



Universidad Técnica del Norte

Facultad de Educación Ciencia y Tecnología

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Tema:

Implementación del Sistema Hidráulico de la Excavadora Portátil, Impulsada por un Motor a Gasolina.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingenieros en mantenimiento Automotriz.

Autores:

Ruano Pozo Jimmy Santiago

Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo


Director:

Ing. Miguel Ángel Aguirre

2015

Certificación

Yo, **Miguel Ángel Aguirre**, en calidad de Director del Trabajo de Grado de tema: **Implementación del Sistema Hidráulico de la Excavadora Portátil, Impulsada por un Motor a Gasolina**. Certifico que los señores **Jimmy Ruano** con N° C.I. 040122193-2 y **Leonardo Taimal** con N° C.I. 040177605-9, Egresados de carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, son legítimos autores del presente trabajo de investigación y que cumple con los requisitos técnicos y científicos que la Universidad Técnica del Norte establece.



.....
Ing. Miguel Ángel Aguirre.

DIRECTOR DE PROYECTO

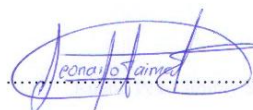
Declaración

Nosotros, Ruano Pozo Jimmy Santiago y Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo, declaramos que el presente trabajo de investigación es de nuestra propia autoría; que no ha sido desarrollado anteriormente; no ha sido utilizado para fines de calificación profesional; y, que los conocimientos científicos ya establecidos tienen referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica del Norte es libre de hacer uso según lo requiera., de acuerdo a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Ruano Pozo Jimmy Santiago



Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo

Dedicatorias

El presente trabajo está dedicado A MI FAMILIA, A MI PADRE, por brindarme su apoyo, confianza, cariño incondicional y por ser el ejemplo de fortaleza, responsabilidad y constancia; A MI MADRE, por estar siempre pendiente de mí, ayudarme a solucionar problemas, por sacrificarse para que mis sueños se hagan realidad, siempre con el amor y la alegría que la caracteriza.

Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo

Dedico este trabajo especialmente A DIOS, por brindarme su sabiduría y humildad; A MIS PADRES, por el sacrificio, enseñanzas y consejos en los momentos más difíciles, que permitieron cumplir con mi meta. Por vuestro apoyo, cariño y amor incondicional, para forjarme como hombre y profesional de bien, siguiendo siempre vuestro ejemplo y valores durante mi vida estudiantil y personal.

Ruano Pozo Jimmy Santiago

Agradecimiento

Nuestro sincero agradeciendo A DIOS, por brindarnos la vida y su bendición, a la Universidad Técnica del Norte, por permitirnos concluir con una etapa más en la vida estudiantil y profesional, a los Docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, por compartir sus conocimientos, experiencias, valores y amistad. En especial agradecemos al Ing. Luis Tejada, al Ing. Miguel Ángel Aguirre y al Ing. Alex Calderón, quienes fueron la guía y el apoyo necesario para llegar a culminar este trabajo.

Ruano Pozo Jimmy Santiago

Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo

Resumen

Este trabajo tiene la finalidad de generar los movimientos necesarios de la estructura mecánica del brazo excavador, para que realice el trabajo según se lo requiera; enfocándose a realizar el diseño del circuitito hidráulico y la selección de sus componentes, aprovechando al máximo el diseño estructural y que no exista limitaciones en los procesos de excavación, carga de material y movimiento de tierra. Este Proyecto parte desde la fuerza que se desea tener en el cucharón, el análisis y comportamiento de la estructura según dicha fuerza, para con ello conocer parámetros como fuerzas máximas, y de esta manera, dimensionar los elementos del sistema. Se utilizó el método de diseño en *Automation Studio e Inventor Professional*, donde se pudo realizar el circuito y la simulación del mismo. Además, se realizó cálculos que permitan una adecuada selección de elementos, tomando en cuenta las exigencias y factores de seguridad que este tipo de máquina debe tener. Una vez conocidos los datos técnicos requeridos de los elementos del sistema, se procede a su adquisición y montaje, logrando con esto, terminar la implementación que es la meta esperada. La fuerza necesaria de operación empieza en aprovechar el trabajo de un motor de combustión interna, que es la fuerza motriz para accionar la bomba de engranajes, generando la salida a presión del fluido hidráulico, para el accionamiento de los cilindros hidráulicos, que son controlados por válvulas direccionales en los mandos mecánicos. Todo este proceso es confiable debido a la seguridad que ofrecen los elementos como: depósito, válvula de seguridad, cañerías de alta presión, filtro, manómetro y fluido hidráulico. Cabe mencionar que el desplazamiento de la máquina es limitado, pero tiene la posibilidad de apoyarse y moverse de un lugar a otro, utilizando la fuerza que proporcionen los cilindros hidráulicos y los movimientos de los mecanismos presentes en la estructura.

Abstract

This work has the objective to generate the necessary movements of the mechanical structure of the excavator arm used to perform the work as required; focusing on making the hydraulic circuit design and selection of its components; maximizing the structural design and ensuring that no limitations in the process of excavation are involved; loading equipment and land moving. This project focuses on the needed strength to be taken into the shovel, the analysis and behavior of the structure according to the force; so that we can know parameters such as maximum forces and thus sizing system elements. A certain design method was used through some software in *Automation Studio and Inventor Professional*; which you could make the circuit and simulation thereof, and calculations that allowed a proper selection of elements; taking into account some factors such as the requirements and safety which have to be performed. Once all the technical requirements have been accomplished, it was necessary to buy all the hydraulic circuit elements then install them or simply implement them which represent the final expected goal. The necessary operating force begins by generating the work of an internal combustion engine, which is the implementing force for driving the gear pump; generating the output hydraulic fluid pressure for activating the hydraulic cylinders which are controlled by directional valves in the mechanical controls. This process is reliable because of the security offered items such as: containers, the safety valve, high pressure pipes, filters, pressure gauge and hydraulic fluid. It is important to mention that the displacement of the machine is limited, but it has the ability to be held and be moved from one place to another; using the force provided by the hydraulic cylinders and the current permanent movements of the mechanisms which are in the structure.

Introducción

La implementación del sistema hidráulico tiene como objetivo principal brindar la fuerza de excavación necesaria, utilizando fuentes motrices como la potencia de un motor a gasolina y la presión de una bomba de engranajes. También se utilizó actuadores como los cilindros hidráulicos, que aprovechan la fuerza hidráulica y la transforman en trabajo lineal.

La excavadora portátil es un prototipo limitado, pues no cuenta con un sistema de autopropulsión, por lo que requiere ser remolcada; pero eso no impide que realice los trabajos de excavación, carga de material y movimiento de tierra. Trabajos que para un hombre sería muy difícil y sacrificado, pues requiere de gran esfuerzo físico y largo tiempo de trabajo. La ventaja que se tienen con este tipo de máquina, es que a diferencia de una excavadora de grandes dimensiones, ésta tiene fácil acceso a lugares estrechos, poca alteración del suelo y fácil de transportar.

Por otro lado, lo que se pretende con este prototipo es que sirva como material didáctico en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, donde los estudiantes realicen prácticas que ayuden a reforzar los conocimientos expuestos en clase.

Este trabajo sigue un método tecnológico, debido a que se enfoca en el diseño de circuito hidráulico, dimensionamiento de los elementos del sistema, y para ello, se tomó como referencia leyes y principios científicos ya establecidos.

