de límite de recorrido, el arrancador de motor eléctrico y la protección contra sobrecargas, pueden utilizarse en sistemas hidráulicos, aunque no se muestren en la Figura 3 (Pascal, 2021).

Figura 3.

Esquema del sistema hidráulico.



Fuente: (Pascal, 2021)

1.2.1. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica, también conocida como unidad combinada de bombeo y motor de accionamiento, toma fluido hidráulico (generalmente aceite) del tanque de almacenamiento y lo distribuye al resto del circuito hidráulico. Por lo general, la velocidad de la bomba es constante, y entrega un volumen igual de aceite en cada revolución. La cantidad y dirección del flujo de fluido están controladas por mecanismos externos. (Chilig, 2023)

Las bombas hidráulicas pueden ser accionadas por un motor servocontrolado en algunos casos, aunque esto puede aumentar la complejidad del sistema. Estas bombas se caracterizan por su capacidad de caudal, consumo eléctrico, velocidad de accionamiento, presión de salida y eficiencia.

La eficiencia de una bomba se puede evaluar de dos maneras:

1. **Eficiencia volumétrica:** Representa la relación entre el volumen real de fluido entregado y el volumen teórico máximo posible. En otras palabras, mide cuánto del fluido bombeado realmente llega al sistema.
2. **Eficiencia energética:** Es la relación entre la potencia hidráulica de salida y la potencia mecánica o eléctrica de entrada. Esta eficiencia considera las pérdidas de energía en el proceso de bombeo.

En términos generales, la eficiencia típica de las bombas hidráulicas varía entre el 90% y el 98%. (Usquiza et al., 2022)

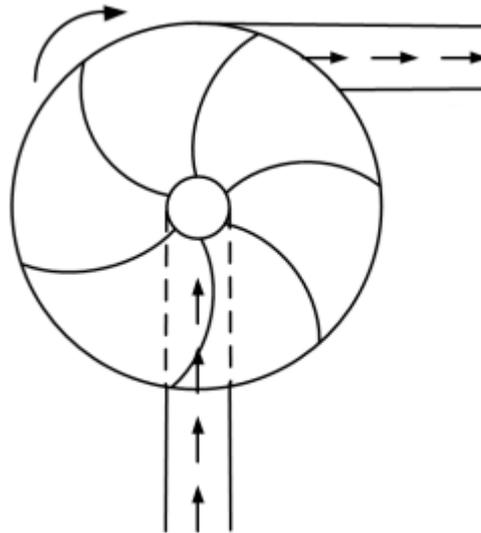
Las bombas hidráulicas pueden ser de dos tipos:

- bomba centrífuga
- bomba recíproca

Las bombas centrífugas utilizan energía cinética rotacional para mover el fluido. Generalmente, esta energía proviene de un motor o motor eléctrico. El fluido entra en el impulsor de la bomba cerca del eje de rotación, se acelera en la hélice y se expulsa hacia la periferia debido a la fuerza centrífuga, como se muestra en la Figura 4. Estas bombas no son adecuadas para aplicaciones de alta presión y se utilizan principalmente en flujos de alto volumen y baja presión. La capacidad de presión máxima suele estar limitada a 20-30 bares, y la velocidad específica varía entre 500 rpm y 10000 rpm. Además, la mayoría de las bombas centrífugas no son autocebantes, por lo que la carcasa de la bomba debe llenarse con líquido antes de arrancarla. (Usquiza et al., 2022)

Figura 4.

Bomba centrífuga



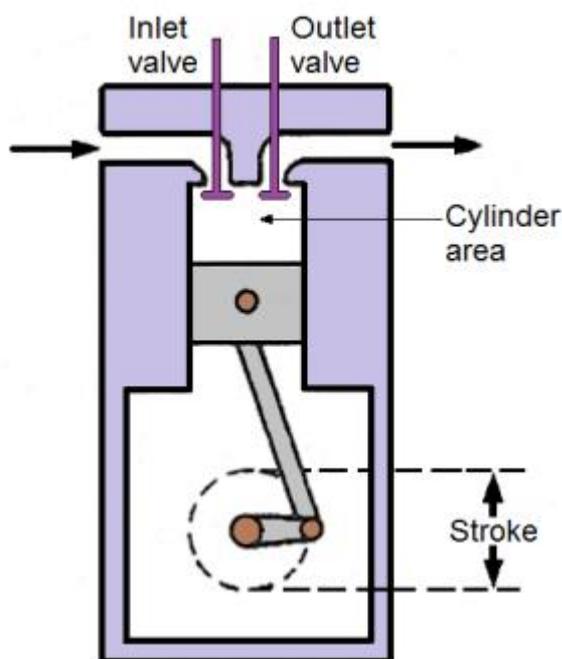
Fuente: (Usquiza et al., 2022).

La bomba reciprocante, también conocida como bomba de émbolo positivo o bomba de pistón, se utiliza cuando se maneja una cantidad relativamente pequeña y se requiere una presión de entrega considerable. Su construcción es similar a la de un motor de cuatro tiempos, como se muestra en

la Figura 5. La manivela se impulsa mediante un motor giratorio externo, y el pistón de la bomba se mueve alternativamente debido a la rotación del cigüeñal. Durante la mitad de la rotación del cigüeñal, el pistón se mueve hacia abajo, abriendo la válvula de entrada para permitir que el fluido ingrese al cilindro. En la segunda mitad de la rotación, el pistón se mueve hacia arriba, abriendo la válvula de salida y permitiendo que el fluido salga por la salida. Se asegura que solo una válvula esté abierta a la vez para evitar fugas de fluido. La bomba entrega un volumen constante de fluido en cada ciclo, independientemente de la presión en el puerto de salida. (Castrillón, 2023)

Figura 5.

Bomba recíprocante o de desplazamiento positivo



Fuente: (Castrillón, 2023).

1.2.2. Bombas de desplazamiento no positivo

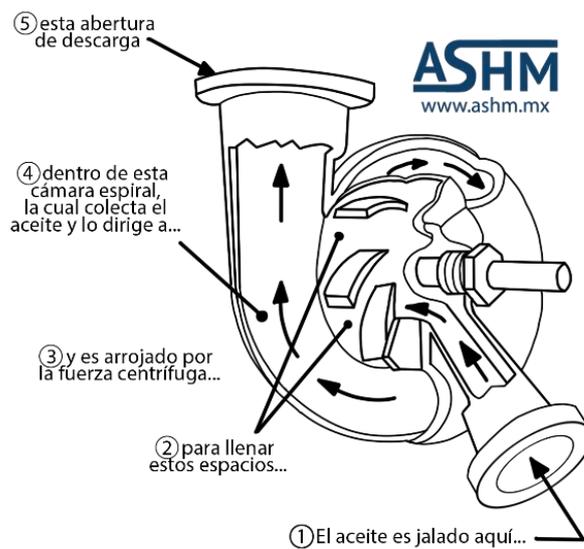
Las bombas hidrodinámicas, también conocidas como bombas de hélice, presurizan el fluido mediante la rotación de una hélice. La presión del fluido es proporcional a la velocidad del rotor. Estas bombas no son adecuadas para altas presiones y se utilizan principalmente en aplicaciones de alto volumen y baja presión. El flujo y la presión del fluido se generan debido al efecto de inercia del mismo, impulsado por la rotación de la hélice. (Ordóñez et al., 2022)

Las bombas hidrodinámicas proporcionan un flujo uniforme y continuo, pero la salida de flujo disminuye a medida que aumenta la resistencia del sistema (carga). Esto ocurre porque parte del fluido se desliza hacia atrás con mayor resistencia. Si la resistencia del sistema es extremadamente alta, el flujo de fluido se detiene por completo, lo que resulta en una eficiencia volumétrica nula. Por lo tanto, el caudal no solo depende de la velocidad de rotación, sino también de la resistencia que ofrece el sistema. (Mendoza, 2020)

Las bombas de desplazamiento no positivo tienen ventajas importantes, como un menor costo inicial, menos mantenimiento debido a la menor cantidad de piezas móviles, simplicidad de operación, mayor confiabilidad y versatilidad con una amplia gama de fluidos. Aunque se utilizan principalmente para transportar fluidos, su aplicación en las industrias de energía hidráulica o de fluidos es limitada. La bomba centrífuga es un ejemplo común de bomba de desplazamiento no positivo. (Puentes & Diaz, 2020)

Figura 6.

Bomba de desplazamiento no positivo.



Fuente: (ASHM, 2019)

1.2.3. Bomba de desplazamiento positivo

Las bombas de desplazamiento positivo entregan un volumen constante de fluido en cada ciclo. La cantidad de descarga por revolución es fija en estas bombas, y producen un caudal de fluido proporcional a su desplazamiento y velocidad del rotor. Son ampliamente utilizadas en aplicaciones industriales que requieren potencia hidráulica. (Puentes & Diaz, 2020)

Las bombas de desplazamiento positivo entregan un volumen constante de fluido en cada ciclo. La cantidad de descarga por revolución es fija en estas bombas, y producen un caudal de fluido proporcional a su desplazamiento y velocidad del rotor. Son ampliamente utilizadas en aplicaciones industriales que requieren potencia hidráulica. (Puentes & Diaz, 2020)

Las bombas de desplazamiento positivo ofrecen varias ventajas sobre las bombas de desplazamiento no positivo:

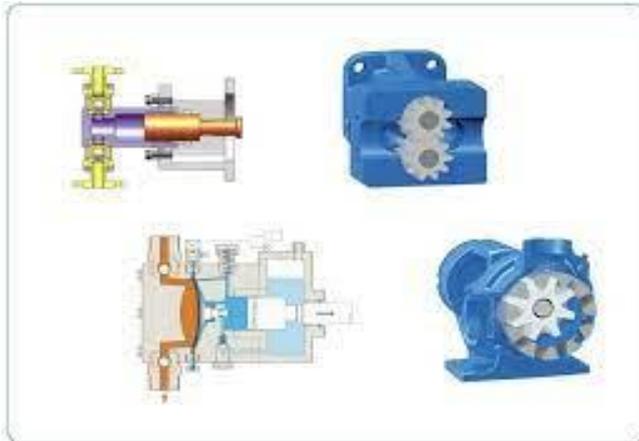
1. **Capacidad para generar altas presiones:** Estas bombas pueden manejar presiones significativas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren fuerza de fluido.
2. **Eficiencia volumétrica alta:** Entregan un volumen constante de fluido en cada ciclo, independientemente de la presión del sistema.
3. **Relación potencia-peso favorable:** Son eficientes en términos de potencia en relación con su peso.
4. **Cambio gradual en la eficiencia a lo largo del rango de presión:** Mantienen una eficiencia constante en diferentes condiciones de carga.
5. **Amplio rango operativo de presión y velocidad:** Son versátiles y se adaptan a diversas aplicaciones.

