

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	LUÍS EMILIO
Apellido (s):	BARRERA ÁVILA
Código:	20102275003
E-mail:	lebarreraa@gmail.com
Teléfono fijo:	2987347
Celular:	3162868501



Ejecutor 2

Nombre (s):	SAIR ALONSO
Apellido (s):	CUELLAR PRADO
Código:	20102275007
E-mail:	saircuellar@yahoo.es
Teléfono fijo:	7312923
Celular:	3167559080



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Implementación de un sistema de pruebas para cilindros hidráulicos en la empresa FAINMAQ SAS	
Duración (estimada):	7 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyectos Científicos y Comunitarios	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Optimización de Procesos	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Mecánica de fluidos, hidráulica, seguridad industrial, diseño de máquinas.	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	JOHN ALEJANDRO FORERO CASALLAS

CONTENIDO

	pág.
INDICE DE FIGURAS.....	4
INDICE DE TABLAS.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1 ESTADO DEL ARTE	8
1.2 JUSTIFICACIÓN	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 GENERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3. MARCO TEÓRICO.....	14
3.1 HIDRÁULICA	14
3.2 OLEOHIDRÁULICA	14
3.3 PRINCIPIOS FÍSICOS	15
3.3.1 Principio de Pascal.	15
3.3.2 Ley de continuidad.....	17
3.4 SISTEMA HIDRÁULICO.....	19
3.4.1 Bombas.....	20
3.4.2 Depósito.....	20
3.4.3 Filtro.	21
3.4.4 Manómetro.....	21
3.4.5 Red de distribución.	21
3.4.6 Elementos de regulación y control.....	21
3.4.6.1 Válvulas de dirección o distribuidores.....	21
3.4.6.2 Válvulas anti retorno.	21
3.4.6.3 Válvulas de regulación de presión y caudal.....	21
3.4.7 Elementos actuadores o de trabajo.....	22
3.4.7.1 Cilindros.....	22
3.4.8 Fluidos hidráulicos.	24
4. METODOLOGÍA.....	26
4.1 ETAPA DE DOCUMENTACIÓN.....	26
4.2 ETAPA DE DISEÑO PRIMARIO.....	27

4.3 ETAPA DE DISEÑO SECUNDARIO.....	27
4.4 ETAPA DE MODELACIÓN.....	28
4.5 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.....	28
4.6 ETAPA DE ELABORACIÓN DE DOCUMENTO FINAL	28
5. CRONOGRAMA	29
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	30
BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFIA.....	32
GLOSARIO	33

INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Banco de pruebas YST 500.....	10
Figura 2. Diversas aplicaciones hidráulicas	14
Figura 3. Multiplicación de la fuerza.....	15
Figura 4. Multiplicador de presión	16
Figura 5. Multiplicación de la distancia.	17
Figura 6. Ley de continuidad.....	18
Figura 7. Depósito hidráulico.	20
Figura 8. Partes de un cilindro hidráulico	22
Figura 9. Metodologías en el proceso de diseño mecánico.	26

INDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Costos Académicos	30
Tabla 2. Costos de materiales	30
Tabla 3. Presupuesto general del proyecto	31

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cilindros hidráulicos representan, dentro del conjunto de bienes del equipo, uno de los productos de uso más frecuente a nivel mundial. A medida que los cilindros son de mayor tamaño y para usos más críticos, su selección y recepción se hace más tecnificada, interviniendo no sólo el precio, sino el buen rendimiento, el comportamiento mecánico, la calidad de fabricación, etc., todo lo cual se desarrolla a partir de estudios técnicos y ensayos en bancos de pruebas.

Empresas nacionales y multinacionales tienen dentro de su flota de maquinaria innumerables equipos con componentes y actuadores hidráulicos. Ejemplo de ello son las empresas de servicio petrolero, con sus work over, torres de perforación, bombas, taladros de perforación; constructoras con sus retroexcavadoras, bulldozer, grúas, mini cargadores, pala draga, entre otras; empresas del sector industrial que cuentan con prensas hidráulicas, compactadoras de cartón, enfardadoras, embaladoras, elevadores de carga, plataformas tipo tijera, etc. Todas las anteriores utilizando cilindros hidráulicos dentro de sus sistemas de generación de fuerza.

A todas las empresas de las anteriores ramas de la industria mencionadas se les puede ofertar servicios de fabricación y reparación de cilindros hidráulicos, siempre y cuando se cuente con un sistema óptimo de verificación de producto terminado. Diferentes empresas de servicio compiten día a día por abarcar el mercado cambiante de clientes potenciales. Muchas de ellas lo hacen utilizando instrumentos, equipos y procedimientos que van a la vanguardia del avance tecnológico en donde este enfocado, algunas de ellas ubicadas en ciudades al norte de Colombia atienden las necesidades de las grandes multinacionales mineras, como por ejemplo Hydraulic system S.A., en la ciudad de Barranquilla y Unicilidros S.A., en la ciudad de Medellín, quienes ofrecen soluciones de mantenimiento a los sistemas hidráulicos de empresas como Cerrejón y Drummond.

La empresa Fabricación, Ingeniería y Maquinaria, con sigla, FAINMAQ S.A.S., ubicada en la ciudad de Bogotá, dedicada a este tipo de servicio, no puede ser la excepción, por lo tanto busca implementar un sistema de pruebas que otorgue un nivel de control de calidad al proceso y producto desarrollado en sus instalaciones; ¿pero qué clase de sistema será confiable y veraz a la hora de arrojar resultados?

El nuevo sistema de ensayos para la empresa FAINMAQ S.A.S., deberá optimizar y verificar componentes cuando uno de sus clientes lo requiera. Dicho equipo dispondrá de la potencia, capacidad y equipamiento necesarios para realizar pruebas a distintos modelos y tamaños de cilindros, satisfaciendo de esta manera las exigencias actuales.

Los inconvenientes que se presentan por causa de los cilindros hidráulicos en una máquina generan pérdidas de tiempo y dinero. Esta serie de sucesos genera inconformidad y por consiguiente un desprestigio del trabajo realizado en cuanto a la calidad.

Aunque la respuesta de la empresa ante una eventualidad es inmediata, se crea cierta zozobra en el cliente ya que no obtiene resultados concretos sobre su equipo; por lo tanto FAINMAQ S.A.S., necesitará enfocar sus esfuerzos en un método eficiente de verificación que garantice el funcionamiento de los equipos, previniendo de esta manera quejas y reclamos por trabajos defectuosos.