Índice de contenido

El problema de investigación.....	1
Antecedentes	1
Planteamiento del problema.....	2
Formulación del problema.	3
Objetivos:.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.	3
Justificación	4
Marco Teórico.....	5
Fundamentación Tecnológica del Problema.....	5
Hidráulica.....	5
Leyes y principios de la hidráulica.	6
Principio de Pascal.....	6
Componentes básicos de un sistema hidráulico.....	6
Cilindro Hidráulico.....	6
Tipos de cilindros hidráulicos.....	7
Bomba.....	8
Bombas de engranajes.	9
Bombas de paletas.	9
Bombas de pistones.	10
Válvulas.	11
Válvulas de presión.....	12
Válvulas de cierre o antirretorno.	12
Filtros hidráulicos.	13
Fluido hidráulico.....	14
Lubricación de las partes móviles.....	15
Refrigeración.	15

Sellado de espacios libres entre elementos.....	16
Protección de sobrecargas.....	16
Causas de sobrecargas.	17
Metodología de la investigación	18
Tipo de investigación.....	18
Métodos.	18
Método de modelación.....	18
Método analítico sintético.....	18
Método de diseño mecánico	19
Técnicas	19
Sistema Hidráulico.....	20
Selección de los cilindros hidráulicos.....	20
Cálculo del cilindro 1.....	21
Cálculo del cilindro 2.....	25
Cálculo del cilindro 3.....	28
Selección de la bomba hidráulica.	35
Selección del motor.	38
Depósito de aceite.....	39
Selección del fluido hidráulico.	39
Cálculo de conductos hidráulicos.	40
Diseño del circuito hidráulico.....	43
Montaje de elementos del sistema.	47
Tabla 4. Guía de mantenimiento.....	55
Guía de operación.	57
Pruebas de funcionamiento.....	59
Resultados de las actividades realizadas:.....	61
Conclusiones.....	62
Recomendaciones:	63
Anexos	64
Bibliografía	69

Índice de tablas

Tabla 1. Fuerzas máximas de los cilindros hidráulicos	21
Tabla 2. Datos técnicos de los cilindros hidráulicos.....	32
Tabla 3. Datos para selección de la bomba.....	37
Tabla 4. Guía de mantenimiento.....	55
Tabla 5. Pruebas de funcionamiento.....	59

Índice de figuras

Figura 1. Cilindro hidráulico de simple efecto	7
Figura 2 Cilindro hidráulico de doble efecto	8
Figura 3. Bomba de engranajes.....	9
Figura 4. Bombas de paletas.....	10
Figura 5. Bombas de pistones	10
Figura 6. Válvula direccional NC. 4-3.....	11
Figura 7. Válvula limitadora de presión	12
Figura 8. Válvulas antirretorno.....	13
Figura 9. Filtros hidráulicos.....	14
Figura 10. Fluido hidráulico	15
Figura 11. Válvula de alivio	16
Figura 12. Cilindro hidráulico del cucharón.....	22
Figura 13. Diagrama de fuerza de pandeo.....	23
Figura 14. Cilindro hidráulico del brazo.....	26
Figura 15. Cilindro hidráulico de la pluma.....	28
Figura 16. Cilindro hidráulico de giro	31
Figura 17. Marca de los cilindros hidráulicos.....	34
Figura 18. Especificaciones para el pedido de los cilindros hidráulicos	34
Figura 19. Características de trabajo de los cilindros hidráulicos	35
Figura 20. Tipo de bomba y sus dimensiones.....	37
Figura 21. Circuito hidráulico.....	46
Figura 22. Motor 10Hp	47
Figura 23. Acople lineal.....	48
Figura 24. Bomba de engranajes.....	48
Figura 25. Depósito de aceite hidráulico	49
Figura 26. Mandos mecánicos	49

Figura 27. Cilindro 1.....	50
Figura 28. Cilindro 2.....	50
Figura 29. Cilindro 3.....	51
Figura 30. Cilindro 4.....	51
Figura 31. Instalación cañerías de alta presión.....	52
Figura 32. Cañerías de retorno.....	52
Figura 33. Manómetro de presión.....	53
Figura 34. Filtro hidráulico.....	53
Figura 35. Válvula de alivio.....	54
Figura 36. Elementos de encendido del motor.....	57
Figura 37. Control y verificación de presión.....	58
Figura 38. Secuencia de los controles direccionales.....	59

Índice de fórmulas:

Ecuación 1. Presión máxima del sistema: $P_{max} = \frac{F_{max}}{Area}$ (Czekaj, 2010).....	22
Ecuación 2. Fuerza de pandeo de Euler: $F_p = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2 \cdot S}$ (Budynas, 2009).....	24
Ecuación 3. Volumen de la bomba: $V = \frac{vds \cdot A_{emb}}{n}$ (Josep, 2010).....	36
Ecuación 4. Caudal de la bomba: $Q_{bomba} = V_{bomba} (n)$ (Josep, 2010).....	36
Ecuación 5. Cilindrada teórica: $Cilindrada_t = \frac{Q_{max}}{v}$ (Viloria J. R., 2009).....	38
Ecuación 6. Potencia de la bomba: $P = \frac{p \cdot Q}{450(\eta)}$ (Viloria J. R., 2005).....	338
Ecuación 7. Volumen del depósito: $V_d = K \cdot Q$ (Michael, 2011).....	39
Ecuación 8. Diámetro ideal en cañerías = $\sqrt{\frac{32vLV}{gPc}}$: (MOTT, 2006).....	40
Ecuación 9. Esfuerzo a la flexión $\sigma_f = \frac{32 Mf}{\pi d^3}$: (Budynas, 2009).....	42
Ecuación 10. Esfuerzo de flexión a la fatiga $\sigma'_f = \frac{C \sigma_p}{\beta_f \cdot FS}$: (Budynas, 2009).....	42

Ecuación 11. Esfuerzo cortante $\tau = \frac{Q}{A}$: (Budynas, 2009).....43

Lista de Símbolos

Fmax: fuerza máxima en un cilindro

Pmax: presión máxima del cilindro

Aé: área del embolo o pistón del cilindro hidráulico

S: factor de seguridad

Ls: longitud de pandeo

Lv: longitud del vástago del cilindro

Fp: Fuerza de Pandeo

V: Volumen de la bomba

Q: Caudal de la bomba

P: Potencia del motor

ds: Desplazamiento del vástago del cilindro hidráulico

Vd: Volumen del deposito

τ : Esfuerzo cortante

$\sigma'f$:Esfuerzo de flexión a la fatiga

σf :Esfuerzo a la flexión

El problema de investigación

Antecedentes

El uso de la hidráulica abre paso al progreso tecnológico en el campo industrial, generando fuentes de trabajo, equipos y herramientas; todo esto enfocado a satisfacer las necesidades. El hombre ha tenido la necesidad de multiplicar su fuerza para realizar un trabajo forzado y las máquinas hidráulicas encajan muy bien para dicho fin.

Joseph Bramah junto con William George Armstrong en 1795 inventaron el primer sistema hidráulico, que se utilizó para el funcionamiento de una prensa, por tal motivo se los conoce como los padres de la Ingeniería Hidráulica. Para la creación de su Proyecto se basaron en la ley de Pascal, dando origen al brazo hidráulico, una herramienta que permite realizar trabajos de grandes esfuerzos, que para el hombre son imposibles de realizar.

Este Proyecto de investigación abarca desde la definición de fluidos hasta las leyes de hidrostática e hidrodinámica, es decir, que para la construcción del brazo hidráulico el hombre ha desarrollado ciertas técnicas como: selección del material adecuado, procesos de fundición, soldadura, cálculos matemáticos, basándose en fundamentos físicos y químicos.