El caudal de fluido de estas bombas varía entre 0.1 y 15,000 gpm, la cabeza de presión oscila entre 10 y 100,000 psi, y la velocidad específica es inferior a 500 rpm. Es importante destacar que las bombas de desplazamiento positivo no generan presión directamente; solo producen flujo. La presión se genera debido a la resistencia al flujo de salida. Si el puerto de descarga de una bomba de desplazamiento positivo se abre a la atmósfera, el flujo no generará presión por encima de la atmosférica. Sin embargo, si el puerto está parcialmente bloqueado, la presión aumentará debido a la mayor resistencia. Si el puerto de descarga está completamente bloqueado, se generará una resistencia infinita, lo que podría dañar el componente más débil del circuito. Por lo tanto, las válvulas de seguridad se utilizan junto con estas bombas en sistemas hidráulicos. (Ordóñez et al., 2022)

Las bombas de desplazamiento positivo importantes son las bombas de engranajes, las bombas de paletas y las bombas de pistón.

Figura 7.

Bomba de desplazamiento positivo.



Fuente: (Puentes y Diaz, 2020).

1.2.4. Pistones hidráulicos

Las bombas de pistón están diseñadas para aplicaciones de alta presión. Son eficientes y de diseño sencillo, lo que reduce la necesidad de mantenimiento. Estas bombas convierten el movimiento giratorio del eje de entrada en un movimiento alternativo del pistón. Funcionan de manera similar a los motores de cuatro tiempos: el pistón extrae fluido dentro del cilindro cuando se retrae y lo descarga cuando se extiende. Por lo general, estas bombas cuentan con una placa inclinada fija o una placa de ángulo variable, también conocida como placa oscilante (Caceres, 2023).

Cuando el conjunto del cilindro del pistón gira, el plato oscilante, en contacto con los deslizadores del pistón, se desliza a lo largo de su superficie. La longitud de la carrera (desplazamiento axial) depende del ángulo de inclinación del plato oscilante. Si el plato oscilante está vertical, no se produce el

movimiento alternativo y, por lo tanto, no se bombea fluido. A medida que aumenta el ángulo del plato oscilante, el pistón se mueve alternativamente dentro del cuerpo del cilindro. La longitud de la carrera aumenta con el incremento del ángulo del plato oscilante, lo que a su vez aumenta el volumen de fluido bombeado. Durante la mitad del ciclo de rotación, los pistones salen del cuerpo del cilindro y el volumen del cuerpo aumenta. En la otra mitad de la rotación, los pistones se mueven hacia el cilindro y el volumen del cilindro disminuye. (Rodríguez, 2020)

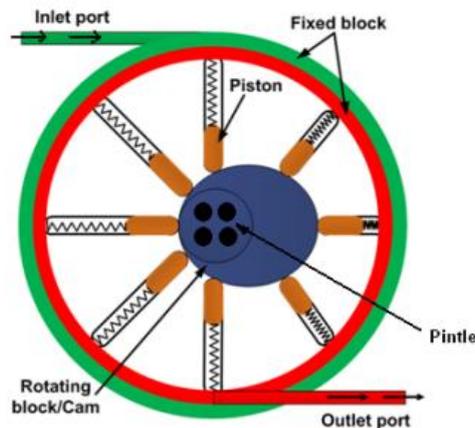
Este fenómeno es responsable de atraer el fluido y bombearlo. Estas bombas son bombas de desplazamiento positivo y se pueden utilizar tanto para líquidos como para gases. Las bombas de pistón son básicamente de dos tipos:

- Las bombas de pistones axiales son bombas de desplazamiento positivo que convierten el movimiento giratorio del eje de entrada en un movimiento alternativo axial de los pistones. Estas bombas cuentan con una cantidad de pistones (generalmente un número impar) dispuestos en una matriz circular dentro de una carcasa conocida como bloque de cilindros, rotor o barril. Se utilizan en aplicaciones como aviones a reacción, pequeñas máquinas de movimiento de tierras (como cargadoras deslizantes) y para impulsar los tornillos de los torpedos. En general, estos sistemas operan a temperaturas máximas de alrededor de 120 °C. La fuga entre la carcasa del cilindro y el bloque del cuerpo se utiliza para enfriar y lubricar las piezas giratorias. El bloque de cilindros gira mediante un eje integral alineado con los pistones. Además, existen subtipos, como las bombas de pistón de eje doblado o las bombas de pistones axiales con plato oscilante. (Pacheco & De la Hoz Galvez, 2021)

- Las bombas de pistones radiales son bombas de desplazamiento positivo que convierten el movimiento giratorio del eje de entrada en un movimiento alternativo axial de los pistones. En estas bombas, los pistones están alineados radialmente en un bloque cilíndrico. El conjunto consta de un pivote, un cilindro con pistones y un rotor que contiene un anillo de reacción. El pivote dirige el fluido dentro y fuera del cilindro. Los pistones se colocan en orificios radiales alrededor del rotor. Las zapatas del pistón se desplazan sobre un anillo excéntrico, lo que provoca su movimiento alternativo mientras giran. La excentricidad determina la carrera del pistón de bombeo. Cada pistón está conectado al puerto de entrada cuando comienza a extenderse y al puerto de salida cuando comienza a retraerse. Esta conexión se logra mediante la disposición de puertos temporizados en el pivote. Para iniciar una acción de bombeo, el anillo de reacción se mueve excéntricamente con respecto al eje del pivote. A medida que gira el cuerpo del cilindro, los pistones de un lado se desplazan hacia afuera, atrayendo el fluido cuando el cilindro pasa por el puerto de succión del pivote. Este proceso continúa hasta alcanzar la máxima excentricidad. Cuando el pistón pasa por la excentricidad máxima, el anillo de reacción fuerza el pivote hacia adentro. Esto obliga al fluido a salir del cilindro y entrar en el puerto de descarga (salida) del pivote. (Puentes & Diaz, 2020)

Figura 8.

Bomba de pistones radiales



Fuente; (Pacheco y De la Hoz Galvez, 2021).

1.2.5. Válvulas de control

En un sistema hidráulico, la energía hidráulica proporcionada por una bomba se transforma en movimiento y fuerza mediante un actuador. El control de estas salidas mecánicas (movimiento y fuerza) es crucial para el funcionamiento efectivo del sistema. La elección adecuada del método de control garantiza que se obtenga la salida deseada y que el sistema opere de manera segura. (Ordóñez et al., 2022)

Para controlar las salidas hidráulicas, se requieren diferentes tipos de válvulas de control. Es importante conocer varios tipos de válvulas de control y sus funciones. Esto no solo ayuda a diseñar un sistema hidráulico adecuado, sino que también ayuda a descubrir formas innovadoras de mejorar los sistemas existentes. En esta lección y las próximas, se discutirán varios tipos de válvulas. Hay básicamente tres tipos de válvulas empleadas en los sistemas hidráulicos:

- **Válvulas de control direccional:** Las válvulas de control direccional se utilizan para regular la distribución de energía en un sistema de potencia

de fluidos. Estas válvulas determinan la dirección del flujo y permiten que el fluido se mueva en una dirección específica. Su función es controlar el inicio, la parada y el cambio de dirección del flujo de fluido. Estas válvulas tienen puertos que actúan como aberturas externas para que el fluido entre y salga. El número de puertos se denomina "vías". Por ejemplo, una válvula con cuatro puertos se llama válvula de cuatro vías. Además, las válvulas de control de presión protegen el sistema al mantener la presión dentro de un rango deseado, asegurando así la fuerza de salida adecuada en los actuadores.

- **Válvulas de control de flujo.** Las válvulas de control de flujo se utilizan para regular el caudal de aceite en diferentes áreas de los sistemas hidráulicos. Su función principal es reducir el flujo en una rama específica del circuito, lo que a su vez disminuye la velocidad de los actuadores. Estas válvulas responden a la presión diferencial generada a través de una placa de orificio instalada aguas abajo de la válvula. Gracias a este control piloto, se logra una precisión excepcional, ya que incluso pequeños cambios en la presión diferencial de control provocan una corrección inmediata en la válvula principal.
- **Válvulas de control de presión:** Las válvulas de control de presión constan de dos componentes clave: el cuerpo de la válvula y el servomotor. Internamente, cuentan con un obturador que regula el flujo del fluido de dos maneras: en dirección a su propio eje o mediante movimientos rotativos. El vástago, siempre cerca del obturador, atraviesa la tapa del cuerpo y se activa automáticamente por el servomotor. Estas

válvulas tienen como objetivo principal controlar la presión del fluido según la señal de un controlador. Físicamente, se asemejan a un conjunto que incluye una conexión a la tubería y un obturador operado por un mecanismo que regula tanto el caudal como la presión. (Vera, 2020)

1.3. ACTUADORES HIDRAÚLICOS

Los actuadores hidráulicos son los elementos finales dentro de un circuito hidráulico. Se encargan de convertir la energía hidráulica suministrada por la central hidráulica para generar una fuerza y un movimiento. La central hidráulica está diseñada para que el actuador hidráulico realice el proceso adecuadamente. Este proceso para el cual está diseñado puede ser lineal o rotativo. (Cruz et al., 2019)

Los actuadores hidráulicos son los cilindros hidráulicos. Podemos encontrar de diferentes tipos:

- **Cilindro hidráulico de simple efecto:** El movimiento lineal lo realiza en un sentido por la acción de la presión hidráulica y el retorno puede ser mecánicamente por un muelle interno o por el mismo proceso retornar con la fuerza mecánica externa, al dejar de tener presión hidráulica.
- **Cilindro hidráulico de doble efecto:** Los cilindros hidráulicos de doble efecto son actuadores hidráulicos lineales que realizan el movimiento en los dos sentidos por medio de la presión hidráulica.
- **Actuadores hidráulicos rotativos:** Los actuadores hidráulicos rotativos pueden ser de diferente tipo en función del proceso a realizar, ya sea de giro continuado o giro en un determinado número de grados, para realizar

un pequeño giro de unos ciertos grados o hasta los 360 grados, es decir, una vuelta completa.

- **Motores hidráulicos:** Los motores hidráulicos pueden realizar la misma función que un motor eléctrico, pero con algunas ventajas dependiendo de las características del proceso. El tamaño del motor es mucho menor ya que la central hidráulica suele estar ubicada en una zona independiente al lugar donde necesita el movimiento.