En lo que va corrido del año 2013 la empresa ha recibido una queja por concepto de reparación defectuosa, y en el año 2012 se recibieron 12 equipos en garantía porque no cumplían con los estándares mínimos de operación en la máquina, que se relacionan con estanqueidad del fluido dentro del cilindro, en otras palabras, los cilindros presentaban fugas externas o perdidas de presión cuando operaban; solucionar esta clase de problemas es el objetivo de la compañía.

En vista de la problemática mencionada, se implementará un sistema de pruebas para cilindros hidráulicos en las instalaciones de FAINMAQ S.A.S., con el objetivo principal de proporcionar distintos beneficios al cliente, asociados con reducción de tiempos muertos, costos, y adicionando valor agregado al proceso realizado, además se estima una disminución de quejas, pues el cliente obtendrá garantía relacionada a la calidad del servicio, ya que sabrá que su componente no fallará prematuramente porque fue objeto de pruebas antes de salir a operar. Esto también evitará reclamos sin fundamento por proceso erróneo de instalación o mal manejo del elemento reparado.

1.1 ESTADO DEL ARTE

En los últimos tiempos, se ha empezado a hablar del concepto de confiabilidad, en la medida que se comprendió que no era suficiente lograr una alta disponibilidad, sino también disminuir al mínimo la probabilidad de falla de las máquinas durante su operación, es decir, lograr un alto estándar de calidad.

Las consecuencias de una falla pueden generar un lucro cesante y pérdida de producción, pasando por las horas de mano de obra improductivas, hasta la degradación y rotura de las propias máquinas. Una alta disponibilidad no todas las veces implica una alta confiabilidad, pero una alta confiabilidad implica disponibilidad y seguridad, en la medida que en la maquinaria disminuye la probabilidad de falla. Para el caso de maquinaria pesada, la disponibilidad será el producto de la confiabilidad individual de cada sistema que la compone¹.

Se entiende por maquinaria pesada a toda maquinaria móvil, diesel, hidráulica eléctrica, tal como: maquinaria vial, agrícola, para minería, equipamiento portuario, equipo de construcción, transporte, sector naval, entre otros. Dicha maquinaria está constituida por una serie de sistemas mecánicos, como motores, compresores, transmisión, y demás, pero también se compone de sistemas hidráulicos complejos que hacen que actuadores hidráulicos operen de diferentes maneras, como por ejemplo, cilindros hidráulicos para transformar la presión hidráulica en fuerza mecánica de empuje y arrastre o motores hidráulicos que transforman la presión hidráulica en fuerza rotacional, imprimiendo torque.

Para reparar o fabricar cilindros hidráulicos de maquinaria pesada o industrial que operan en condiciones específicas, y que en la mayoría de las veces se encuentran en campo abierto en donde el costo de operación y el cumplimiento de la obra es tema fundamental, es indispensable garantizar el trabajo que se realiza al proceso de cada uno de los componentes en mención, ya que de éste depende que no se presenten inconvenientes que lleguen a retrasar la programación establecida para la reparación y puesta en marcha de la máquina. Por esta razón, es necesario contar con un sistema que sea capaz de verificar el funcionamiento del equipo reparado antes de que éste salga de la empresa.

Este tipo de situaciones ha llevado a que las empresas desarrollen tecnologías para detectar y corregir las fallas que se producen en diversos componentes de la

¹.Carolina Altmann, El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo en flotas de maquinaria pesada. Disponible en http://widman.biz/boletines_informativos/lubricacion_ca.pdf.pág.1

máquina. Actualmente se encuentran a disposición diversos mecanismos que evalúan el comportamiento de diferentes componentes hidráulicos, simulando condiciones reales de trabajo. Las investigaciones han llegado a tal punto que es posible analizar las deformaciones a las cuales está sometido un cilindro hidráulico al someterlo a una carga determinada, un ejemplo de este tipo es una investigación realizada en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), por los ingenieros Esteve Codina, Munir Khamastha y el colombiano Edgar Salazar, quienes diseñaron un banco de pruebas de pandeo de cilindros oleo hidráulicos, el cual permite el montaje de una alta gama de dimensiones, arrojando datos que permiten determinar su comportamiento bajo carga de acuerdo con la norma ISO/TS 13725.²

Otros estudios de aplicación relacionados con el tema se trabajan en la industria LJM en Dinamarca, cuyo proceso se especializa en construir cilindros hidráulicos para la industria de los aerogeneradores en la cual los clientes hacen grandes demandas en lo que respecta a la limpieza de los cilindros. La clase ISO 15/13/11 es un requerimiento mínimo. Durante la soldadura, mecanizado y montaje de los cilindros hidráulicos se introducen grandes cantidades de suciedad y de partículas. A fin de impedir estos problemas y satisfacer los requerimientos del fabricante de aerogeneradores es necesario limpiar los cilindros antes de utilizarlos. Como solución la industria CJC diseño un banco de pruebas en el cual se filtra el aceite con un filtro fino HDU 27/54 CJC™ y se analiza por un contador de partículas UCC integrado en el banco. El banco de pruebas funciona automáticamente y cuando el aceite de salida del cilindro alcanza la clase de limpieza requerida el contador UCC envía una señal al banco de pruebas y la prueba se detiene. Al mismo tiempo se imprime el recuento de partículas como documentación de que el cilindro ha alcanzado el código de limpieza requerido. Esta documentación se entrega con el cilindro al cliente como una garantía de que el cilindro ha sido probado y limpiado de acuerdo a sus requerimientos.³

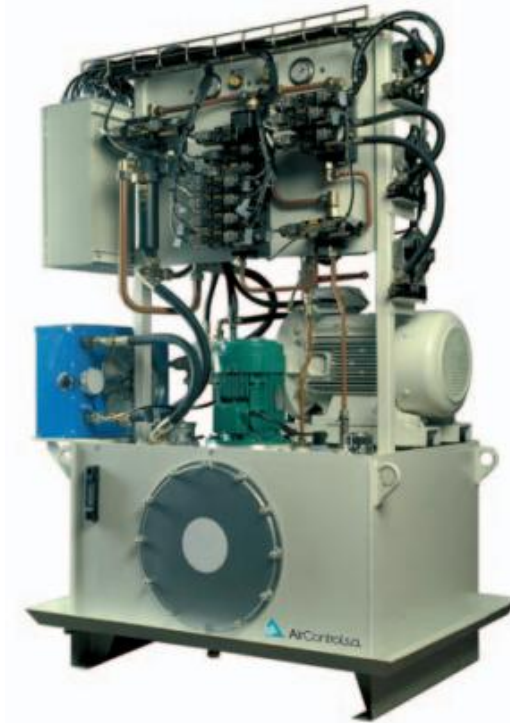
En estados unidos existen innumerables bancos y sistemas de pruebas, algunos de ellos enfocan la prueba en sistemas hidráulicos como en el caso del banco de pruebas hidráulicas yst 500, figura 1, utilizado para el control y la corrección de pruebas de productos que incluyen bombas hidráulicas, motores, válvulas,

². C. Esteve, S. Edgar, "Capacidad de carga de cilindros oleo hidráulicos: Norma ISO/TS 13725," Scientiaet Technica, vol. 29, pp. 163-168, Dic. 2005.