La complejidad para construir una máquina hidráulica requiere tener conocimientos tanto prácticos como teóricos, y esos conocimientos son motivo de estudio en esta carrera.

La Universidad Técnica del Norte, ofrece a la sociedad profesionales de calidad, tiene varias especialidades y una de ellas es “Ingeniería en Mantenimiento Automotriz”. Es una carrera técnica, por tal motivo, los laboratorios que se utilizan para trabajos prácticos de los estudiantes, tienen que mejorarse día tras día; es por eso que este Proyecto tiene como fin, mejorar el equipamiento de los laboratorios con material didáctico, que permita facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes y según investigaciones, en ninguna Universidad del Ecuador se ha construido una máquina hidráulica con las características de este Proyecto.

Planteamiento del problema

En la actualidad las personas tienen inconvenientes para realizar un trabajo, ya sea en el campo, cuando se requiere hacer canales de riego, o en la ciudad cuando se requiere mover tierra o realizar excavaciones para la construcción de una casa. Para realizar estos trabajos no es rentable utilizar maquinaria de mayor tamaño y capacidad como las tradicionales, pues al ser una máquina con grandes dimensiones presenta un problema, pues en ciertos casos no se tiene el espacio suficiente para su operación y maniobra. Por otro lado, en algunos trabajos no requieren de grandes excavaciones, por tanto se estaría desperdiciando la capacidad potencial que tienen las máquinas grandes.

Por lo antes mencionado se hace indispensable el diseño y construcción de una excavadora portátil impulsada por un motor a gasolina, que brinde al obrero la facilidad al realizar un trabajo donde no se necesite grandes torques o potencia, sino más bien técnica y precisión, reduciendo la aplicación de esfuerzos físicos del hombre, donde se reduzca mano

de obra y que el tiempo utilizado para terminar la obra sea mínimo, generando con esto ahorro de dinero.

El brazo hidráulico atenderá a las necesidades que la Universidad Técnica del Norte tenga, y será un material didáctico para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz realicen prácticas, aportando con esto al mejoramiento de la institución, en especial al equipamiento de sus laboratorios.

Formulación del problema.

¿Cómo implementar el sistema hidráulico de la excavadora portátil, impulsada por un motor a gasolina?

Objetivos:

Objetivo general.

Implementar el sistema hidráulico de la excavadora portátil, impulsado por un motor a gasolina, para generar los movimientos necesarios de la estructura mecánica.

Objetivos específicos.

- Elaborar un marco teórico sobre sistemas hidráulicos, investigando en fuentes bibliográficas, para tener una guía de los conocimientos previos al trabajo.
- Realizar cálculos que permitan conocer las características de los elementos hidráulicos, aplicando los conocimientos científicos para evitar pérdidas económicas por un mal dimensionamiento.
- Adquirir los elementos hidráulicos según los cálculos realizados, buscando convenientes proveedores, para lograr un adecuado funcionamiento.

- Realizar el montaje de los elementos hidráulicos, aplicando conocimientos prácticos, para ubicarlos correctamente con la debida seguridad.
- Realizar pruebas de funcionamiento, mediante la aplicación de la máquina excavadora, para corregir algunos inconvenientes que se presenten.

Justificación

Este Proyecto tiene como finalidad atender a las necesidades de excavaciones tanto para la construcción, agricultura, jardinería, así como también que sirva como material didáctico en los Laboratorios de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, generando con esto mejoras en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Esta máquina hidráulica tiene los requerimientos para la elaboración de un Proyecto que son I + D + i, que significa investigación, desarrollo e innovación. La investigación se utilizará para encontrar parámetros, especificaciones técnicas, propiedades de materiales. El desarrollo que genera este trabajo es para la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, pues se aporta al mejoramiento y equipamiento de los laboratorios. Y se considera un Proyecto innovador, ya que según antecedentes, ninguna Universidad de nuestro país tiene una maquina hidráulica de este tipo.

Esta investigación aporta al desarrollo tecnológico del sector de la construcción, al minimizar el esfuerzo y la economía de un Proyecto.

Marco Teórico

Fundamentación Tecnológica del Problema.

La tecnología que se ha insertado a los sistemas hidráulicos ofrece grandes mejoras, pues, se han remplazado los controles mecánicos por controles electrónicos, brindando una buena precisión, aumento de velocidad y seguridad al momento de operar una máquina hidráulica.

Hidráulica.

(Groote, 1986). La hidráulica es una ciencia y técnica que estudia el comportamiento y transformación de energía hidráulica a energía mecánica o eléctrica. El término hidráulica viene de la palabra griega (hidros) que quiere decir agua y (aulos) que quiere decir tubo; su trabajo lo cumple mediante el aprovechamiento de fluidos incompresibles, en su mayoría aceites naturales o sintéticos (pág. 5-6).

(Antonio Creus solé, 2011), menciona que: “Los sistemas hidráulicos se aplican típicamente en dispositivos móviles tales como: maquinaria de construcción y agricultura, excavadoras, plataformas, aparatos de elevación y transporte”, (pág. 2-3).

Leyes y principios de la hidráulica.

Principio de Pascal.

Menciona que: si un líquido está contenido en un recipiente cerrado, la presión se transmite con el mismo valor hacia todos los puntos del recipiente que lo contiene, siendo la presión perpendicular a la superficie del recipiente, en el caso de sistemas hidráulicos es el cilindro.

(SIERRA, 2007)

Componentes básicos de un sistema hidráulico.

(Antonio Creus solé, 2011), establece que: “los actuadores hidráulicos más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovecha la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica, generando movimientos lineales” (pág. 111).

Cilindro Hidráulico.

(Antonio Creus solé, 2011). Son principalmente contruidos de acero inoxidable y cromado para evitar la corrosión y oxidación; se los caracteriza porque desarrollan más energía o fuerza que un cilindro neumático. Si el cilindro es hidráulico, se debe considerar el caudal de la bomba y el fluido a emplearse.

Tipos de cilindros hidráulicos.

(Groote, 1986), define que en un cilindro hidráulico de simple efecto, el pistón en el avance es empujado por el fluido hidráulico, y en el retroceso se necesita una fuerza externa proporcionada por un resorte o gravedad. Un sistema con este tipo de cilindro está limitado a carreras muy cortas, causadas por la aglomeración excesiva del muelle, presión adicional para contrarrestar la compresión del resorte, por ende se genera una pérdida de potencia. (pág. 396-397).



Figura 1. Cilindro hidráulico de simple efecto.

Fuente: (Bastimec, 2014)

(Groote, 1986), indica que: un cilindro hidráulico de doble efecto tiene movimiento de avance y retroceso, generado por el fluido hidráulico y por una válvula direccional. A una misma presión la fuerza de avance y retroceso, son diferentes y a un mismo caudal la velocidad de entrada del vástago es mayor que la de salida. (pág. 399-400).



Figura 2 Cilindro hidráulico de doble efecto.

Fuente: (Vizcaya, 2012)

(Groote, 1986), menciona que: un cilindro hidráulico telescópico tiene aplicaciones muy comunes en grúas, pues, contiene en su interior cilindros de menor diámetro y longitudes variables que se desplazan por etapas.

Bomba.