2. CAPÍTULO II: DISEÑO Y CALCULOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Como se determinó en el objetivo principal, este proyecto se basa en el diseño y construcción de un banco de pruebas hidráulico, que permita realizar ensayos de pistones y bombas de hasta 5 toneladas ya que en el medio son fáciles de encontrar, construir y de bajo costo. Por lo cual se tomaron como referencia dos tipos de equipos hidráulicos, un cilindro de doble efecto y una bomba hidráulica, que son suficientes para la realización de la práctica experimental.

2.1.1. CILINDRO HIDRÁULICO DE 5 TONELADAS DE DOBLE EFECTO

Para el cálculo se tomó en cuenta las características mínimas y máximas en cilindros de 5 toneladas para poder cubrir el objetivo principal de este trabajo

Tabla 1. Características Cilindro hidráulico de 5 toneladas

	MIN	MAX
Diámetro del vástago:	35 mm	130 mm
Diámetro interior:	63 mm	110 mm
Diámetro exterior:	73 mm	120 mm
Carrera:	450 mm	750 mm
Presión de trabajo mínima:	160 bar	190 bar
Velocidad:	0.3m/s	0.5 m/s
Temperatura de trabajo:	-25 a 80°	-25 a 80°
Fluido:	Aceite mineral	Aceite mineral

Fuente: (Usquiza, Silva, & Olivares, 2022) (Huang, Wu, Li, & Gui, 2021).

2.2. ACEITE HIDRÁULICO

El fluido incompresible que es el aceite hidráulico juega un papel esencial en el buen funcionamiento de los sistemas hidráulicos. Aparte de su papel en la transferencia de energía, cuenta con diversas funciones secundarias, tales como la lubricación, sellado y eliminación de la contaminación.

Los fluidos hidráulicos pueden ser sintéticos (producidos mediante síntesis química) o minerales (extraídos de depósitos naturales de petróleo crudo que han sido sujetos en un proceso de refinación).

Hay tres propiedades esenciales que hay que tener en cuenta al elegir un aceite:

- 1) Bajo o alto índice de viscosidad.
- 2) Con o sin detergente.
- 3) Con o sin anti-desgaste.

Para el diseño de este equipo se usará un aceite hidráulico anti-desgaste ISO 68, debido a sus propiedades ayuda a reducir los daños causados por el contacto metal con metal de los componentes hidráulicos como los pistones y bombas.

El aceite hidráulico ISO 68 es un lubricante con alto rendimiento que satisface el atractivo de fluidos hidráulicos ambientalmente aceptables. Tiene una calidad excepcional. Este producto se basa en sintéticos fácilmente biodegradables. El paquete de aditivos elegido y de alto rendimiento ofrece excelentes propiedades anti-degradación, presión extrema, buena estabilidad termo mecánica y protección contra la corrosión. Fuerte resistencia a la oxidación que presagia el engomado y acumulación de partículas a las más altas temperaturas. El alto grado VI inherente al fluido base y el bajo punto de fluidez, el comportamiento de la viscosidad con la temperatura permite un rango muy amplio de temperaturas de funcionamiento.

Se recomienda utilizar aceite hidráulico ISO 68 para compensar estas pérdidas en el medio ambiente o en cualquier lugar donde pueda haber posibilidad de contaminación de las aguas superficiales. La industria naval y agrícola son los ámbitos donde más se utiliza este adhesivo. Esto debido a que se trata de proteger áreas vegetales, esclusas fluviales, máquinas de bosques, dragas, vías navegables, embalses, máquinas agrícolas, zonas verdes, perforaciones, etc. En barcos, los usuarios podrían abarcar sistemas de hélice, maquinaria cubierta y propulsores de proa. Entre sus aplicaciones están:

- Los aceites hidráulicos ISO 68 se recomiendan cuando se requiere una larga vida útil y una amplia variedad de sistemas hidráulicos y de circulación industriales.
- El grado de aceite hidráulico 68 es el más utilizado para el sistema hidráulico con bombas de paletas, pistones o engranajes, especialmente donde las presiones exceden 1000 psi. También se pueden usar para lubricar compresores alternativos con carga ligera.
- ASTM D6158 HM
- DIN 51524-2
- ISO 11158 L-HM

Tabla 2.

Fisicoquímica aceite hidráulico antidesgaste ISO VG 68

	MÉTODO ASTM D	VALORES TÍPICOS
Apariencia a Temperatura Ambiente	Visual	Brillante
Color ASTM	1500	2.0
Viscosidad Cinemática @ 40 °C, mm ² /s (cSt)	445	68.00
Viscosidad Cinemática @ 100 °C, mm ² /s (cSt)	445	8.493
Índice de Viscosidad	2270	94
Densidad @ 15.6 °C, kg/L	1298	0.8739
Punto de Inflamación, °C	92	220
Punto de Ecurrimiento, °C	97	-9
Número de Acidez (AN), mg KOH/g	974	0.30
Características Espumantes, ml/ml	892	
Secuencia I		0/0
Secuencia II		20/0
Secuencia III		0/0
Corrosión de Lámina de cobre, 3h @ 100 °C	130	1a
Características preventivas a la herrumbre	665 A&B	Aprobado

Fuente: (ISOVG).

2.3. CÁLCULO DE CAUDAL

Conociendo la configuración de los pistones junto con su datasheet y el caudal máximo de la bomba se pueden realizar el cálculo de la velocidad mínima requerida del sistema la cual es cuando los actuadores están en funcionamiento. Recordando que para el cálculo del caudal es necesario partir de la velocidad de avance el vástago y el área del cilindro, entonces se establece que la velocidad mínima necesaria del sistema cuando todos los actuadores están en funcionamiento es:

$$130mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.13m$$

$$A = \frac{\pi * (d)^2}{4} = \frac{\pi}{4} (0.13)^2 = 0.013 m^2$$

Debido a que el caudal Q_a es el de un solo actuador, y teniendo en cuenta que los pistones manejan la siguiente configuración se establece que:

- Se encuentra la velocidad mínima ya que es cuando el pistón está actuando en el banco, por lo cual la velocidad puede aumentar si se usan diferentes tipos de equipos entonces a su vez es necesario regularla mediante un VFD. Para este proyecto se asumen que se necesitan 30 segundos debido a la salida del vástago y el consumo de aceite.

$$750mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.75m$$

$$v = \frac{L}{t} = \frac{0.75m}{30s} = 0.025 \text{ m/s}$$

- Entonces el caudal calculado es:

$$Q_{max} = v * A = 0.025 \frac{m}{s} * 0.013 \text{ m}^2$$

$$Q_{max} = 0.00032 \text{ m}^3/s$$

Si, $1\text{m}^3/s$ es igual a 15850.3 gpm , entonces:

$$0.00032 \frac{\text{m}^3}{s} * \frac{15850.3 \text{ gpm}}{1 \frac{\text{m}^3}{s}} = 5.07 \text{ gpm}$$

$$Q_{max} = 0.00032 \text{ m}^3/s \approx 5 \text{ gpm}$$

2.4. CALCULO DE LA BOMBA

Para la selección de la bomba hidráulica se deben comparar factores importantes como son el rango de velocidad, rango de presión, capacidad y eficiencia. La tabla a continuación detalla esta comparación en los diferentes tipos de bombas.

Tabla 3.

Tipos de bombas.

Tipos de bomba	Rango de presión (psi)	Rango de velocidad (rpm)	Eficiencia total (%)	Capacidad (gpm)
Engranés Externos	1900-3100	1200-2500	81-92	1-150
Engranés Internos	500-2100	1200-2500	72-87	1-200
Paletas	1000-2400	1200-1800	82-93	1-80
Pistones auxiliares	2000-12000	1200-3000	90-98	1-200
Pistones radiales	3000-12000	1200-1800	87-97	1-200

Fuente: (Castrillón, 2023).

En el mercado el diámetro máximo de los pistones hidráulicos de 5 toneladas alcanza los 0.12m con presiones máximas de hasta 190 bares. Tomando esta premisa se puede seleccionar una bomba a paletas simple - Serie V10 - 5 galones. Con presión de trabajo: 1000 PSI (2400 PSI MÁX). Velocidad máxima de trabajo: 1800 rpm. Desplazamiento volumétrico: 16,4 cm³. Sentido de giro: Configurable. Eje: chaveteado. Brida: SAE A 2F.

Figura 9.

Bomba a paletas simple - Serie V10 - 5 galones.



Fuente: (Caceres, 2023).

2.5. CALCULO DEL TAMAÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para cubrir un área de 0.013 m^2 se debe calcular el volumen máximo del cilindro para la estimación del área/volumen del tanque se usa una formula empírica, la cual determina que para el volumen del tanque debe alojar como mínimo un 30% más de lo que el sistema requiere.

$$V = A * d \tag{2}$$

$$V = 13000\text{mm}^2 * 750\text{mm} = 9750000\text{mm}^3$$

$$\approx 0.00975\text{m}^3 \text{ ó } 2.57 \text{ gal o } 9.75\text{L}$$

$$9.75\text{L} + (9.75\text{L} * 0.3)$$

$$9.75\text{L} + 2.95\text{L} = 13 \text{ LITROS}$$

El tanque de almacenamiento que se usará será de 15 litros.

Dónde:

- A es el área del tanque
- d es el recorrido del actuador

2.6. CÁLCULO DEL MOTOR

El motor se selecciona en función de la bomba. Para esta aplicación la mayoría de las bombas de paletas poseen eficiencias del 80%. Se usará el factor de conversión 1714 para convertir caballos de fuerza hidráulicos en HP.

Donde:

HP: Potencia (Caballos de Fuerza)

P: Presión del sistema

Q: Caudal

1714: Factor de conversión de HHP a HP

η : rendimiento de la bomba

$$HP = \frac{P * Q}{1714 * \eta} \quad (3)$$

$$HP = \frac{2400 \text{ psi} * 5 \text{ gpm}}{1714 * 0.8} = 8.75 \text{ HP}$$

Se selecciona un Motor trifásico 10hp 1800rpm Weg carcasa hierro

Figura 10.

NEMA MG-1



Fuente: (WEG).

Este motor dispone de cuerpo de aluminio y patas removibles, siendo de sus mejores características la capacidad de suministrar gran flexibilidad y facilidad en el cambio de configuración, sin necesidad de mecanizado o modificaciones adicionales. Su caja de conexión puede ser reubicada en ángulos de 90°, permitiendo la conexión de los cables del motor en cualquier sitio. Además de eso, estas máquinas son totalmente intercambiables con los motores eléctricos de carcasa de hierro fundido.