³C.C.JENSEN IBÉRICA, S.L. (2005, Febrero 23).Aceite hidráulico, lavado y bancos de pruebas. [En línea], español. Disponible en "http://www.cjc.dk/fileadmin/user_upload/pdf/CJC_Application_Studies/AS_Spanish/Industria_AceiteHidraulico_LavadoBancosPruebas_ASIN5041ES.pdf", [2012, Enero 04].

actuadores y también para llevar a cabo diagnóstico de averías del sistema hidráulico.

Figura 1. Banco de pruebas YST 500.



Fuente. spanish.alibaba.com/.../yst-500-digital-hydraulic-te... – España.

En México la empresa Agregados de México, implemento dentro de su lote de máquinas un banco de pruebas para transmisiones, motores, bombas, cilindros y válvulas hidráulicas, diseñado por un grupo de ingenieros egresados de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el año 2008⁴, en donde se realizan pruebas de operación y verificación a componentes de sus equipos y se comparan con las condiciones de operación que recomienda el fabricante. Mediante este método se han encontrado fallas a diferentes elementos, entre ellos transmisiones de excavadoras, tractores de cadena, pala dragas, entre otros, además de pérdidas de presión y fugas en los cilindros hidráulicos.

⁴ De León, Alexander, "Implementación de un banco de pruebas para transmisiones, bombas, motores, cilindros y válvulas hidráulicas de maquinaria pesada para la construcción. Agosto de 2008. [En línea], Disponible en "http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0554_M.pdf", [2012, Enero 14].

A nivel suramericano se encuentra la empresa EMGESA S.A. de Chile, que cuenta con un banco de pruebas de elementos oleo hidráulicos (bombas, motores, válvulas y cilindros) con capacidad de simulación de carga, velocidad o ciclo de trabajo real, control de variables y rendimiento.

Para la prueba de bombas cuentan con un sistema computarizado capaz de mantener la velocidad constante a medida que varían las condiciones. El sistema también genera un informe automatizado a partir de los valores emitidos por los sensores, medidores de caudal, presión, temperatura y velocidad, que evita posibilidades de error y garantiza la veracidad de los valores obtenidos. Este informe permite tener una visión real del funcionamiento de los componentes reparados y así asegurar la calidad del trabajo.

En Colombia existen empresas que cuentan con equipos capaces de simular las condiciones de carga y presión de los cilindros hidráulicos que se han reparado para que estos queden verificados antes de la entrega final, como por ejemplo el banco de pruebas con el que cuenta la empresa General de equipos de Colombia, GECOLSA S.A. en sus instalaciones de Barranquilla, para los procesos de ensayo⁵. La empresa Hydraulic System S.A. de la ciudad de Barranquilla, cuenta con un banco de pruebas hidráulicas de 12 metros de longitud, con capacidad de carga de hasta 22 toneladas, en donde se ejecutan pruebas de funcionamiento a cilindros hidráulicos de maquinaria pesada del cerrejón y Drummond, en este banco también es posible ensamblar y desensamblar los cilindros ya que cuenta con un sistema hidráulico que genera el torque necesario para soltar tapas y tuercas de seguridad de dichos componentes. De aquí se desprende la importancia de impulsar la expansión del sector industrial, para la consecución de un desarrollo tecnológico autónomo que utilice los recursos que se tengan en el país.

Empresas enfocadas en el sector de mantenimiento hidráulico han sufrido diferentes tipos de dificultades relacionadas directamente con la verificación de los equipos que reparan ya que no cuentan con bancos de pruebas apropiadas para tal fin. Ejemplo de ello es la empresa FAINMAQ S.A.S., dedicada a la fabricación y reparación de cilindros hidráulicos, ubicada en la ciudad de Bogotá, que aún no cuenta con un sistema eficiente de pruebas para los trabajos realizados.

⁵<http://www.gecolsa.com.co/irj/portal/>

1.2 JUSTIFICACIÓN

La importancia de implementar un sistema de pruebas para cilindros hidráulicos en las instalaciones de la empresa FAINMAQ S.A.S., está fundamentado en aspectos de calidad, reducción de costos y confianza del cliente en la empresa.

La ventaja principal de poseer un sistema de este tipo es que podrá someter a los cilindros hidráulicos a pruebas de operación antes de entregarlo al cliente, además, se previenen devoluciones que implican pérdidas de tiempo y dinero, según datos y estadísticas que los mismos clientes han brindado a lo largo del tiempo que llevan trabajando con la empresa, ya que si se detecta una anomalía en el momento de la prueba se puede corregir sin necesidad de esperar a que el cilindro esté operando en la máquina. También disminuirá costos internos de producción ocasionados por eventuales garantías.

Los trabajos que se realizan en un taller no están sometidos a procesos de comprobación riguroso ya que no recrean las condiciones normales de operación, en la mayoría de los casos solamente ejecutan la reparación, el cambio de las partes comprometidas y la entrega al cliente, por lo tanto, simular en parte, el trabajo real mediante el sistema de pruebas generará un alto grado de confiabilidad.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Implementación de un sistema de pruebas para cilindros hidráulicos en la empresa FAINMAQ S.A.S.

2.2 ESPECÍFICOS

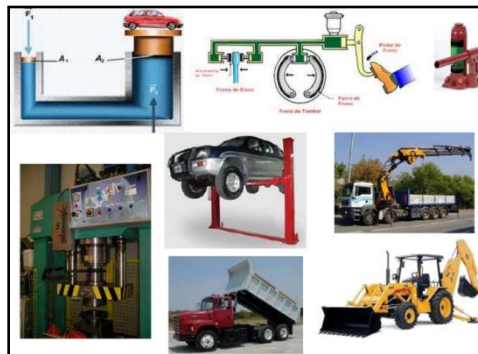
- Identificar los requerimientos del cliente
- Ponderar alternativas de diseño e implementación del sistema de pruebas
- Diseñar y construir el módulo hidráulico para el sistema de pruebas
- Realizar un análisis financiero sobre la viabilidad del proyecto
- Generar manuales de operación para el sistema de pruebas
- Generar manuales de mantenimiento para el sistema de pruebas

3. MARCO TEÓRICO

3.1 HIDRÁULICA

La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas, Figura 2.

Figura 2. Diversas aplicaciones hidráulicas



Fuente. <http://www.slideshare.net/jolumango/principio-de-pascal-11838505>

Su fundamento es el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo.