Es importante destacar que una bomba hidráulica es la encargada de generar una presión, su función es suministrar fluido a presión de forma constante hacia el circuito. Hay que mencionar que una bomba está destinada a trabajar a presiones altas. En cuanto a las bombas, existen diferentes tipos como:

Bombas de engranajes.

Estas constan en su estructura de dos piñones o engranajes unidos entre sí. Su funcionamiento se da cuando uno de los engranajes es accionado por medio de una fuente externa, obligando a que gire el otro engranaje.

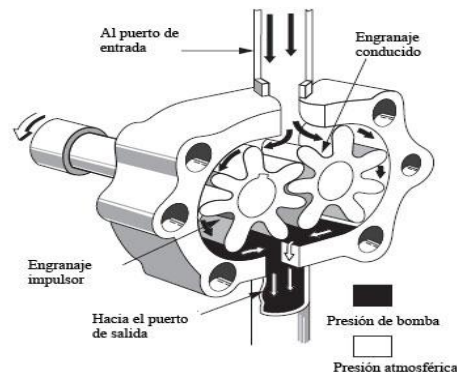


Figura 3. Bomba de engranajes.

Fuente: (Carlos, 2004)

Bombas de paletas.

Estas bombas están constituidas de un rotor de forma cilíndrica, el mismo que arrastra un conjunto de paletas cuando está girando. En cuanto a la carcasa de la bomba, es de forma elíptica, con el fin de que las paletas entren y salgan en el rotor, cuando estas rocen sus extremos en la carcasa.

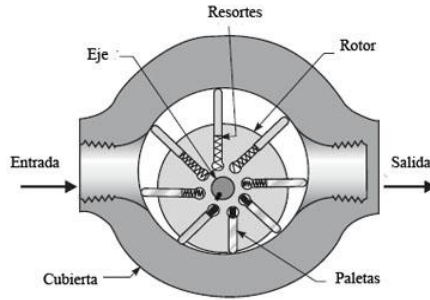


Figura 4. Bombas de paletas.

Fuente: (Harvey, 2004)

Bombas de pistones.

Son el tipo de bombas que brindan un mejor rendimiento, esto debido a que es posible variar el volumen que se bombea en cada revolución generada. En cuanto a su estructura, son mucho más complejas y costosas que las anteriormente mencionadas. Los pistones pueden ir colocados en la carcasa de forma radial o axial.

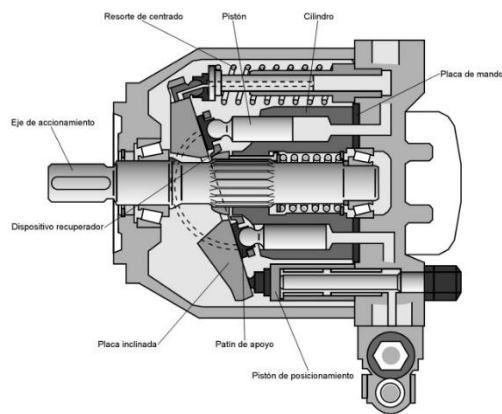


Figura 5. Bombas de pistones

Fuente: (Sergio, 2012)

Válvulas.

Las válvulas son elementos fundamentales que regulan la puesta en marcha, el paro o la dirección del sistema, así como también controlan la presión o caudal del fluido enviado por la bomba hidráulica.

Válvulas distribuidoras.

Estas válvulas cumplen la función de distribuir y direccionar el flujo de aceite hacia un órgano de una máquina, para que accione un cilindro hidráulico en el momento necesario. Los mandos de las válvulas están al alcance del operador, o pueden funcionar de forma manual o automática.

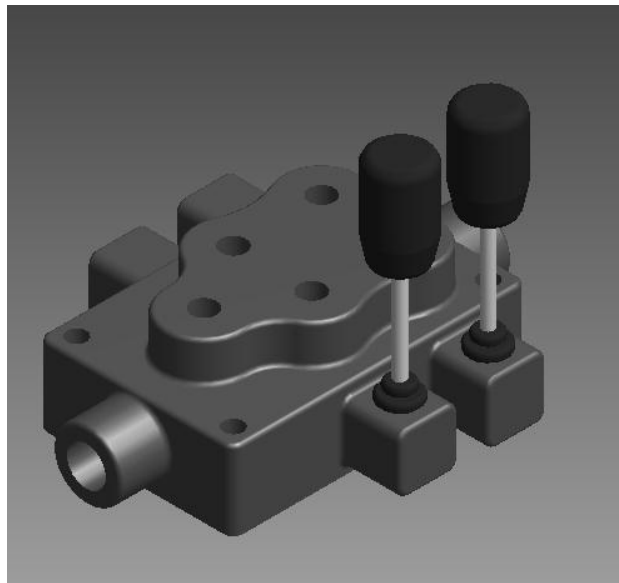


Figura 6. Válvula direccional NC. 4-3.

Válvulas de presión.

Se las conoce también como válvulas limitadoras de presión, su función es controlar o limitar la presión de trabajo en el sistema, es por eso que se las considera como un elemento de seguridad dentro de un sistema hidráulico.



Figura 7. Válvula limitadora de presión.

Válvulas de cierre o antirretorno.

Este tipo de válvulas tiene como objetivo permitir el paso del fluido en un solo sentido, mientras que en sentido contrario, el paso es obstruido. Su aplicación es muy común en sistemas de seguridad como elevadores y cañerías de frenos.



Figura 8. Válvulas antirretorno.

Fuente: (Industry, 2015)

Filtros hidráulicos.

La función principal de un filtro es mantener limpio el sistema hidráulico, para evitar fallas o desgaste de componentes por suciedad. Cada partícula de suciedad genera desgaste del sistema hidráulico, reduciendo la eficiencia de la máquina y reparaciones tempranas.

Los filtros hidráulicos deben soportar altas presiones y filtrar partículas muy pequeñas. Es importante mencionar que la utilización de filtros de mala calidad o filtros que no cumplen los requerimientos del fabricante del equipo, pueden generar problemas como daño de elementos del sistema por presencia de impurezas y partículas abrasivas. (Solé, 2001)



Figura 9. Filtros hidráulicos

Fuente: (widman international, 2013)

Fluido hidráulico.

El fluido hidráulico es fundamental para el funcionamiento del sistema hidráulico, ya que cumple con distintas funciones como: transmitir la presión, lubricar las partes móviles de los equipos, disipar el calor producto de la transformación de energía, proteger el sistema ante la corrosión y eliminar partículas abrasivas.

Los aceites elaborados con aceites minerales, cumplen con todos estos requisitos mencionados anteriormente, es por eso que son los más utilizados en la industria actual, ya que transmiten la potencia necesaria debido a que son incompresibles.



Figura 10. Fluido hidráulico.

Fuente: (CAT., 2014)

Lubricación de las partes móviles.

Esta es una de las principales funciones del fluido. La lubricación le permite al fluido formar una película sobre las superficies y hacer que facilite el desplazamiento de esta superficie sobre la otra, evitando en lo posible el contacto directo entre estas.

Refrigeración.

El fluido debe ser capaz de absorber el calor generado en determinados puntos del sistema, para luego liberarlo al ambiente a través del depósito y cañerías, manteniendo de esta forma la temperatura estable del conjunto durante el normal funcionamiento de la máquina.

Sellado de espacios libres entre elementos.

El fluido hidráulico debe ubicarse en las partes internas del sistema cilindro-émbolo o pistón. Para esto, se deberá seleccionar el fluido hidráulico cuyas propiedades sean las mejores y las que recomienda el fabricante de la máquina para la aplicación particular deseada.