HOJA DE DATOS						
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula						
Cliente :						
Línea del producto : Multimontaje IE3 Trifásico			Código del producto :		13983261	
			Catalog # :		00718ET3EAL132M-W22	
Carcasa : 132M Potencia : 10 HP (7.5 kW) Polos : 4 Frecuencia : 60 Hz Tensión nominal : 230/460 V Corriente nominal : 25.4/12.7 A Corriente de arranque : 267/133 A Ip/In : 10.5 Corriente en vacío : 12.6/6.30 A Rotación nominal : 1770 rpm Resbalamiento : 1.67 % Torque nominal : 29.7 ft.lb Torque de arranque : 270 % Torque máximo : 420 % Clase de aislamiento : F Factor de servicio : 1.25 Momento de inercia (J) : 1.52 sq.ft.lb Categoría : N			Tiempo de rotor bloqueado : 27s (frío) 15s (caliente) Elevación de temperatura : 80 K Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C Altitud : 1000 m Grado de protección : IP55 Método de refrigeración : IC411 - TEFC Forma constructiva : B3L(E) Sentido de giro ¹ : Ambos Nivel de ruido ² : 58.0 dB(A) Método de Arranque : Partida directa Masa aproximada ³ : 149 lb			
Potencia 25% 50% 75% 100% Rendimiento (%) 89.4 90.2 91.0 91.7 Cos Φ 0.38 0.65 0.76 0.81			Fuerzas en la fundación Tracción máxima : 671 lb Compresión máxima : 820 lb			
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal						
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)
8.8	7.0	6.3	5.2	3.5	2.7	1.8
Tipo de cojinete :		Delantero 6308 ZZ		Trasero 6207 ZZ		
Sello :		V'Ring		V'Ring		
Intervalo de lubricación :		-		-		
Cantidad de lubricante :		-		-		
Tipo de lubricante :		Mobil Polyrex EM				
Notas						
Esta revisión reemplaza y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada. (1) Mirando la punta delantera del eje del motor. (2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A). (3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación. (4) Al 100% de la carga completa.				Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma NEMA MG-1.		
Rev.	Resumen de los cambios			Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor						
Verificador					Página	Revisión
Fecha	14/06/2023				1 / 6	

2.7. FILTRO

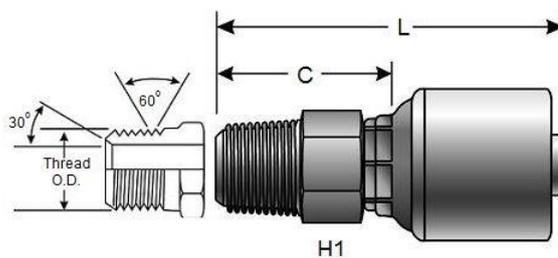
La central de potencia se tomó como un diseño el cual cuenta con un filtro de aspiración interno de baja presión lo cual es más económico por no necesitar soportar altas presiones, lo cual es un filtro con flujo proporcional de localización simple. Este es un filtro hidráulico de metal de 10 micrones.

2.8. ACOPLES 4G-4MP

Para este proyecto se usarán acoples Gates 4G- para conexión de manguera hidráulica para presiones máximas de 2400 psi.

Figura 11.

ACOPLES 4G-4MP.



SKU	7100-10035
Weight	0.130000
L Length (in)	2.17
L Length (mm)	55
C Cutoff (in)	1.14
C Cutoff (mm)	29
Female Thread Id (mm)	11.9
Male Thread Od (mm)	13.9
Up Sell	7100-1003
Part Number 1	4G-4MP
Part Number 2	G25100-0404
Hose Id (in)	1/4
Hose Id (mm)	6.4
Brand	Gates
Manufacturer	Gates

Fuente: (Industries, 2022).

2.9. OTROS

Tabla 4.

Lista de Materiales varios.

CANTIDAD	PIEZA	DESCRIPCIÓN
5	MANÓMETROS	0-210 BAR 1/4
1	VÁLVULA DE PRESIÓN	0-210 BAR
2	VÁLVULAS DE FLUJO	4 VÍAS – 3 POSICIONES
4	ACOPLES MACHO	4G-4MP
1	REDUCTOR ROSCAD	3/4 X 1/2
4	ADAPTADORES H-M	2MP-4FPX
4	ADAPATADORES H-M	6MP-6FPX
4	MANGUERAS HIDRAÚLICAS	100R2-1/4
4	MANGUERAS HIDRAÚLICAS	100R2-1/2
8	FERULAS DE ALTA PRESIÓN	12PC1FS-M3P
1	BREAKER	2 POLOS 60 AMP
1	BREAKER	3 POLOS 40 AMP
1	CONTACTOR	
2	PULSADORES	1 INICIO 1 STOP
1	SELECTOR	2 POSICIONES
1	POTENCIOMETRO	
1	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
1	VARIADOR DE VELOCIDAD	220V
3	LUCES PILOTOS 220V	VERDE-VERDE-ROJO
1	BOTON EMERGENCIA	STOP EMERGENCY BOTON 220V
1	VOLTÍMETRO DIGITAL	0-250V
1	SENSOR DE TEMPERATURA DIGITAL	220V

Fuente: Elaboración propia.

3. CAPITULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En este proceso se desmontó toda la máquina para la evaluación de funcionamiento de los equipos, verificar las fallas, hacer mantenimiento a la estructura, verificar los componentes y reforzar las partes necesarias.

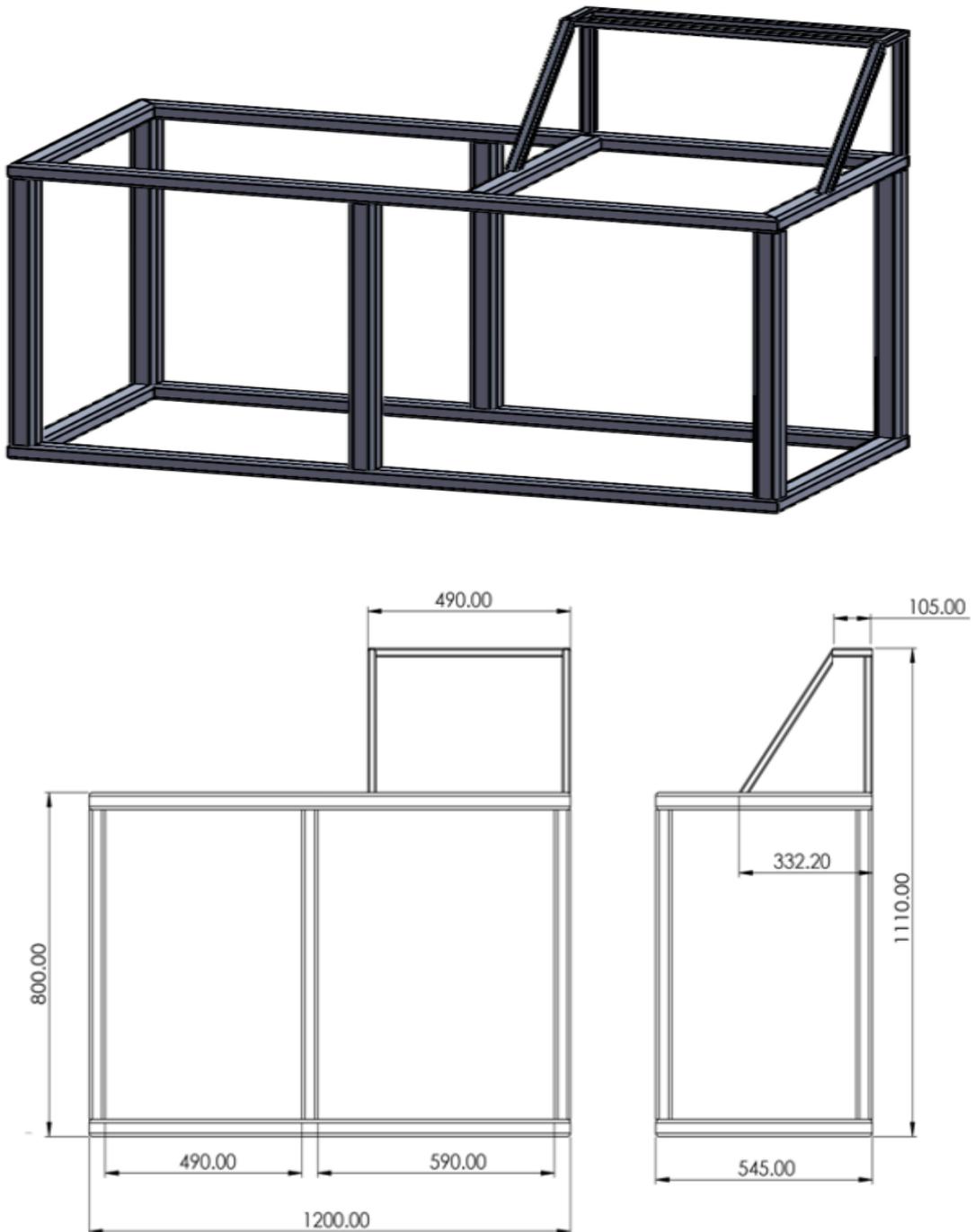
3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO ESTRUCTURA



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 12.

Planos de la estructura.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. BASE DE MOTOR DE BOMBA

Figura 13.