3.2 OLEOHIDRÁULICA

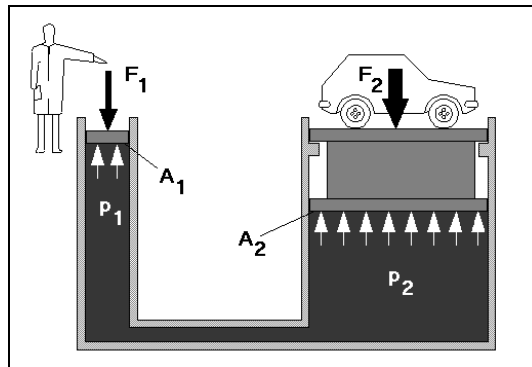
La oleo hidráulica o técnica del aceite comprimido en la industria moderna ha crecido debido a las ventajas tales como la versatilidad, implantación simple, silenciosa y de control sencillo tanto de la fuerza, como de los pares de giro y de la velocidad de los mecanismos que componen las máquinas. Una ventaja adicional son las elevadas presiones de trabajo que permiten transmitir grandes esfuerzos o pares de rotación a través de actuadores lineales concebidos para este fin como

motores o cilindros hidráulicos. A esto se suma la posibilidad del manejo mediante automatización de los componentes principales que posee el circuito⁶.

3.3 PRINCIPIOS FÍSICOS

3.3.1 Principio de Pascal. La presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, Figura 3, actuando estas fuerzas normalmente a las paredes del recipiente.

Figura 3. Multiplicación de la fuerza



Fuente. Festo didactic, Fundamentos físicos de la hidráulica, capítulo 2, pág. 17. 200.13.244.222/buzón/juan.diaz/Capitulo02.pdf

La ecuación que rige este principio está dada por, ec.1 y ec. 2:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad \text{y} \quad p_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad 1$$

Si el sistema se encuentra en equilibrio, $p_1 = p_2$, entonces se obtiene:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{o} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad 2$$

Donde:

⁶ Roca Ravel, felip. Oleo hidráulica básica – Diseño de circuitos. Madrid: Edición UPC, 1997

P_1 : presión en el cilindro 1 en $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$

P_2 : presión en el cilindro 2 en $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$

F_1 : fuerza en el cilindro 1 en N

F_2 : fuerza en el cilindro 2 en N

A_1 : área transversal del cilindro 1 en m^2

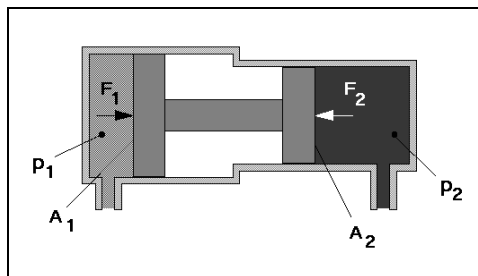
A_2 : área transversal del cilindro 2 en m^2

La velocidad del pistón es controlable regulando el caudal entrante o saliente al cilindro mediante una válvula de estrangulación. Sin embargo, el caudal entrante o saliente no depende sólo de la posición de la válvula de estrangulación, sino también de la carga pues debe cumplirse, ec. 3.

$$F_1 = p_1 \cdot A_1 \quad \text{y} \quad F_2 = p_2 \cdot A_2 \quad 3$$

La fuerza se transmite mediante el vástago sólido, Figura 4, haciendo iguales las fuerzas, ec. 4, entonces:

Figura 4. Multiplicador de presión

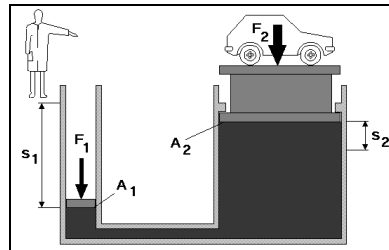


Fuente. Festo didactic, Fundamentos físicos de la hidráulica, capítulo 2, pág. 23. 200.13.244.222/buzón/juan.diaz/Capitulo02.pdf.

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_2 \quad \text{o} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad 4$$

En cuanto al desplazamiento se tiene que para desplazar una carga es necesario que se desplace una cantidad de fluido, Figura 5.

Figura 5. Multiplicación de la distancia



Fuente. Festo didactic, Fundamentos físicos de la hidráulica, capítulo 2, n.d. 200.13.244.222/buzón/juan.diaz/Capitulo02.pdf.

El volumen desplazado se calcula por: ec. 5

$$V_1 = s_1 \cdot A_1 \quad \text{y} \quad V_2 = s_2 \cdot A_2 \quad 5$$

Tratándose del mismo volumen desplazado, se obtiene: ec. 6

$$s_1 \cdot A_1 = s_2 \cdot A_2 \quad \text{o} \quad \frac{s_2}{s_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad 6$$

Donde:

V_1 : volumen desplazado del cilindro 1 en m^3

V_2 : volumen desplazado del cilindro 2 en m^3

S_1 : distancia desplazada por el cilindro 1 en m

S_2 : distancia desplazada por el cilindro 2 en m

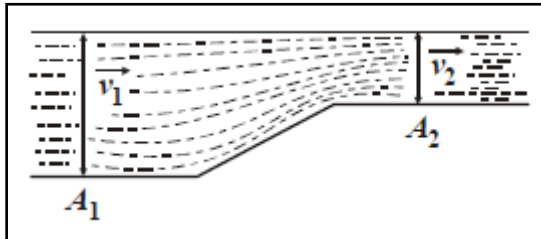
A_1 : área transversal del cilindro 1 en m^2

A_2 : área transversal del cilindro 2 en m^2

Ley de continuidad. Considerando a los líquidos como incomprensibles y con densidades con densidades constantes, por cada sección de un tubo pasará el mismo caudal por unidad de por unidad de tiempo,

3.3.2 Figura 6.

Figura 6. Ley de continuidad



Fuente. Principios de hidráulica y neumática. Pág. 14. Tomado de http://www.juntadeandalucia.es/averroes/d_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf

El caudal (Q), ec. 7, es el volumen (V) de un líquido que fluye a través de una sección en una unidad de tiempo definida (t).

$$Q = \frac{V}{t} \quad 7$$

La ley de continuidad se cita por la ec. 8.

$$Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{A_1 * l_1}{t} = A_1 * V_1$$

$$Q_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{A_2 * l_2}{t} = A_2 * V_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2 \quad 8$$

Donde:

Q_1 : caudal 1 en Caudal en m^3/s

Q_2 : caudal 2 en Caudal en m^3/s

V_1 : volumen 1 en m^3

V_2 : volumen 2 en m^3

A_1 : área 1 en m^2

A_2 : área 2 en m^2

v_1 : velocidad 1 del fluido en m/s

v_2 : velocidad 2 del fluido en m/s

l_1 : Longitud 1 en m

l_2 : Longitud 2 en m

t : tiempo en s

Cuando las secciones de las conducciones son circulares. Ec 9

$$D_1^2 * V_1 = D_2^2 * V_2$$

9

Donde:

D: diámetro en m

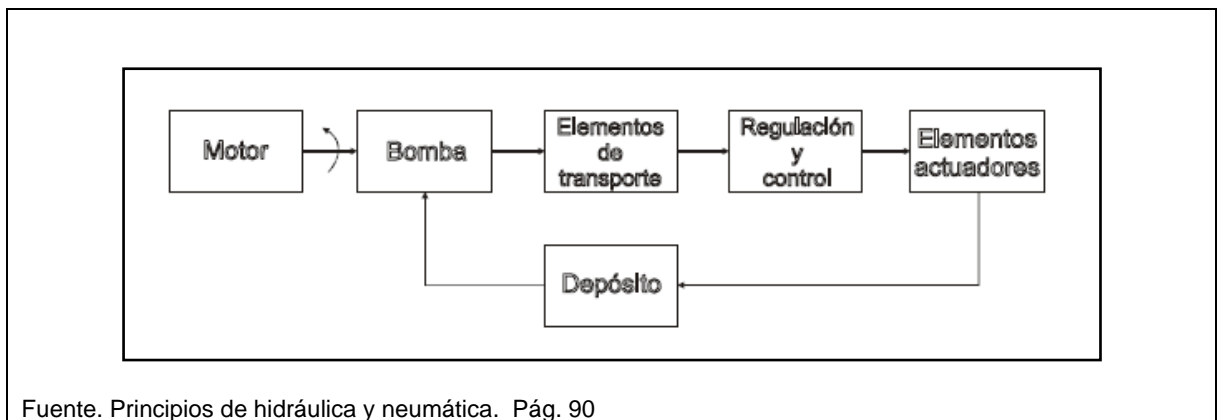
V: volumen en m³

Donde la velocidad varía de forma inversamente proporcional al cuadrado del diámetro.

3.4 SISTEMA HIDRÁULICO

En los sistemas hidráulicos básicamente se transforma energía mecánica en energía hidráulica. El fluido es solo un medio de transporte en el cual se puede regular y comandar la energía, para que sea nuevamente transformada en energía mecánica. Se describen los elementos de las instalaciones hidráulicas a continuación:

Cuadro 1. Elementos básicos para el funcionamiento de un sistema hidráulico.



3.4.1 Bombas. Una bomba hidráulica es un sistema mecánico o electro-mecánico que puede formar parte de un sistema hidráulico o hídrico, el cual aprovecha la energía del movimiento realizando acciones de regulación y control para elevar o mover el caudal del fluido (aceite).

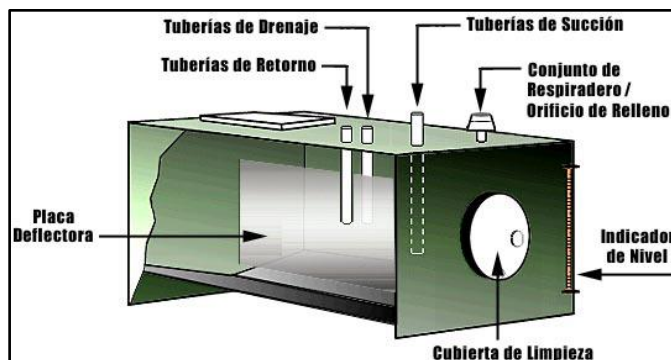
Las bombas hidráulicas son usadas para crear flujo de aceite en un sistema hidráulico a través de presión. Existen varios tipos de bombas hidráulicas entre los más usados tenemos los siguientes:

- Bombas de engranajes
- Bombas de paletas
- Balanceadas
- Bombas de pistón
- Bombas hidráulicas de desplazamiento positivo

3.4.2 Depósito. Además de recibir el suministro de fluido del sistema, el depósito, Figura 7, tiene otras funciones importantes. Enfría el fluido hidráulico. Esto se logra disipando el exceso de calor a través de las paredes. Mientras el aceite espera para salir del depósito, los contaminantes sólidos se asientan mientras el aire se eleva y se escapa. Puede servir de soporte de montaje de la bomba u otros componentes.

Un sistema hidráulico correctamente diseñado siempre incluye un depósito bien diseñado. Un depósito industrial debe incluir los siguientes componentes:

Figura 7. Depósito hidráulico



Fuente. Manual de hidráulica básica consultado en www.fluidpowerzone.com. Pág. 108

3.4.3 Filtro. Es el encargado de retirar del aceite las partículas sólidas en suspensión (trozos de metal, plásticos, etc.) Los dispositivos de filtración se utilizan para eliminar partículas del fluido del sistema. La eficiencia de los filtros se mide con la razón beta. La razón beta representa la cantidad de partículas que se encuentra corriente arriba con respecto al filtro y que son de mayor tamaño que el régimen en micrones del filtro, dividida por la cantidad de partículas corriente abajo que son de mayor tamaño que el régimen en micrones del filtro.

3.4.4 Manómetro. Instrumento utilizado para medir la presión en fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen emplear sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta inmediata. La mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, por ello hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.

3.4.5 Red de distribución. Debe garantizar la presión y velocidad del aceite en todos los puntos de uso. Existen cuatro tipos de tuberías que conforman cualquier circuito: las de aspiración, las de presión, las de retorno y las que cumplen con la doble función de presión y retorno.

3.4.6 Elementos de regulación y control. Son los encargados de regular el paso del aceite desde las bombas a los elementos actuadores. Estos elementos, que se denominan válvulas, pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos. La clasificación de estas válvulas se puede hacer en tres grandes grupos:

3.4.6.1 Válvulas de dirección o distribuidores. Estos elementos se definen por el número de orificios (vías) y las posiciones posibles, así como por su forma de activación y desactivación.

3.4.6.2 Válvulas anti retorno. Permiten el paso del aceite en un determinado sentido, quedando bloqueado en sentido contrario.