(Hervás, 2010)

Protección de sobrecargas.

Todo sistema hidráulico posee una válvula de alivio que protege al sistema de sobrecargas de presión que afecten a cualquiera de sus componentes. Cuando existe una presión elevada en el sistema, la válvula de alivio cede o se abre permitiendo el paso del excedente de regreso al depósito de fluido hidráulico.

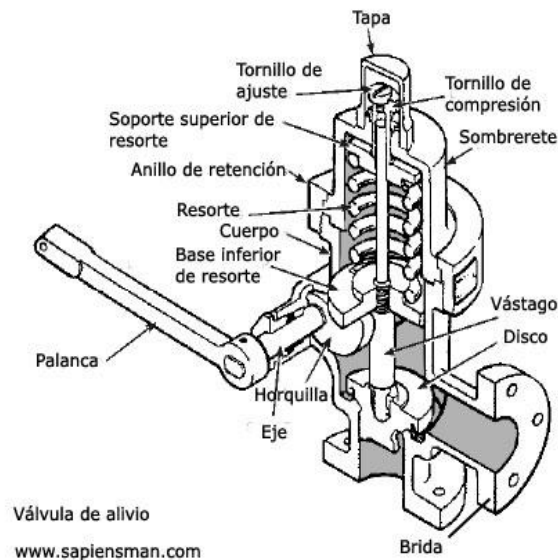


Figura 11. Válvula de alivio

Fuente: (Harvey C. , 2004)

Causas de sobrecargas.

En un sistema hidráulico, el actuador puede ser parado sin que se produzca un daño cuando este se encuentre sobrecargado, y arrancará de inmediato cuando se reduzca la carga. La única pérdida causada será el desperdicio de caballos de fuerza.

(INACAP, 2004)

Metodología de la investigación

Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se utilizó en este Proyecto es la investigación tecnológica, ya que se utilizó información ya establecida, es decir, el Proyecto es una aplicación de descubrimientos científico como principios de fluidos, leyes termodinámicas, físicas y químicas. Todo esto con el fin de crear, modificar y mejorar las características de un prototipo.

Este trabajo también es de tipo bibliográfico, en vista al proceso y método que se utilizó para buscar información.

Métodos.

Método de modelación.

Este método estuvo presente en vista de que para la realización de este Proyecto, se utilizó las bases de un modelo de máquina ya establecida, y se buscó la forma de modificarle y adaptar ciertos aspectos, que brinden mayor factibilidad y economía.

Método analítico sintético.

Fue de gran utilidad para el aspecto de análisis y procesamiento la información, así como también en la obtención de aspectos constructivos y elementales, que sirvieron de gran ayuda para llegar al objetivo general de este trabajo.

Método de diseño mecánico

Los métodos que se utilizaron fueron de gran ayuda, para dimensionar elementos de máquina y elegir el material adecuado para la construcción del Proyecto.

Técnicas

Las técnicas en este tipo de Proyecto que se utilizaron fueron:

- Elaboración de planos.
- Construcción y montaje de los elementos hidráulicos.
- Adaptación.
- Manufactura.

Sistema Hidráulico

En este capítulo se buscará las características técnicas del sistema hidráulico que tendrá la Excavadora Portátil, desde su diseño hasta la selección y montaje de los elementos que conforma dicho circuito hidráulico. A continuación, se presenta los cálculos requeridos para el dimensionamiento del sistema hidráulico ideal.

Selección de los cilindros hidráulicos

Para seleccionar los cilindros hidráulicos, se utilizó el diseño mecánico de la estructura y asumiendo una fuerza ideal que el cucharón debe tener, se realizó un análisis de la estructura en forma estática y se encontraron las fuerzas de reacción en los elementos; el cálculo se realizó considerando tres posiciones críticas del brazo, donde se encontró una fuerza máxima que los cilindros deben soportar, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1. Fuerzas máximas de los cilindros hidráulicos.

Fuerza en KN				
	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
1° posición	31	29	25	9,6
2° posición	25,8	19,8	29	10,5

3° posición	24,4	24,6	19,8	9,78
-------------	------	------	------	------

Para dimensionar los elementos hidráulicos se escoge la fuerza mayor y se considera una presión de trabajo ideal requerida de 160 bares.

Fuerza máxima del pistón 1 = 31 KN

Presión de trabajo ideal = 160 bares - 16N/mm^2 (Mechanique, 2010)

Cálculo del cilindro 1.

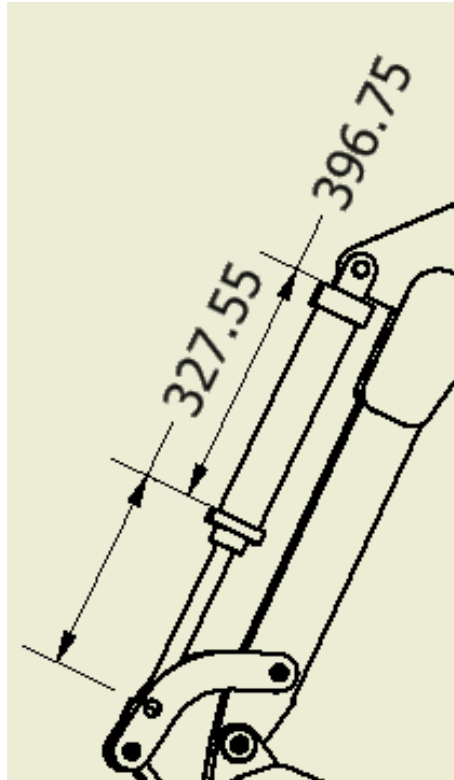


Figura 12. Cilindro hidráulico del cucharón.

A continuación se calcula el diámetro mínimo del émbolo, utilizando la fórmula de presión máxima.

$$P \text{ máx.} = \frac{F \text{ màx}}{A \text{ èmb}}$$

Ecuación 1

Entonces el área del émbolo será:

$$A \text{ cilindro} = \frac{F \text{ max}}{P \text{ max}} = \frac{31\,000 \text{ N}}{16 \text{ N/mm}^2} = 1\,937,5 \text{ mm}^2$$

Remplazando:

$$A_{\text{cilindro}} = \frac{\pi (d_{\text{émbolo}})^2}{4}$$

$$d_{\text{émbolo}} = \sqrt{\frac{4 (A_{\text{émbolo}})}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (1\,937,5)}{\pi}} = 50 \text{ mm}$$

Se obtuvo un diámetro mínimo de 50mm; según catálogos se encuentra un diámetro mínimo de 63mm.; es por eso que se trabaja con dicho valor.

A continuación, se asume un valor al vástago y se verifica el pandeo en función del diámetro. Y el diámetro del vástago para el primer cálculo es de 25 mm.

A continuación, se verifica el pandeo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro.

Existe un valor de carga crítica que genera fallo por pandeo, la cual se determina ya sea por la fórmula de Euler o Jhonson. A continuación, se verifica qué formula es útil para este análisis.