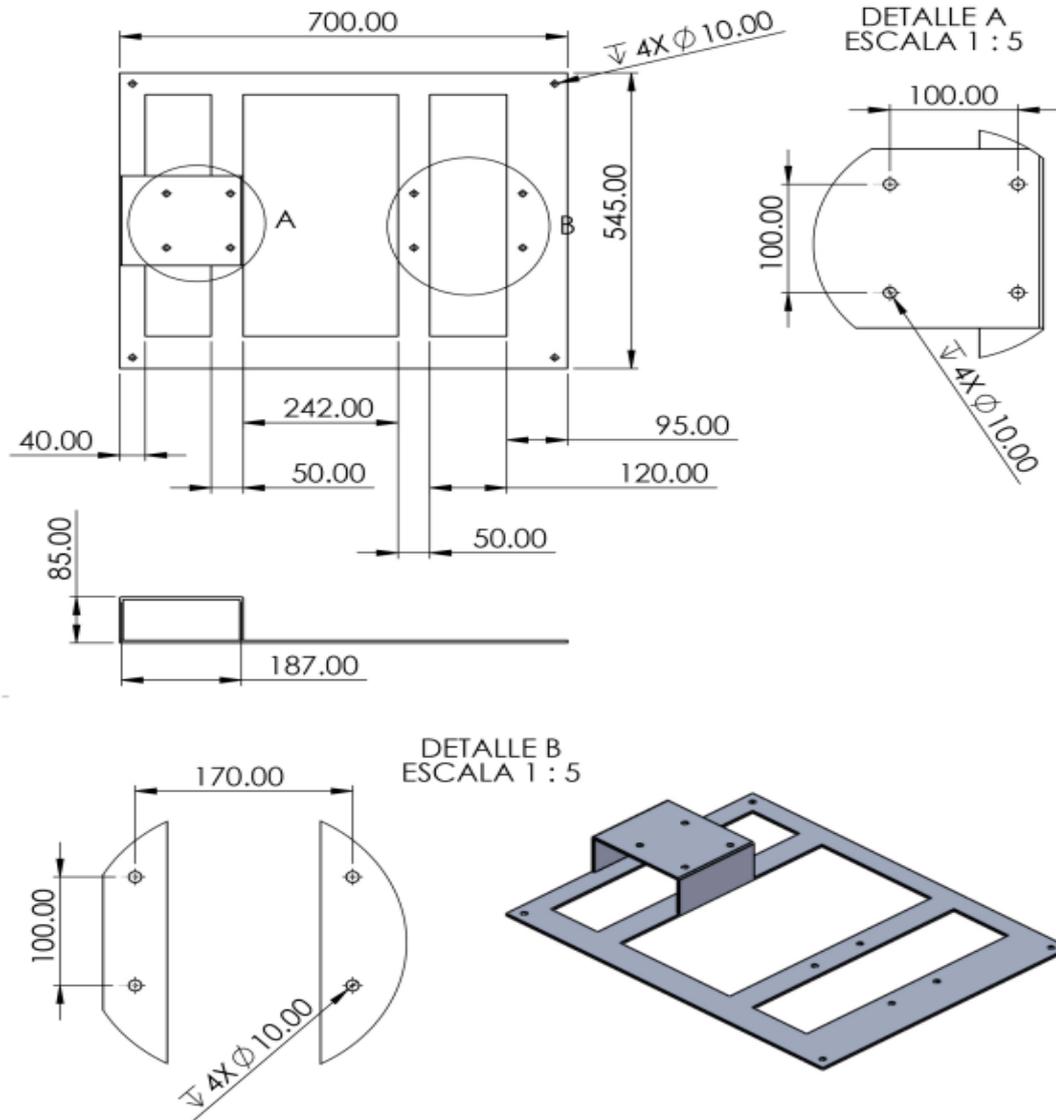
Preparación de pintura para la base de motor + bomba.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14.

Base de motor + bomba.

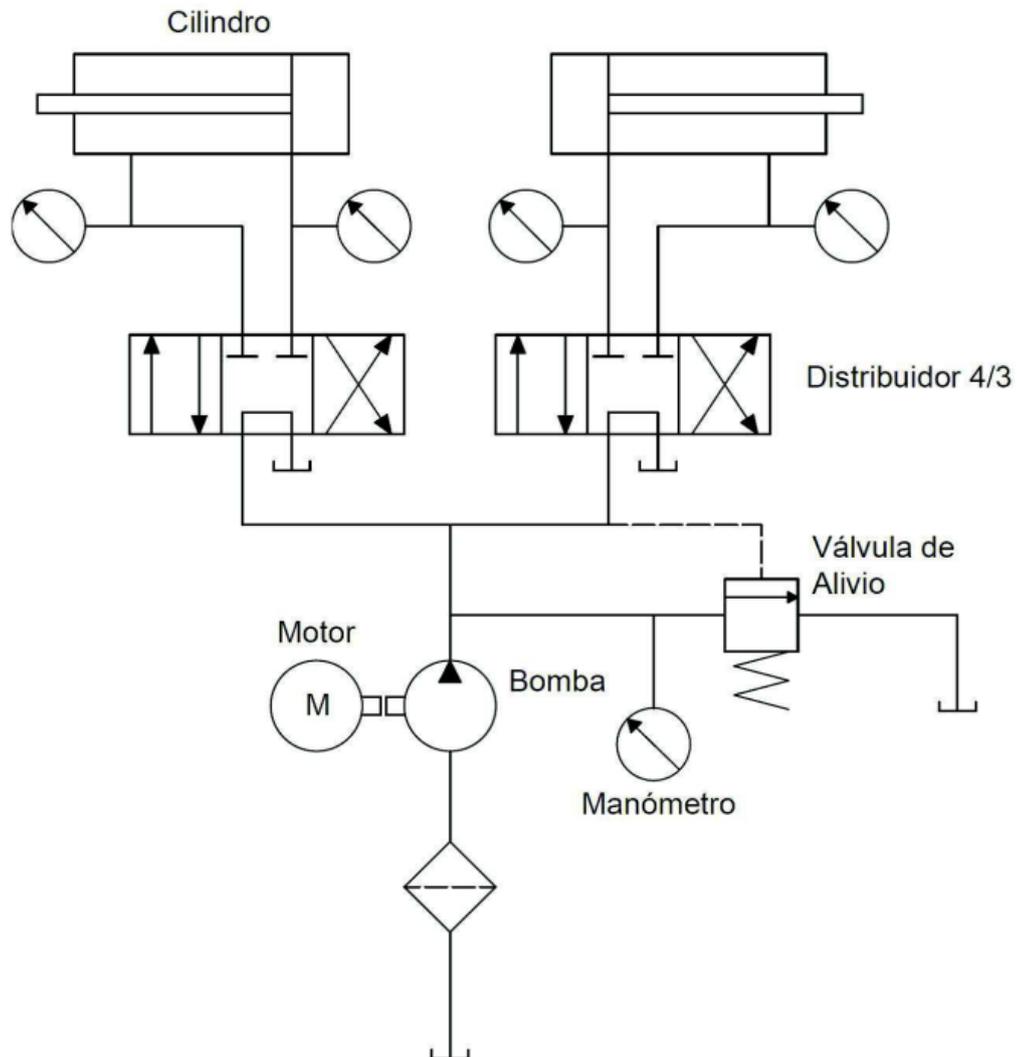


Fuente: Elaboración propia.

3.3. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Figura 15.

Circuito hidráulico.



Fuente: *Elaboración propia.*

La Figura 15 muestra el circuito hidráulico que se va a ejecutar en el proyecto. Una bomba hidráulica estimula la circulación de un líquido adecuado, alimentándose desde un depósito que garantiza un abastecimiento constante.

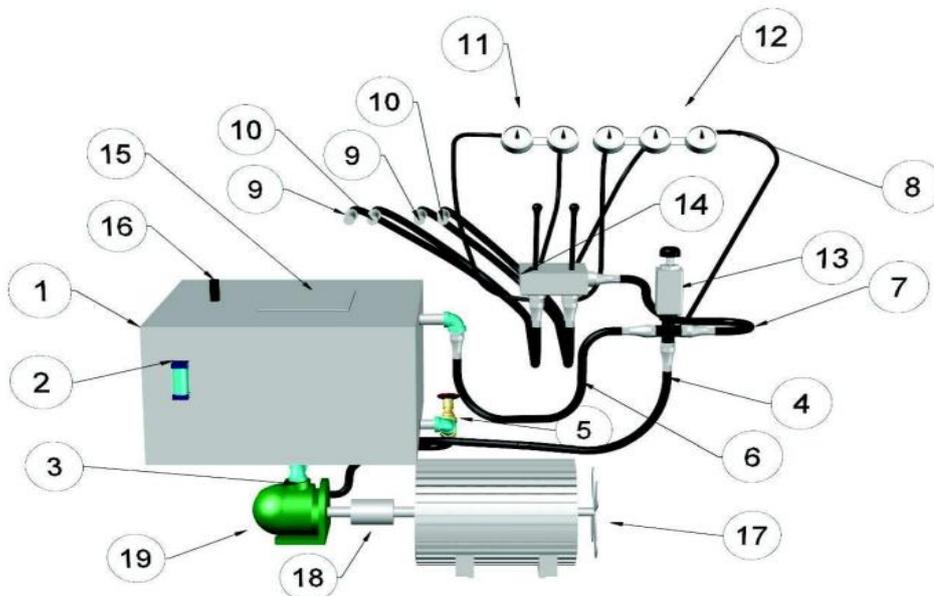
Una válvula de control canaliza el líquido de acuerdo con las condiciones requeridas por el sistema. En última instancia, el receptor (cilindro o motor

hidráulico), recibirá ese líquido en circulación y lo transformará en un trabajo efectivo cuando se lo desee.

En el ámbito laboral, este conjunto se completa mediante tuberías filtros, conexiones y, en casos más complejos, incorporando otros tipos de válvulas de acuerdo con los objetivos perseguidos. Se estructura de esta manera un sistema hermético capaz de soportar determinadas dificultades de funcionamiento, proporcionando un nivel de energía hidrostática adecuado.

Figura 16.

Sistema hidráulico.



Fuente: Elaboración propia.

- | | |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. Depósito | 10. Salida del equipo que se va a probar |
| 2. Nivel de fluido del tanque | 11. Presión de entrada del equipo que se va a probar |
| 3. Succión de la bomba | 12. Presión de salida del equipo que se va a probar |
| 4. Descarga de la bomba | 13. Válvula de alivio |
| 5. Válvula de compuerta | 14. Distribuidor |
| 6. Retorno al depósito de la válvula de alivio | 15. Tapa del depósito |
| 7. Entrada al distribuidor | 16. Respiradero |
| 8. Presión de salida hacia el distribuidor | 17. Motor |
| 9. Entrada al equipo que se va a probar | 18. Acople motor-bomba |
| | 19. Bomba |

3.4. DISEÑO DEL DEPOSITO DE ACEITE

El dispositivo oleohidráulico puede suministra las mejores prestaciones, la más alta fiabilidad y la más larga duración, únicamente si el fluido está preparado oportunamente, o sea:

- Filtrado, para eliminar las partículas sólidas extrañas.
- Refrigerado (o calentado), para mantener las diferencias de temperatura entre unos límites compatibles con la viscosidad y la duración requerida por el fluido junto con las características de los materiales que constituyen el sistema.