3.4.6.3 Válvulas de regulación de presión y caudal. Son elementos que, en una misma instalación hidráulica, nos permiten disponer de diferentes presiones y

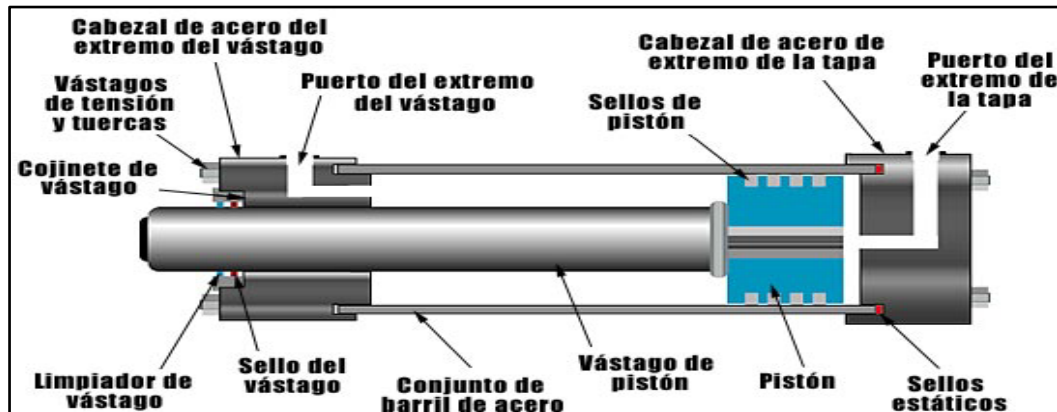
caudales. Pueden ser estranguladoras, temporizadoras, etc. Y se utilizan para modificar la velocidad de los elementos actuadores, también llamados de trabajo.

3.4.7 Elementos actuadores o de trabajo. Son los encargados de transformar la energía oleo hidráulica en otra energía, generalmente de tipo mecánico. Los podemos clasificar en dos grandes grupos: cilindros y motores.

3.4.7.1 Cilindros. Los cilindros son actuadores lineales, Figura 8. Su fuerza de salida, o movimiento, se produce en línea recta. Su función es convertir la potencia hidráulica en potencia lineal mecánica. Entre sus aplicaciones de trabajo se incluyen empujar, arrastrar, inclinar y ejercer presión. El tipo y el diseño del cilindro dependen de las aplicaciones específicas.

- Cilindros de simple efecto. Sólo realizan trabajo útil en un sentido de desplazamiento de vástago. Para que el émbolo recupere la posición de reposo se dota al cilindro de un muelle. Normalmente este muelle está diseñado para almacenar el 6% de la fuerza de empuje, o bien, como es el caso de los elevadores hidráulicos, aprovechan la acción de la gravedad.

Figura 8. Partes de un cilindro hidráulico



Fuente: Manual de hidráulica básica consultado en www.fluidpowerzone.com. Pág. 48

- Cilindro de doble efecto. Estos elementos pueden realizar trabajo en ambos sentidos de desplazamiento. Sin embargo hay que tener en cuenta que la fuerza

de avance y retroceso es diferente, ya que en un sentido hay que tener en cuenta el diámetro del vástago.

- Empuje y arrastre. La fuerza de empuje, también denominada fuerza de empuje y arrastre, es la fuerza que el cilindro ejerce expresada en libras. El empuje es la fuerza ejercida en la varilla del pistón cuando se aplica presión sobre el diámetro completo del pistón. El arrastre es la fuerza ejercida en la varilla del pistón cuando se aplica presión directamente sobre el lado de la varilla del pistón. El arrastre es siempre menor que el empuje por la reducción del área del cilindro debida a la presencia de la varilla del cilindro.

Para averiguar la capacidad exacta de empuje de un cilindro, multiplique las pulgadas cuadradas del área de la cara del pistón (A_{cp}) por la presión del cilindro (P_c) expresada en libras por pulgada cuadrada.

$$E = A_{cp} * P_c \quad 16$$

Para averiguar la capacidad de arrastre exacta, utilice la misma fórmula, pero reste el área de la varilla (A_v) en pulgadas cuadradas del área de la cara del pistón

$$A = (A_{cp} - A_v) P_c \quad 17$$

Cuando se puedan instalar de forma segura cilindros nuevos de diferente tamaño para operar un implemento, es muy importante utilizar un factor de seguridad en el diseño y fabricación de los soportes de montaje de los nuevos cilindros. Ese factor de seguridad debe considerar la presión máxima de alivio del sistema hidráulico, así como las posibles sobrecargas.

- Velocidad de operación en los conductos.

Cuadro 2. Velocidad máxima de aceite recomendada en tuberías hidráulicas.

<i>Velocidad maxima del aceite recomendada en tuberías hidráulicas:</i>
<i>¥ Tubería de succión de la bomba 2-4 pies por segundo</i>
<i>¥ Tuberías de presión a 500 psi 10-15 pies por segundo</i>
<i>¥ Tuberías de presión a 3000 psi 15-20 pies por segundo</i>
<i>¥ Tuberías de presión a más de 3000 psi 25 pies por segundo</i>

Fuente. Manual de hidráulica industrial, Vickers, 1ra edición, 1970, pág. 19.

- Presión de operación. La presión en un sistema hidráulico proviene de la resistencia al flujo. Esta resistencia al flujo es inducida por carga desde el actuador y también se genera a medida que el fluido pasa a través de los distintos conductores y componentes. Todos los puntos de resistencia, como por ejemplo, los recorridos largos de tuberías, codos y los diversos componentes son acumulativos en serie y contribuyen a la presión total del sistema.

Matemáticamente, esta relación se expresa como: Fuerza es igual a presión multiplicada por área. La presión es igual a la fuerza dividida por el área, y el área se puede calcular dividiendo la fuerza por la presión.

La ley de Pascal se expresa de la siguiente manera: la presión que se aplica sobre un fluido confinado en reposo se transmite sin disminución en todas las direcciones y actúa con fuerza igual sobre áreas iguales y en ángulo recto con respecto a ellas.

3.4.8 Fluidos hidráulicos. Los aceites minerales ofrecen actualmente buenas cualidades lubricantes y una elevada protección contra la corrosión. Además, con la adición de sustancias especiales (aditivos) los aceites minerales mejoran cada vez más sus propiedades.

La única desventaja de los aceites minerales es su inflamabilidad. Debido a ello, los equipos hidráulicos en cercanía de llamas, metales fundidos o áreas de elevadas temperaturas, utilizan muchas veces fluidos de difícil inflamabilidad.