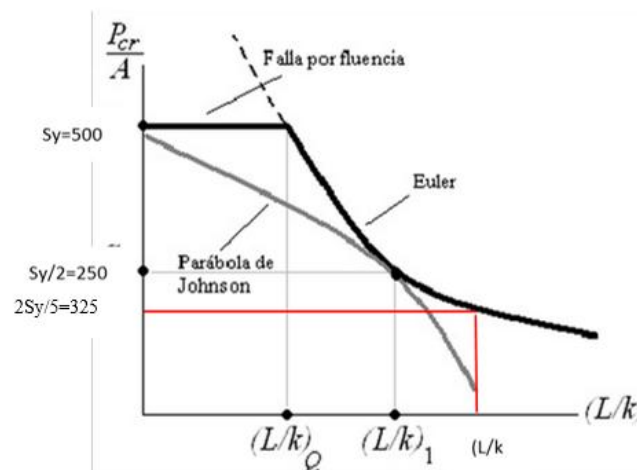


Figura 13. Diagrama de fuerza de pandeo.

Fuente: Shigley 2010

Se procede a calcular l/k y según este valor, se determina si se usa la ecuación de Euler o Johnson.

$$\text{Si; } \left(\frac{l}{k}\right) > \left(\frac{l}{k}\right)_1 \quad \text{“Euler”}$$

$$\text{Si; } \left(\frac{l}{k}\right)_1 < \left(\frac{l}{k}\right) \quad \text{“Johnson”}$$

Donde:

$S_y = 235$ para el acero ST235; $C =$ Constante de unión en articulaciones; $E = 2,1 \times 10^5$ N/mm²; Módulo de elasticidad del acero S235.

Entonces reemplazando:

$$\left(\frac{l}{k}\right)_Q = \sqrt{\frac{\pi^2 CE}{S_y}} = \sqrt{\frac{\pi^2 1(2,1 \times 10^5)}{500}} = 64,38$$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \sqrt{\frac{2\pi^2 CE}{S_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 1(2,1 \times 10^5)}{500}} = 91,05$$

$$\left(\frac{l}{k}\right) = \sqrt{\frac{5\pi^2 CE}{2(S_y)}} = \sqrt{\frac{5\pi^2 1(2,1 \times 10^5)}{2(500)}} = 101,79$$

Según los cálculos la fórmula a utilizar es la de Euler:

$$\mathbf{F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}}$$

Ecuación 2

Donde: $E = 2,1 \times 10^5$ N/mm² Módulo de elasticidad del acero característico en cilindros hidráulicos; Inercia de un perfil circular = $\pi r^4/4 = \pi d^4/64 = \pi (25)^4/64 = 19\,174,8$ mm⁴; $S=5$ Factor de seguridad; $L_p = 2L_v$ longitud de pandeo $2L_v = 2(327) = 654$ mm

Entonces, reemplazando dichos datos se tiene:

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2 \cdot S}$$

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (19\,174,8)}{(654)^2 \cdot 5} = \frac{3,97 \times 10^{10}}{2138580} = 18,6 \text{KN}$$

Según Euler se debe cumplir que, la fuerza de pandeo sea mayor o igual que la fuerza que aplica el cilindro. Con el resultado obtenido anteriormente, se comprueba que el pistón hidráulico fallará; por ende, se aumentará el diámetro del vástago de 25 a 30 mm.

$$\text{Entonces, cambia la inercia } \pi (d)^4/64 = \pi (30)^4/64 = 39760 \text{ mm}^4$$

Remplazando este valor:

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (39760)}{(654)^2 \cdot 5} = \frac{8,24 \times 10^{10}}{2138580} = 38,5 \text{KN}$$

$$\text{Fuerza de pandeo} = 38,5 \text{KN} \geq \text{Fuerza máxima del cilindro} = 31 \text{KN}$$

A continuación, se calcula la presión real de trabajo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro y el área del émbolo.

$$P_{\text{real}} = \frac{F_{\text{max}}}{A_{\text{émbolo}}} = \frac{31\,000 \text{N}}{\pi(63)^2/4} = 9,9 \text{ N/mm}^2$$

La presión real de trabajo (9,9 N/mm²), es menor a la presión ideal del sistema 16 N/mm².

Es por eso, que se debe instalar una válvula limitadora de presión de 9,9 N/mm² (99 bares).

Cálculo del cilindro 2.

Fuerza máxima del pistón 2 = 29KN.

Presión de trabajo ideal = 160 bares - 16N/mm².

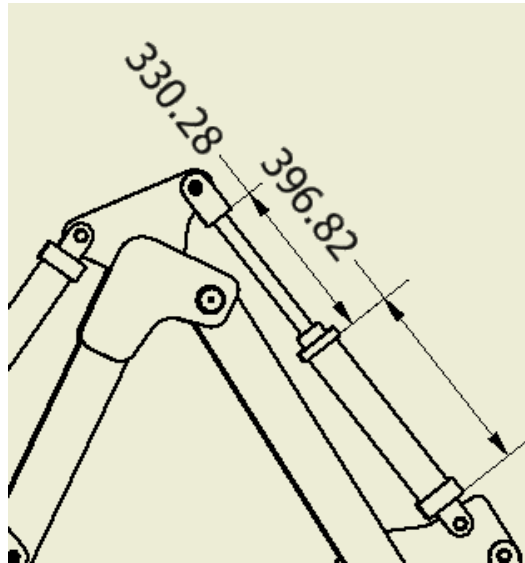


Figura 14. Cilindro hidráulico del brazo.

A continuación, se calcula el diámetro mínimo del émbolo, utilizando la fórmula de presión máxima.

Entonces, el área del émbolo será:

$$A \text{ émbolo} = \frac{F \text{ max}}{P \text{ max}} = \frac{29\,000 \text{ N}}{16 \text{ N/mm}^2} = 1\,812,5 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Reemplazando en } A \text{ émbolo} = \frac{\pi (d \text{ émbolo})^2}{4}.$$

$$d \text{ émbolo} = \sqrt{\frac{4 (A \text{ émbolo})}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (1\,812,5)}{\pi}} = 48 \text{ mm}$$

Según el diseño, el diámetro del émbolo será de 63 mm. Y el diámetro del vástago de 25 mm.

A continuación, se verifica el pandeo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro.

Se debe cumplir la ley que dice: la F pandeo \geq F máxima que se aplica al cilindro.

$$\text{Entonces: } F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lp^2 \cdot S}$$

Donde:

$E = 210 \text{ N/mm}^2$ Módulo de elasticidad del acero característico en cilindros hidráulicos;

Inercia de un perfil circular $= \pi r^4/4 = \pi d^4/64 = \pi (25)^4/64 = 19\,174,8 \text{ mm}^4$; $S=5$ Factor de seguridad; $Lp = 2L_v$ longitud de pandeo $2L_v = 2(330,28) = 650,56 \text{ mm}$

Entonces, remplazando dichos datos se tiene:

$$F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lp^2 \cdot S}$$

$$F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (19\,174,8)}{(650,56)^2 \cdot 5} = \frac{3,97 \times 10^{10}}{2\,116\,141,56} = 18,76 \text{ KN}$$

Con el resultado obtenido se comprueba que el pistón hidráulico fallará, por ende, se aumentará el diámetro del vástago de 25 a 30 mm.

Entonces, cambia la inercia $\pi (d)^4/64 = \pi (30)^4/64 = 39760 \text{ mm}^4$.

Remplazando este valor:

$$F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (39760)}{(650,56)^2 \cdot 5} = \frac{8,24 \times 10^{10}}{2\,116\,141,56} = 38,9 \text{ KN.}$$

Fuerza de pandeo = 38,9KN \geq Fuerza máxima del cilindro = 29KN.