Estas actividades vienen desarrolladas por aparellajes específicos, uno de ellos es el depósito. El depósito forma parte de cualquier dispositivo oleohidráulico, y debe ser proyectado no solo para almacenar fluido, sino también, para realizar, al menos parcialmente, las siguientes funciones:

- Refrigeración del aceite (de forma excepcional calentarlo para mantenerlo suficientemente fluido antes del funcionamiento de los dispositivos).
- Separación de las partículas contaminantes.

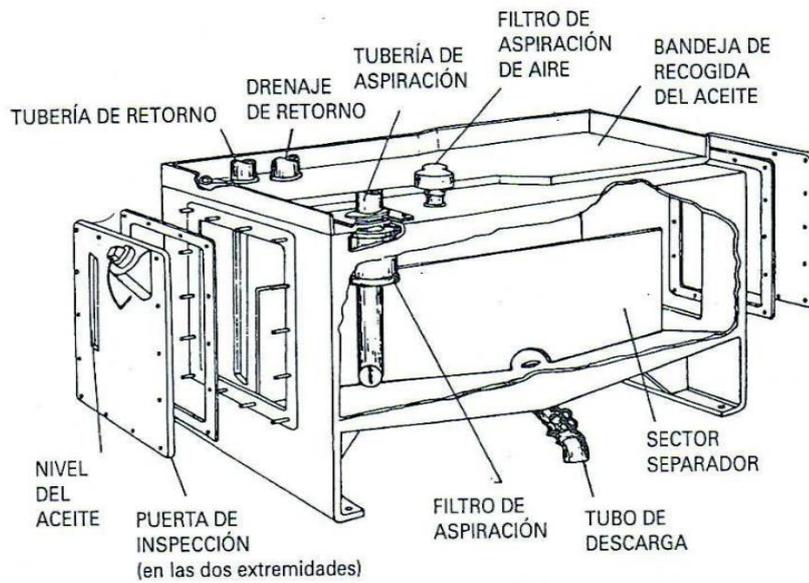
Además, debe cumplir completamente con el desempeño de:

- Separación del aire contenido en el fluido.
- Separación del agua contenida en el fluido.

El depósito se dimensiona de forma que permita al fluido permanecer en su interior un tiempo suficiente para cumplir con los tratamientos antes indicados. Se debe considerar las variaciones de volumen durante el ciclo de trabajo y además reponer las fugas al exterior.

Figura 17.

Depósito de aceite.



Fuente: Oleohidráulica, Conceptos Básicos. Carnicer Royo E. & Mainar Hasta C.

Figura 18.

Depósito de aceite.

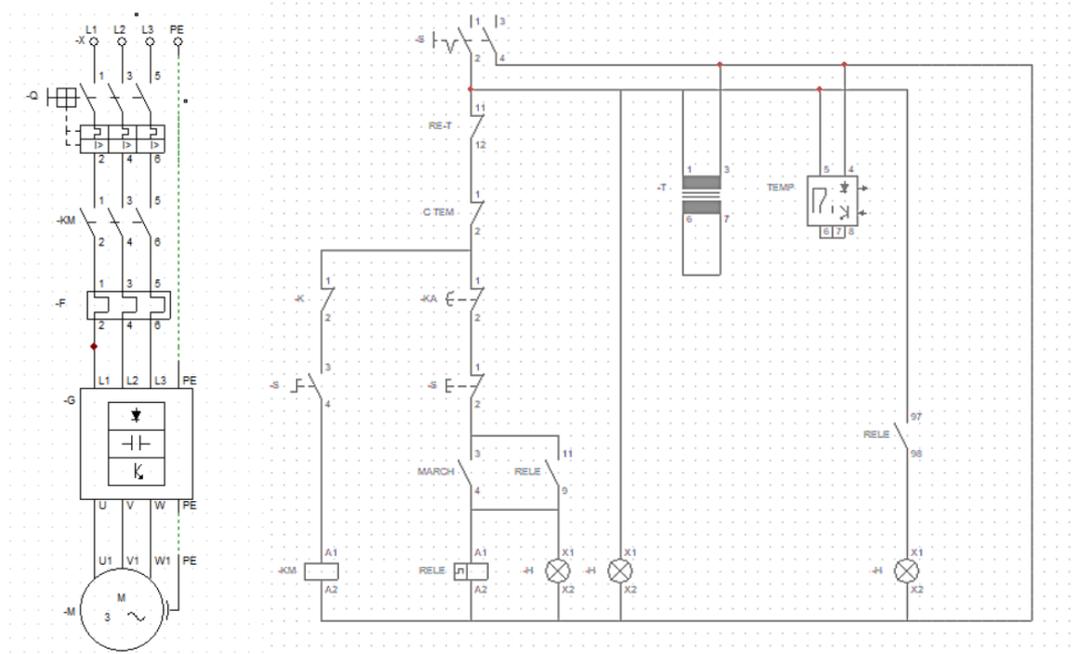


Fuente: Elaboración propia.

3.5. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Figura 19.

Diagrama eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan la lista de materiales usados en la instalación del circuito eléctrico del banco de pruebas:

- 1 breaker 60 amperios.
- 1 contactor.
- Relé térmico
- 2 pulsadores.
- 1 paro de emergencia.
- 1 bloqueador.
- 3 luces pilotos.
- 1 variador de velocidad

- 1 transformador de corriente
- 1 potenciómetro
- 1 Selector de dos posiciones
- 1 pt 100 (sensor de temperatura).
- 1 controlador de temperatura digital de 220v.
- 1 multímetro digital de 220v.

Proceso constructivo del circuito eléctrico del banco de pruebas:

- Para construir el circuito eléctrico se sigue el diseño preestablecido, que se encuentra en la figura.

3.6. GUÍA DE MANTENIMIENTO

Un sistema hidráulico es un componente fundamental de la mayoría de las máquinas en la industria. La potencia hidráulica que genera un sistema hidráulico permite obtener la fuerza necesaria para levantar y mover piezas pesadas.

Los sistemas hidráulicos cuentan con numerosos componentes complejos que deben funcionar de manera eficiente para que el sistema funcione. Mantener cada conjunto en buen estado de funcionamiento requiere una rutina de mantenimiento regular.

El mantenimiento hidráulico regular del banco de pruebas de pistones de hasta 5 ton seguir con los siguientes principios.

3.6.1. Mantenimiento del aceite

- Revise el aceite hidráulico periódicamente: debe permanecer limpio y libre de contaminantes. Debe vaciar y reemplazar el aceite hidráulico cada 1000 horas de trabajo.
- Puede ayudar a minimizar el riesgo de contaminación manteniendo el área alrededor de los puntos de entrada, como las varillas de nivel y los tapones de combustible, libres de polvo y residuos. Es fundamental utilizar el mismo tipo de líquido hidráulico cada vez que rellene el nivel. Si es posible, utilice también la misma marca cada vez.

3.6.2. Cambiar los filtros periódicamente

Los filtros se encargan de eliminar incluso las partículas más minúsculas que podrían obstruir el sistema hidráulico. Sin embargo, el proceso de mantener las partículas fuera del sistema hace que los propios filtros se obstruyan con el tiempo. Los filtros perderán eficacia a medida que acumulen contaminantes, por lo que es recomendable reemplazarlos con frecuencia. Si corresponde, asegúrese de limpiar también el recipiente del filtro.

3.6.3. Condiciones de las conexiones

Inspeccione visualmente para detectar desgaste, como corrosión y picaduras. Estos problemas pueden generar humedad dentro del fluido, lo que se agrava y puede causar muchos problemas en el sistema hidráulico, como mayor desgaste y lubricación inadecuada.

3.6.4. Reemplazo del sello

Si se produce corrosión debido a las condiciones del entorno, el sello puede dañarse por exceso de fricción en la bomba. Otros peligros para los sellos incluyen el exceso de presión y los contaminantes del fluido. Un sello desgastado puede tener fugas, lo que genera riesgos para el equipo y problemas de salud y seguridad ambientales.

3.6.5. Revisión periódica de las líneas hidráulicas

Las fluctuaciones en la presión o el espesor de las líneas pueden provocar daños en el equipo. Por ejemplo, una presión excesiva del cilindro puede provocar que la línea se dilate y permita que pase demasiado fluido a alta presión, lo que desgasta los sellos. Inspeccione regularmente el estado de las líneas y asegúrese de que no se estén hinchando.

3.6.6. Inspeccione los niveles de líquido

Para un funcionamiento óptimo, debe controlar los niveles de líquido y agregar más según sea necesario. Si no hay suficiente líquido hidráulico, la bomba puede dañarse.

3.6.7. Compruebe todas las conexiones de tuberías y mangueras hidráulicas.

Si las mangueras están pinchadas, dobladas, desgastadas, burbujeando, estiradas o dañadas de alguna otra manera, pueden restringir el flujo de fluido o provocar fugas de presión. La mayoría de estos problemas son visibles desde el exterior, pero otros ocurren internamente, por lo que debe inspeccionar el interior para detectar daños que puedan causar una obstrucción.

Además, revise las tuberías, los accesorios y los acopladores para detectar abolladuras o corrosión. Los accesorios deben estar ajustados, pero no demasiado apretados. Los acopladores deben mantenerse limpios para evitar la contaminación o las fugas.

Las fugas provocan un consumo excesivo de aceite, sobrecalentamiento y graves riesgos para la seguridad y el medio ambiente. Pueden ser difíciles de limpiar y peligrosas, por lo que se debe estar atento a las señales para evitar fugas en primer lugar.

3.6.8. Verifique la temperatura del sistema

Si la temperatura de su sistema se eleva demasiado, podría indicar un problema con el enfriador o la válvula de alivio. Los niveles bajos de líquido también podrían contribuir al calentamiento. No toque los componentes que sospeche que pueden estar calientes, ya que esto puede provocar quemaduras graves.

3.6.9. Inspeccione visualmente el interior del depósito

La aireación dentro del depósito puede provocar sobrecalentamiento y desgaste de los sellos y los componentes del sistema. La aireación se produce cuando entran burbujas de aire en el flujo de aceite debido a niveles bajos de líquido, bajas temperaturas del líquido, fugas de aire y sellos defectuosos. La formación de espuma, ruidos fuertes de gorgoteo y remolinos en el filtro de succión indican aireación.

3.6.10. Escucha la bomba

De manera similar a la aireación, la cavitación es el resultado de burbujas de gas que experimentan cambios rápidos de presión. Las burbujas de gas implosionan y provocan ondas de choque en miniatura. Las ondas de choque generan una tensión repetida en las superficies metálicas, dañando los componentes.