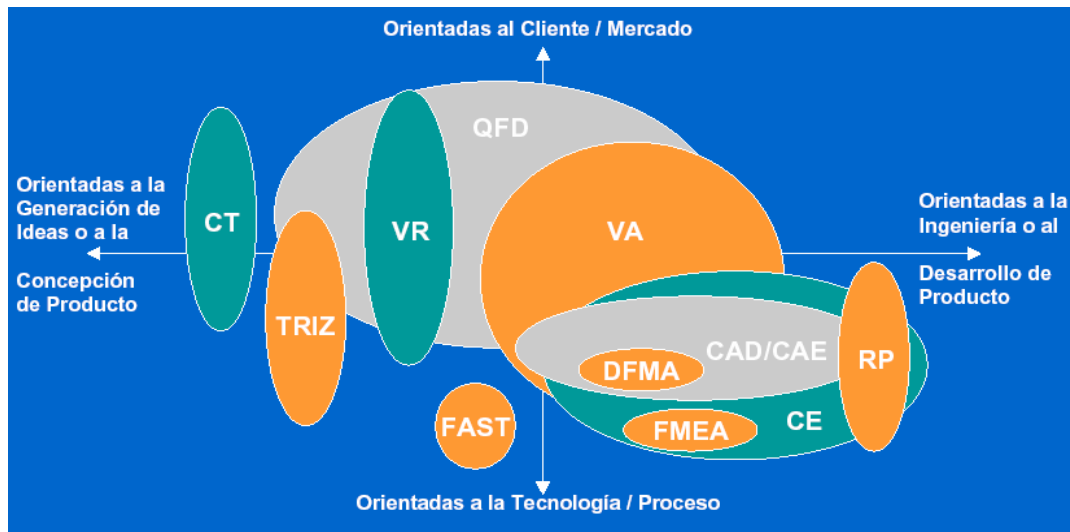
Esto nos hace pensar que no existe un fluido hidráulico ideal; sin embargo, la selección minuciosa de acuerdo a las exigencias del equipo es una condición previa para un correcto funcionamiento.

Además, para un funcionamiento seguro de los sistema hidráulicos la correcta selección del fluido es tan importante como la selección de las partes componentes. Por ello es imperativo que se sigan las instrucciones del fabricante, por ejemplo sobre resistencia al envejecimiento, predisposición a la formación de espuma, tolerancia al plomo y metales no ferrosos, limpieza en las condiciones de suministro y filtrabilidad.

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo, se llevarán a cabo una serie de etapas, siguiendo un orden lógico que sea consecuente con el proceso de diseño y además que permitan llegar fácilmente al objetivo final. De igual forma se aplicarán algunas metodologías de Francesc Maña, quien plantea un mapa de técnicas que se muestran en la Figura 9.

Figura 9. Metodologías en el proceso de diseño mecánico



Fuente. Maña F. Herramientas y técnicas de gestión de la innovación para la creación de valor. pág. 23

4.1 ETAPA DE DOCUMENTACIÓN

La primera etapa inicia con la identificación de los requerimientos del cliente, en este caso de la empresa FAINMAQ S.A.S., que permita identificar los límites del diseño, funciones y condiciones de trabajo.

Luego de generar las ideas de posibles soluciones se hace un (TRIZ) donde se consulta todo lo relacionado con sistemas hidráulicos de pruebas de cilindros, se documenta, se organiza y se clasifica la información con el fin de tener acceso a ella fácilmente en pasos siguientes.

4.2 ETAPA DE DISEÑO PRIMARIO

Luego de analizar la información recopilada se procede a decidir cuáles serán los sistemas que pueden solucionar los requerimientos del cliente FAINMAQ S.A.S.

Se elabora una matriz QFD⁷ con el fin de reconocer objetivamente todos aquellos aspectos que determinan los requerimientos del cliente, para posteriormente convertirlos en pasos sucesivos que lleven al diseño detallado del producto.⁸

Teniendo en cuenta los resultados mostrados por esta matriz, se evaluarán los parámetros que determinan la viabilidad del diseño tales como: costos, materiales, modelo, etc., y se procede a examinar y contemplar los primeros bosquejos para el sistema de pruebas.

Se obtendrán varios diseños que cumplan con los requerimientos de la empresa y también con la normatividad vigente para este tipo de equipos. Se comenzarán a evaluar los puntos a favor y en contra de cada uno de ellos mediante otra matriz QFD, y las que presenten mejores condiciones seguirán a una evaluación más profunda.

4.3 ETAPA DE DISEÑO SECUNDARIO

Los bosquejos obtenidos en la etapa primaria de diseño que presentaron las mejores condiciones en la matriz QFD, continúan a una evaluación detallada.

Se procede a realizar los cálculos necesarios para la ejecución del proyecto teniendo en cuenta las alternativas de diseño y los requerimientos de la empresa FAINMAQ S.A.S.

⁷Despliegue de la función calidad (QualityFunctionDeployment)

⁸Yacuzzi & Martín (2000) Qfd: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos (Universidad del CEMA)

4.4 ETAPA DE MODELACIÓN

Luego de tener los cálculos y resultados definidos se procede a modelar el equipo requerido para el sistema de pruebas en un programa computacional. CAD. Mediante un programa de simulación se verificara el comportamiento del sistema hidráulico y eléctrico establecido para el equipo.

4.5 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Después de haber realizado la simulación, se procederá con la construcción e implementación del sistema de pruebas, basado en el concepto de diseño robusto, teniendo en cuenta la disponibilidad económica y el apoyo de la empresa FAINMAQ S.A.S.

Por último se realizarán pruebas a los componentes fabricados y reparados por la empresa en el sistema de pruebas para demostrar su funcionamiento y puesta a punto.

4.6 ETAPA DE ELABORACIÓN DE DOCUMENTO FINAL

En esta etapa del proyecto se elaborará el manual de operación y mantenimiento del equipo que compone el sistema de pruebas para cilindros hidráulicos, en el cual se consignará el modo de instalación, preparación para las pruebas, operación, interpretación de resultados, mantenimiento, planos de conjunto y sus componentes.

Como parte complementaria se realizará la redacción y revisión del documento de tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, siguiendo las normas para presentación de trabajos escritos.

5. CRONOGRAMA

		FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
FASE	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Documentación	<i>Identificar requerimientos de diseño</i>																
	<i>Documentación del proceso</i>																
	<i>Organización y Clasificación de la información</i>																
Diseño primario	<i>Análisis de la información</i>																
	<i>Elaboración matriz QFD de requerimientos</i>																
	<i>Realización de las primeras propuestas de diseño</i>																
	<i>Evaluación de diseños mediante matriz QFD</i>																
Diseño secundario	<i>Selección del diseño óptimo</i>																
	<i>Cálculos de variables del diseño</i>																
	<i>Ajuste del diseño a la normatividad existente</i>																
Simulación y construcción	<i>Inclusión de datos a software</i>																
	<i>Elaboración de los planos</i>																
	<i>Análisis de datos del diseño mediante software</i>																
	<i>Puesta a punto del diseño</i>																
	<i>Pruebas de simulación</i>																
	<i>Compra de materiales requeridos</i>																
	<i>Construcción del prototipo</i>																
Elaboración documento final	<i>Redacción del manual de procedimiento</i>																
	<i>Análisis financiero final</i>																
	<i>Redacción y armado documento final</i>																