A continuación, se calcula la presión real de trabajo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro y el área del émbolo.

$$P_{\text{real}} = \frac{3F_{\text{max}}}{A_{\text{émbolo}}} = \frac{29\,000\text{N}}{\pi(63)^2/4} = 9,3 \text{ N/mm}^2$$

La presión real de trabajo es menor a la presión ideal del pistón. Es por eso, que se debe instalar una válvula limitadora de presión de $9,3 \text{ N/mm}^2$ (93 bares).

Cálculo del cilindro 3.

Fuerza máxima del pistón 3 = 29KN.

Presión de trabajo ideal = 160 bares - 16N/mm^2 .

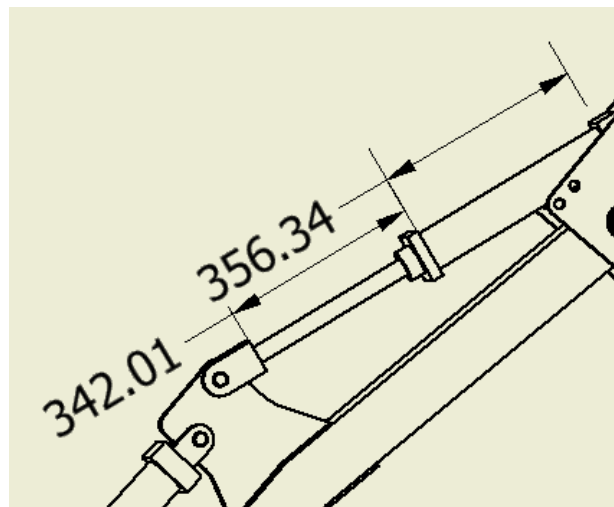


Figura 15. Cilindro hidráulico de la pluma.

A continuación, se calcula el diámetro mínimo del émbolo, utilizando la fórmula de presión máxima.

$$P_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}}}{A_{\text{émbolo}}}$$

Entonces, el área del émbolo será:

$$A \text{ émbolo} = \frac{F_{\max}}{P_{\max}} = \frac{29\,000 \text{ N}}{16 \text{ N/mm}^2} = 1\,812,5 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Reemplazando en } A \text{ émbolo} = \frac{\pi (d \text{ émbolo})^2}{4}$$

$$d \text{ émbolo} = \sqrt{\frac{4 (A \text{ émbolo})}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (1\,812,5)}{\pi}} = 48 \text{ mm}$$

Según el diseño, el diámetro del émbolo será de 70 mm. Y el diámetro del vástago de 25 mm.

A continuación, se verifica el pandeo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro.

Se debe cumplir la ley que dice: la F pandeo \geq F máxima que se aplica al cilindro.

$$\text{Entonces: } F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lp^2 \cdot S}$$

Donde:

$E = 210 \text{ N/mm}^2$. Módulo de elasticidad del acero característico en cilindros hidráulicos;

Inercia de un perfil circular $= \pi r^4/4 = \pi d^4/64 = \pi (25)^4/64 = 19\,174,8 \text{ mm}^4$; $S=5$ Factor

de seguridad; $Lp = 2L_v$ longitud de pandeo $2L_v = 2(342,01) = 684,02 \text{ mm}$.

Entonces, reemplazando dichos datos se tiene:

$$F \text{ pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Lp^2 \cdot S}$$

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (19\ 174,8)}{(684,02)^2 \cdot 5} = \frac{3,97 \times 10^{10}}{2\ 339416,80} = 16,9 \text{ KN.}$$

Con el resultado obtenido, se comprueba que el pistón hidráulico fallará, por ende, se aumentará el diámetro del vástago de 25 a 30 mm.

Entonces, cambia la inercia $\pi (d)^4/64 = \pi (30)^4/64 = 39760 \text{ mm}^4$.

Remplazando este valor:

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (39760)}{(648,02)^2 \cdot 5} = \frac{8,24 \times 10^{10}}{2\ 339416,80} = 35,22 \text{ KN.}$$

Fuerza de pandeo = 35,22 KN \geq Fuerza máxima del cilindro = 29KN.

A continuación, se calcula la presión real de trabajo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro y el área del émbolo.

$$P_{\text{real}} = \frac{F_{\text{max}}}{A_{\text{émbolo}}} = \frac{29\ 000\text{N}}{\pi(63)^2/4} = 9,3 \text{ N/mm}^2.$$

La presión real de trabajo es menor a la presión ideal del pistón, es por eso, que se debe instalar una válvula limitadora de presión de 9,3 N/mm² (93 bares).

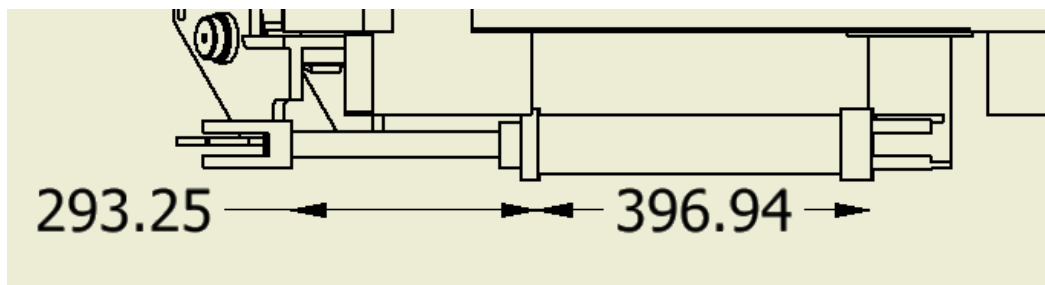


Figura 16. Cilindro hidráulico de giro.

A continuación, se calcula el diámetro mínimo del émbolo, utilizando la fórmula de presión máxima.

$$P_{max} = \frac{F_{max}}{A_{\text{émbolo}}}$$

Entonces, el área del émbolo será:

$$A_{\text{émbolo}} = \frac{F_{max}}{P_{max}} = \frac{10\,500\text{ N}}{16\text{ N/mm}^2} = 656,25\text{ mm}^2$$

$$\text{Reemplazando en } A_{\text{émbolo}} = \frac{\pi (d_{\text{émbolo}})^2}{4}$$

$$d_{\text{émbolo}} = \sqrt{\frac{4 (A_{\text{émbolo}})}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (656,25)}{\pi}} = 28,9\text{ mm}$$

Según proveedores de cilindros hidráulicos, el diámetro mínimo que ofrecen en cilindros es de 50 mm., lo que sí varía es el diámetro del vástago. Para determinar el diámetro del vástago, se asume un diámetro y se verifica el pandeo.

A continuación, se verifica el pandeo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro de 10 kN, y un diámetro de vástago de 25mm.

Se debe cumplir la ley que dice: la $F_{\text{pandeo}} \geq F_{\text{máxima}}$ que se aplica al cilindro.

$$\text{Entonces: } F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2 \cdot S}$$

Donde: $E = 210 \text{ N/mm}^2$ Módulo de elasticidad del acero característico en cilindros hidráulicos; Inercia de un perfil circular $= \pi d^4/64 = \pi (25)^4/64 = 19\,174,8 \text{ mm}^4$; $S=5$

Factor de seguridad; $L_p = 2L_v$ longitud de pandeo $2L_v = 2(293,25) = 583,25 \text{ mm}$

Entonces, reemplazando dichos datos se tiene:

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}$$

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^5 (19\,174,8)}{(583,25)^2 \cdot 5} = \frac{3,97 \times 10^{10}}{1700902} = 23,3 \text{ KN.}$$

Con el resultado obtenido, se comprueba que el pistón hidráulico no fallará.