Si una bomba está cavitando, emitirá un sonido agudo y chirriante. Escuchar la bomba le dará una idea de la cavitación que puede estar presente.

3.6.11. Inspeccione paulatinamente una muestra de fluido hidráulico

Para comprobar la calidad del fluido, tome una pequeña muestra e inspecciónela. Realice una inspección visual rápida para detectar anomalías de color y contaminantes visibles. También puede inspeccionar si hay olores inusuales. Realizar una prueba de contaminación puede ofrecer una revisión más precisa de las cualidades del fluido. Ofrece hallazgos detallados sobre contaminación por partículas, contaminación por agua, viscosidad, acidez y signos de sobrecalentamiento.

3.6.12. Compruebe el motor de accionamiento eléctrico

Mantenga el termómetro infrarrojo a la vista y utilícelo en el motor eléctrico para detectar cualquier área de calor intenso. Estas áreas pueden estar en la carcasa o en los cojinetes del rotor y requerir mantenimiento para evitar más daños al equipo.

3.7. GUÍA DE USO PRÁCTICO

- 1) Verificar el nivel de aceite
- 2) Abrir la llave de paso rápido que conecta el tanque a la bomba
- 3) Energizar el sistema eléctrico
- 4) Desbloquear el sistema girando la llave a la derecha
- 5) Verificar que no esté ningún objeto obstruyendo el giro del motor
- 6) Pulsar el botón verde para dar encendido al sistema hidráulico
- 7) Para actuar el cilindro hidráulico accionar los mandos de control
- 8) En caso de emergencia pulsar el hongo de paro

ANALISIS OBTENIDO DEL BANCO DE PRUEBA

En este capítulo se realizó la respectiva prueba con un cilindro hidráulico de doble efecto con tolerancia de 5 toneladas.

Antes de poner en marcha la máquina se debe verificar el nivel de aceite en el tanque, se inspecciona que no se encuentren ningún agente extraño cerca de la máquina, se procede a conectar el cilindro hidráulico en las tomas de presión respectivas, luego se abre la llave de paso de la succión de la bomba y se procede a encender la máquina.

Figura 20.

Conexión del cilindro hidráulico.



Fuente: *Elaboración propia.*

PRUEBA CON EL CILINDRO HIDRÁULICO

A continuación, se detalla la prueba realizada con el cilindro hidráulico

PRESIÓN

Se procedió a presurizar el cilindro hidráulico durante unos 30 segundos con una presión de empuje de 210 psi, luego realiza una carrera de salida hasta cierto nivel. El manómetro marca la presión máxima de salida del vástago de 400 psi.

Para el retroceso del vástago, los manómetros marcan una presión 200 psi y 210 psi de carrera y la presión máxima de recogida del vástago es de 400 psi.

Figura 21. Lectura de la presión de los manómetros.



Fuente: Elaboración propia.

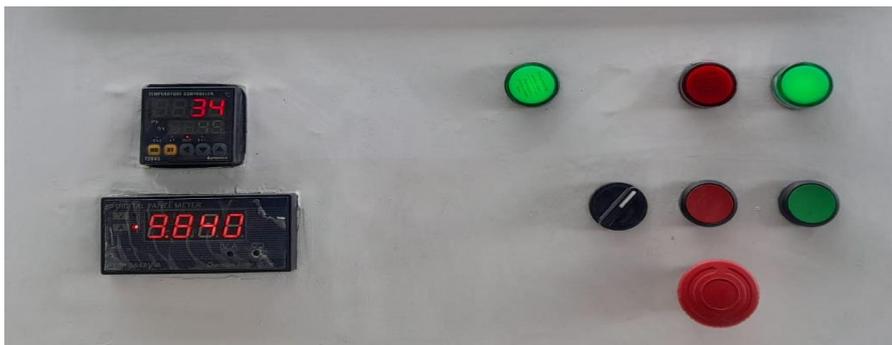
Después de realizar las pruebas necesarias se pudo comprobar que el cilindro hidráulico no tenía ningún tipo de avería y fuga de aceite.

Para este trabajo se recomienda realizar las pruebas de presión durante unos 3 minutos, pero para futuras pruebas se recomienda realizar el trabajo durante 2 minutos ya que se podrían dañar los oring o retenedores del cilindro.

TEMPERATURA

Durante las pruebas que se realizó se registró una temperatura de arranque de 20 °C (68°F) y una temperatura en funcionamiento de 35 °C (95 °F). para obtener estos registros el banco de pruebas permaneció encendido durante unos 25 minutos.

Figura 22. Lectura de temperatura.



Fuente: *Elaboración propia.*

CONCLUSIONES

- Los actuadores hidráulicos son los componentes finales dentro de un circuito hidráulico. Se encargan de convertir la energía hidráulica suministrada por la central para generar una fuerza y un movimiento. La central hidráulica está diseñada para que un actuador realice el proceso adecuadamente.
- Se cumplió con el objetivo de diseñar y reconstruir un banco de pruebas para cilindros hidráulicos, con ello los estudiantes podrán poner en práctica los conocimientos teóricos de esta rama de la ingeniería como es la Hidráulica. El banco de pruebas cuenta con manómetros para medir las diferentes presiones para probar un cilindro, también cuenta con un termómetro, así como con un multímetro digital. Con esto se garantiza las condiciones principales de trabajo, como son: presión y temperatura.
- Durante las pruebas realizadas se hicieron todas las simulaciones necesarias, para verificar que el equipo se encontraba operativo. En la parte eléctrica se puso a prueba el control térmico, también se verificó que no exista sobrecarga de voltaje ni amperaje. En cuanto al sistema hidráulico se realizó una inspección visual, para descartar cualquier fuga de aceite hidráulico

RECOMENDACIONES

- Ubicar el banco de pruebas en un sitio fijo adecuado para realizar prácticas y libre de agentes extraños, como son trapos, franelas, etc.
- Los actuadores lineales y rotativos pueden venir en diferentes formas dependiendo de cómo funcionen y ambos pueden usar fuentes de energía hidráulica, es importante debido a ella, seguir los criterios de funcionamiento y mantenimiento recomendados para que no falle el banco de pruebas.
- Para probar un cilindro es importante tener en cuenta las características del mismo como son presión y temperatura, para así evitar un exceso de presión a la hora de la prueba del mismo y evitar el rompimiento de los sellos hidráulicos. Es importante tener en stop un juego de acoples rápidos, racores y mangueras para una fácil conexión para probar un cilindro hidráulico
- Uso obligatorio de implementos de seguridad industrial al momento de utilizar el banco de pruebas, como son: guantes, gafas, mandil, etc. La manipulación de los circuitos eléctrico e hidráulico, al momento de su mantenimiento u operación, debe realizarla una persona calificada en el tema.

BIBLIOGRAFIA

- Caceres, D. (2023). *Optimización del proceso de reparación de cilindros hidráulicos para equipo pesado mediante la implementación del área de cromo en una empresa metalmecánica, utilizando el método de recuperación de vástago*. Obtenido de Repositorio Institucional de la UTP: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7095>
- Cadavir, J. (2020). *Hidráulica de canales: fundamentos*. Universidad Eafit.
- Castrillón, S. (2023). *Caracterización cualitativa de una bomba reciprocante de doble efecto de operación manual*. Obtenido de Repositorio institucional Séneca: <https://hdl.handle.net/1992/73144>
- Chilig, E. (2023). *Estudio de impulsores de una bomba hidráulica de agua para que funcione como turbina: estudiar los materiales de impulsores para que una bomba hidráulica funcione como turbina*. Obtenido de Repositorio Digital Institucional Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24510>
- Cruz, A., Ortiz, M., & Farfán, J. (2019). Neumática e hidráulica. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 6(12), 105. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/4006>
- Huang, K., Wu, S., Li, C., & Gui, W. (2021). Fault Diagnosis of Hydraulic Systems Based on Deep Learning Model With Multirate Data Samples. *IEEE*

Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 33(11), 6789-6801. doi:10.1109/TNNLS.2021.3083401

Martins, T., & Rodrigues, R. (2021). Los beneficios del uso de nuevas tecnologías para sistemas hidráulicos. *Boletín de Gestión*, 27(27), 50-59. Obtenido de <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/60>

Mendoza, R. (2020). *Diseño de una plataforma de anticipación e identificación de fallas para bombas de desplazamiento positivo de relave en la mina de Toquepala - Tacna*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12386>

Ordóñez, D., Martínez, D., & Rodríguez, M. (2022). *Prototipo de aplicación web para optimizar el dimensionamiento de válvulas de control hidráulico*. Obtenido de Biblioteca Digital Minerva: <http://hdl.handle.net/10882/12389>

Pacheco, J., & De la Hoz Galvez, G. (2021). *Diseño de una herramienta electrohidráulica para el acoplamiento de cilindros hidráulicos de maquinaria pesada*. Obtenido de Repositorio Universidad Antonio Nariño: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4599>

Pascal, B. (2021). *Pensamientos*. Exousia.

Puentes, J., & Díaz, D. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo de una bomba de desplazamiento*. Obtenido de Repositorio Fundación Universitaria los Libertadores: <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/88a753a8-7a24-4637-a6ff-26ad1fb9ca2d/content>

- Rodríguez, T. (2022). *Mejoramiento de la performance de bomba de desplazamiento positivo mediante aplicación de AMEF en la Empresa AFA GROUP*. Obtenido de Repositorio de la Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112435>
- Rodriguez, M. (2020). *álisis de falla de los cilindros hidráulicos de una canasta auto descargable*. Obtenido de Repositorio Universidad Antonio Nariño: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3108>
- Ruales, A. (2021). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. . Obtenido de Introducción a los Sistemas Hidráulicos: https://www.researchgate.net/profile/Anthony_Ruales/publication/350735315_Introduccion_a_los_Sistemas_Hidraulicos_una_Revision_Sistemati-ca_de_la_Literatura_Introduction_to_Hydraulic_Systems_a_Systematic_Review_of_the_Litereture/links/606f49484585150fe993a
- Senninger. (2020). *Senninger*. Obtenido de ¿Cuál es la diferencia entre un regulador de presión y una válvula limitadora reguladora de presión?: <https://www.senninger.com/es/news/2020/10/12/cual-es-la-diferencia-entre-un-regulador-de-presion-y-una-valvula-limitadora>
- Usquiza, B., Silva, M., & Olivares, S. (2022). Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(2), 37-41. doi:10.25127/ucni.v5i1.887
- Vera, J. (2020). *Automatización De La Válvula De Control Con Actuador Electra Hidráulico Para La Mejora De Precisión Del Área De Filtración, Ptar Santa*

Clara Sedapal 2020. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur :
<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/906>

ANEXOS

Figura 23.