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Tabla 1. Costos Académicos

COSTOS ACADEMICOS				
Descripción	Cant. de personas	Dedicación semanal	Valor Hora	Costo personal
	Número	Horas	Pesos	Pesos
Autores del proyecto	2	40	\$ 12.000	\$ 4.800.000
Profesor	1	0,5	\$ 50.000	\$ 700.000
Director o tutor interno	1	1	\$ 50.000	\$ 1.400.000
Apoyo administrativo				\$ 0
			TOTAL	\$ 6.900.000

Fuente. Propia

Tabla 2. Costos de materiales para el equipo de pruebas del sistema

Presupuesto banco de pruebas		
COMPONENTE HIDRAULICO	CANTIDAD	COSTO
Bomba 12 g.p.m montaje SAE a 1.800 r.p.m. giro derecho	1	\$655.800
Motor eléctrico 25 h.p a 1.800 rpm montaje ejecución b5	1	\$3.780.600
Acople campana	1	\$265.300
Acople flexible	1	\$245.000
Filtro de succión 2" npt	1	\$180.800
Tapa de llenado con filtro	1	\$357.000
Manómetro glicerina	1	\$45.000
Filtro de retorno	1	\$220.000
Manifold cetop 5 4 estaciones	1	\$575.000
Válvula de alivio cetop 5	1	\$312.000
Válvula 4/2 cetop 5	1	\$225.300
Válvula desviadora de caudal 1/2npt	1	\$110.200
Válvula control de flujo cetop 5	2	\$550.000
Electro válvula 4/3 cetop 5 220v	2	\$700.000
Tanque	1	\$450.000
Mangueras hidráulicas de conexión y prueba		\$400.000
Mandos eléctricos		\$260.000
	TOTAL	\$9.645.000

Fuente. Propia

Tabla 3. Presupuesto general del proyecto

Presupuesto General Proyecto			
Duración estimada en meses		3	
Semanas		14	
Descripción		Costo asociado	Fuentes de financiación
Recurso Humano Asociado			
2	Autores del proyecto	\$ 4.800.000	Personal
1	Profesor	\$ 700.000	Institucional
1	Director o tutor interno	\$ 1.400.000	Institucional
	Gastos Generales	\$ 1.100.000	Personal
	Software o equipo de apoyo	\$ 280.000	Personal
	Presupuesto banco de pruebas	\$9.645.000	Empresarial
Total presupuestado		\$ 17.925.000	

Fuente. Propia

BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFIA

Aguayo, F; Caro, A. "ingeniería del diseño y desarrollo del producto: Un enfoque Metodológico". 2004. Disponible en http://www.copitise.es/doc/001156_sevilla_tecnica_35.pdf

Altmann, Carolina. El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo en flotas de maquinaria pesada. Disponible en http://widman.biz/boletines_informativos/lubricacion_ca.pdf.pág.1

C.C.Jensen Ibérica, S.L. (2005, Febrero 23).Aceite hidráulico, lavado y bancos de pruebas. [En línea], español. Disponible en "http://www.cjc.dk/fileadmin/user_upload/pdf/CJC_Application_Studies/AS_Spanish/Industria_AceiteHidraulico_LavadoBancosPruebas_ASIN5041ES.pdf" , [2012, Enero 04].

C. Esteve, S. Edgar, "Capacidad de carga de cilindros oleo hidráulicos: Norma ISO/TS 13725," Scientia et Technica, vol. 29, pp. 163-168, Dic. 2005.

Fay A. James. Mecánica de fluidos. Editorial CECSA. 4ta Edición. México 1995

Mañà F. Herramientas y técnicas de gestión de la innovación para la creación de valor. Instituto Catalán de Tecnología (ICT) 2000.Disponible en http://www.inexmoda.org.co/Portals/35/documentacion/sesion_grupo_asociativo_en_funcionalidad/herramientas_y_tecnicas_de_gestion_de_la_innovacion_para_la_creacion_de_valor.pdf

Ullman, D.The Mechanical design process.3a. Ed. McGraw Hill 2003.

Vernard J.K, Street R.L. Elementos de mecánica de fluidos. Editorial CECSA. 3ra Edición. Versión 51. España 1998

Williams, Gareth. Fundamentos básicos de mecánica de fluidos. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 3ra Edición. México 1996

Wilson D. Jerry. La mecánica de fluidos, aplicaciones e implicaciones. Editorial Prentice Hall. 2da Edición. Chile 1994

GLOSARIO

ACTUADOR: Dispositivo que convierte la energía hidráulica en energía mecánica. (Motor o cilindro)

ACTUADOR LINEAL: Actuador que transforma la energía hidráulica en un movimiento rectilíneo. (Cilindro)

ACTUADOR ROTATIVO: Dispositivo que transforma la energía hidráulica en un movimiento giratorio. (Motor hidráulico)

BOMBA: Dispositivo que convierte la energía mecánica en transmisión fluida de esta energía.

CAÍDA DE PRESIÓN: Diferencia de presiones entre dos puntos de un sistema o componente.

CARGA: Energía referida a la unidad de peso.

CARRERA: Longitud de trabajo de un cilindro.

CAUDAL: Volumen de fluido descargado por una bomba en un tiempo dado.

COMPRESIBILIDAD: Es la capacidad de los fluidos para disminuir su volumen al aumentar la presión a la que están sometidos.

CILINDRO: Elemento que transforma la energía hidráulica en movimiento y fuerzas lineales. La fuerza es proporcional al área de la sección recta y a la presión hidráulica que actúa sobre la misma.

CILINDRO DE DOBLE EFECTO: Cilindro en el que la fuerza del fluido puede ser aplicada en ambas direcciones.

CILINDRO DE SIMPLE EFECTO: Cilindro en el que la energía hidráulica produce fuerza o movimiento en una sola dirección.

CONTRAPRESION: Se refiere a la presión que existe en la línea de retorno al tanque.

FLUIDO: Líquido preparado especialmente para utilizarlo como medio transmisor de potencia en un sistema hidráulico.

FUERZA: Cualquier causa que tienda a producir o modificar un movimiento.

MOTOR: Dispositivo que transforma la energía hidráulica en energía mecánica de rotación.

PISTÓN: Pieza de forma que se ajusta dentro de un cilindro y transmite o recibe un movimiento mediante un vástago conectado a la misma.

PRESIÓN: Es la fuerza por unidad de área. Se expresa normalmente en bar, pascales o psi.

VASTAGO: Pieza de forma cilíndrica de diámetro constante que se utiliza para transmitir un empuje.

VELOCIDAD: Es la rapidez con que el fluido se desplaza en una línea hidráulica.