Rehabilitación base de motor.



Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 24.

Banco de rehabilitado.



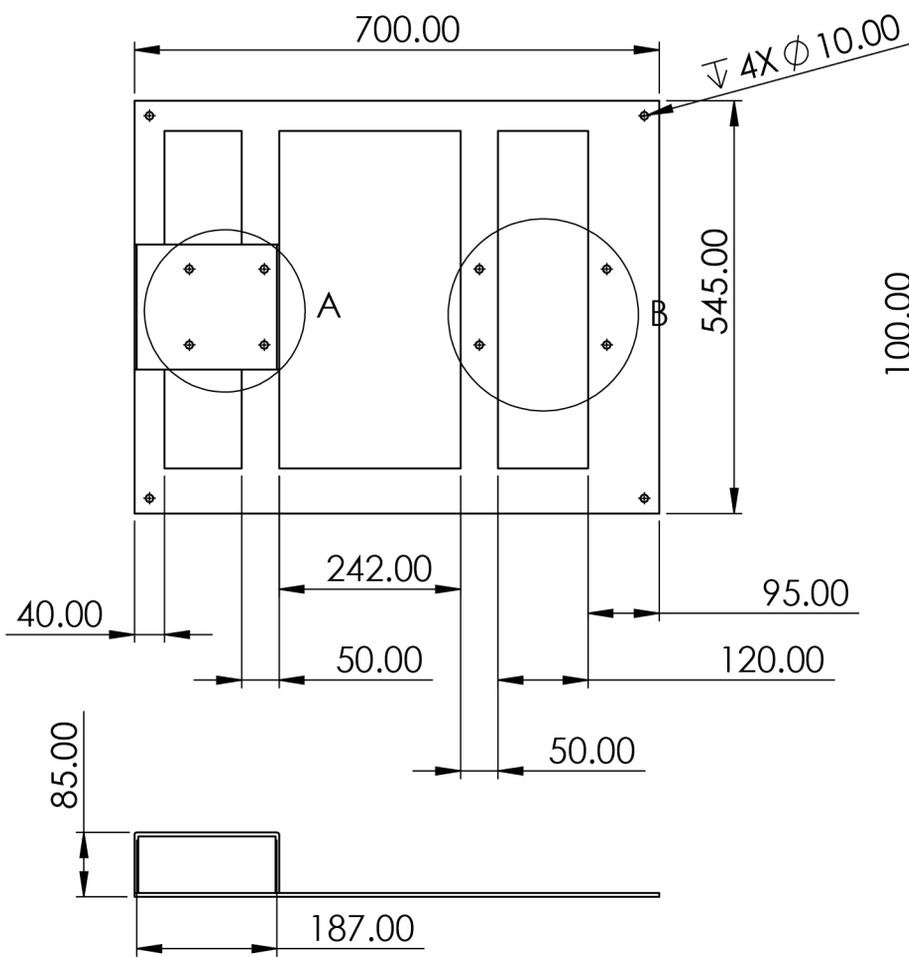
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25.

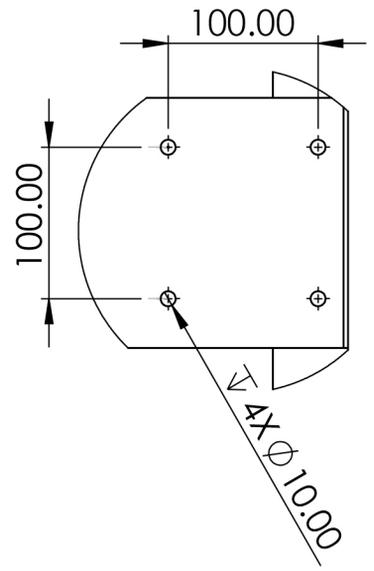
Conexiones eléctricas.



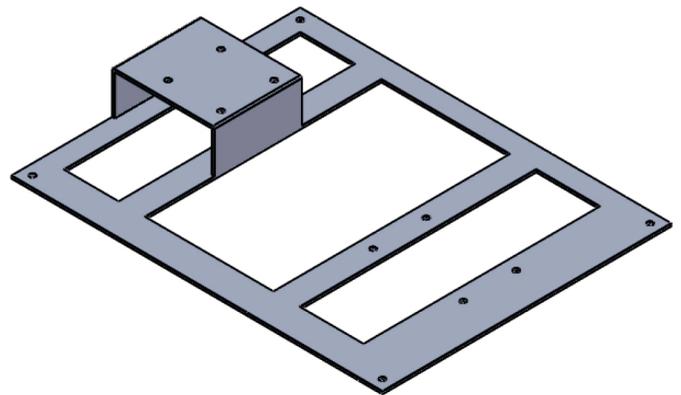
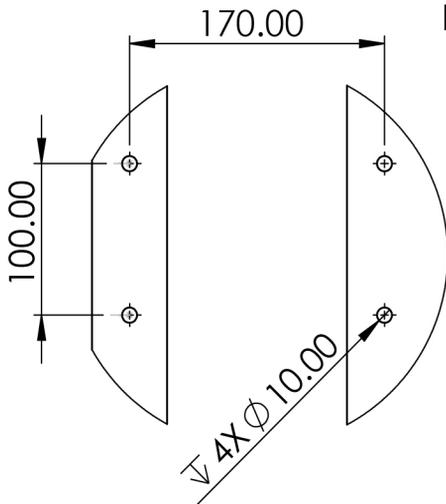
Fuente: Elaboración propia.

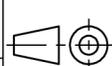


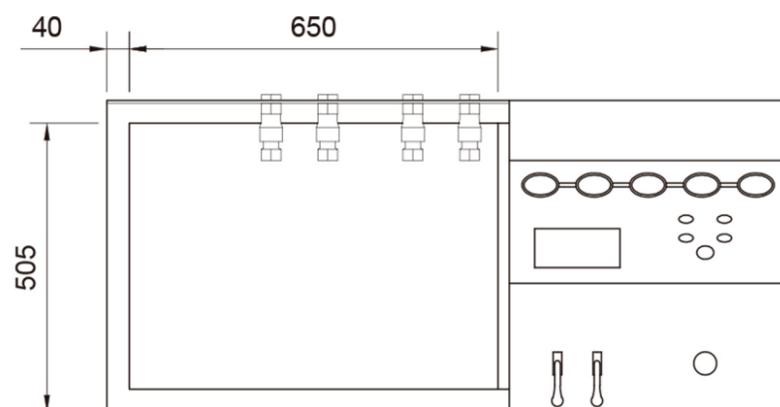
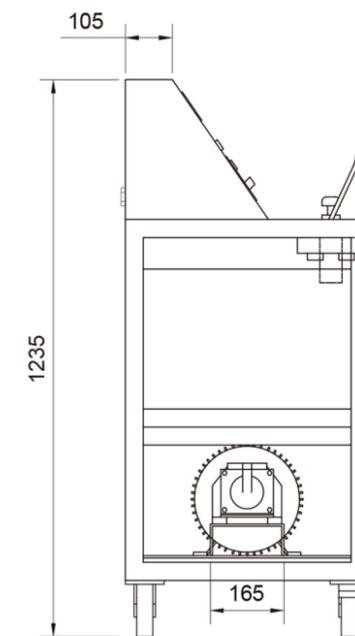
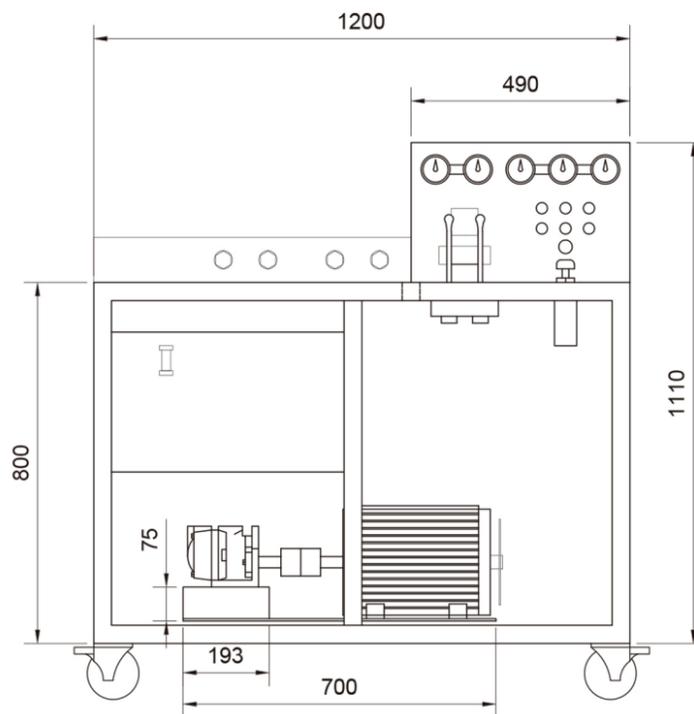
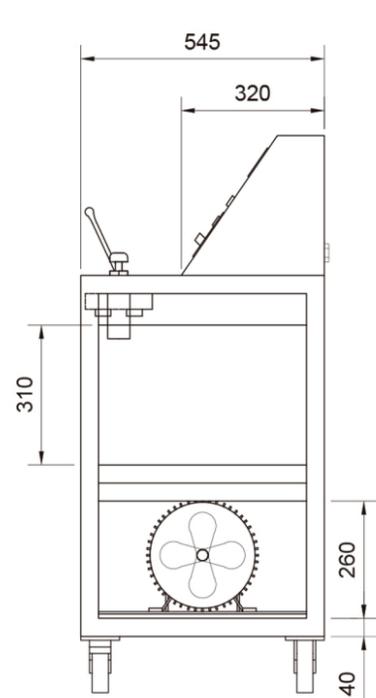
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



				Tolerancia NA	Peso	Material: ACERO NEGRO	
						Denominación: BASE MOTOR + BOMBA	Escala 1:10
				Dib.	Fecha 07/2023	Nombre Moreira-Moreira	
				Rev.		Efrey A	
				Apro.			
							
Edición	Modificación	Fecha	Nombres				ING-MEC-2024(1)-002
				Sustitución			



				Tolerancia NA	Peso	Material: MÚLTIPLES MATERIALES		
						Denominación: ESTRUCTURA	Escala 1:10	
				Dib.	Fecha 07/2023			Nombre Moreira-Moreira
				Rev.				Efrey A
				Apro.				
						ING-MEC-2024(1)-001		
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombres			Sustitución		