Fuerza de pandeo $= 23,3 \text{ KN} \geq$ Fuerza máxima del cilindro $= 10,5 \text{ KN}$.

A continuación, se calcula la presión real de trabajo, utilizando la fuerza máxima que se aplica al cilindro y el área del émbolo.

$$P_{\text{real}} = \frac{F_{\text{max}}}{A_{\text{émbolo}}} = \frac{10\,500 \text{ N}}{\pi(50)^2/4} = 5,3 \text{ N/mm}^2.$$

La presión real de trabajo es menor a la presión ideal del pistón, es por eso, que se debe instalar una válvula limitadora de presión de $5,3 \text{ N/mm}^2$ (53 bares).

Tabla 2. Datos técnicos de los cilindros hidráulicos.

dé(dv(m	Lv(m	Aé(m	Aa(Pmax(ba	Lc(m	Fmax(K
-----	------	------	------	-----	---------	------	--------

	m	m)	m)	m)	mm ²)	r)	m)	N)
Cilindro 1	63	30	327,35	3117	731,2	99	300	31
Cilindro 2	63	30	330,28	3117	731,2	93	300	29
Cilindro 3	63	30	342,01	3117	731,2	93	300	29
Cilindro 4	50	25	293,25	396,94	588,26	53	300	10,5

Donde: d_e = diámetro del émbolo; d_v = diámetro del vástago; L_v = longitud del vástago; A_e = área del émbolo, A_a = área anular del émbolo, utilizando el diámetro exterior de 70 mm; $P_{max.}$ = presión máxima aplicada al cilindro; L_c = longitud de carrera; $F_{max.}$ = fuerza máxima del cilindro.

Se buscó proveedores de cilindros hidráulicos y según los datos de la tabla anterior, se encontró las características técnicas más cercanas posibles.



THE WIZARD LINE

3000 PSI EXTENDED DUTY

THE "WIZARD" Welded-DA-37° JIC Male Ports



Figura 17. Marca de los cilindros hidráulicos.

Fuente: Manual Prince.

TABLE OF CONTENTS								
CYLINDERS AND ACCESSORIES	HYDRAULIC CYLINDERS							
	Welded Cylinders				Tie-Rod Cylinders			
	BORE SIZE	NAME	MODEL	PAGE	BORE SIZE	NAME	MODEL	PAGE
	1 1/2"	Wizard	F150	C3-C4	2"	Majestic	SAE-8400	C15
	1 1/2"	Sword	SAE-19400	C5	2"	3000 PSI	B200000	C10-C13
	1 3/4"	Wizard	F175	C3-C4	2 1/2"	Majestic	SAE-7000	C15
	2"	Wizard	F200	C3-C4	2 1/2"	3000 PSI	B250000	C10-C13
	2"	Sword	SAE-42000	C5	3"	Majestic	SAE-7100	C15
	2 1/4"	Wizard	F225	C3-C4	3"	3000 PSI	B300000	C10-C13
	1 1/2"	Wizard	F250	C3-C4	3 1/2"	Majestic	SAE-7200A	C15
2 1/2"	Sword	SAE-42500	C5	3 1/2"	3000 PSI	B350000	C10-C13	
2 1/2"	Royal	PMC-5400	C6	4"	Majestic	SAE-8600	C15	
2 3/4"	Wizard	F275	C3-C4	4"	3000 PSI	C400000	C15	
3"	Sword	SAE-43000	C5		Heavy Duty			
3"	Royal	PMC-8300	C6	4"	3000 PSI	B400000	C10-C13	
3 1/2"	Sword	SAE-43500	C5	4 1/2"	3000 PSI	B450000	C10-C13	
3 1/2"	Royal	PMC-5500	C6	5"	Majestic	SAE-8200	C15	
4"	Sword	SAE-44000	C5	5"	3000 PSI	B500000	C10-C13	
4"	Royal	PMC-5600	C6		Series Cylinders		C14	
4"	Fortress	SAE-64000	C7					
4 1/2"	Fortress	SAE-64500	C7					
5"	Gladiator	SAE-21000	C8					
6"	Gladiator	SAE-22000	C8					
3"	Top Link	BD-0228	C17					
8"	8" Bore	SAE-68000	C9					
				Telescopic Cylinders				
				Custom		C26		
				Single Acting		C27		
				Double Acting		C28-C30		

Figura 18. Especificaciones para el pedido de los cilindros hidráulicos.

Fuente: Manual Prince.

PSI	Column Load (Lbs.)	Retract	Rod Dia.	A	B SAE	C SAE	D	E	G	H
3000	FULL PSI	20 1/4	3/4	3/16	#6	#6	.765	2 5/8	2 5/8	5 1/4
3000	4,600 LBS	20 1/4	3/4	3/16	#6	#6	.765	2 5/8	2 5/8	3 1/4
3000	3,525 LBS	22 1/4	3/4	3/16	#6	#6	.765	2 5/8	2 5/8	3 1/4
3000	1,525 LBS	31 1/2	3/4	3/16	#6	#6	.765	2 5/8	2 5/8	8 1/2
3000	FULL PSI	20 1/4	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	5 9/16
3000	FULL PSI	20 1/4	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	3 9/16
3000	FULL PSI	22 1/4	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	3 9/16
3000	FULL PSI	31 1/2	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	8 13/16
3000	7,575 LBS	30 1/4	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	3 9/16
3000	5,600 LBS	34 1/4	1 1/8	3/16	#8	#8	1.015	1 3/4	1 13/16	3 9/16

Figura 19. Características de trabajo de los cilindros hidráulicos.

Fuente: Manual Prince.

Selección de la bomba hidráulica.

Según los datos obtenidos anteriormente, se verifica que la presión máxima requerida es de 99 bares, pero se debe considerar las pérdidas a lo largo de los elementos del sistema; pues, el fluido necesariamente tiene que circular desde el depósito hasta llegar a los cilindros. Como las dimensiones no son demasiado grandes, se considera un 8% de pérdidas a lo largo de su trayectoria. Entonces, la presión necesaria será de 106,92 bares.

Para encontrar el caudal necesario de la bomba, se procede a investigar la velocidad promedio de desplazamiento del émbolo, y según catálogos se toma como dato una velocidad de 15 mm/s.

A partir de lo mencionado, se calcula el volumen que brinda la bomba.

$$V \text{ bomba} = \frac{V \text{ ds } A \text{ émb}}{n}$$

Ecuación 3

Donde.

$A \text{ émb}$ = área del émbolo $31,17 \text{ cm}^2$; $v \text{ ds}$ = velocidad de desplazamiento $15 \text{ mm/s} = 90 \text{ cm/min}$; n = revoluciones de la bomba (1800 rev. /min).

Entonces:

$$V \text{ bomba} = \frac{90 \times 31,17}{1800} = 1,56 \text{ cm}^3.$$

$$Q \text{ bomba} = V \text{ bomba } (n)$$

Ecuación 4

$$Q \text{ bomba} = V \text{ bomba } (n) = 1,56 \times 1800 = 2,8 \text{ lit/min.}$$

El caudal mínimo necesario para un cilindro es $2,8 \text{ lit/min}$ (4 cilindros) = $11,2 \text{ lit/min}$.

Se utilizará una bomba un de 14 lit/min , para al momento de trabajar esta no sea forzada a utilizar el 100% de su capacidad, sino un 80% esto para alargar su vida útil.

Con los datos encontrados se puede especificar la bomba necesaria, y para este trabajo es de 14 lit/min a 1800 rpm y $106,92 \text{ bares}$.

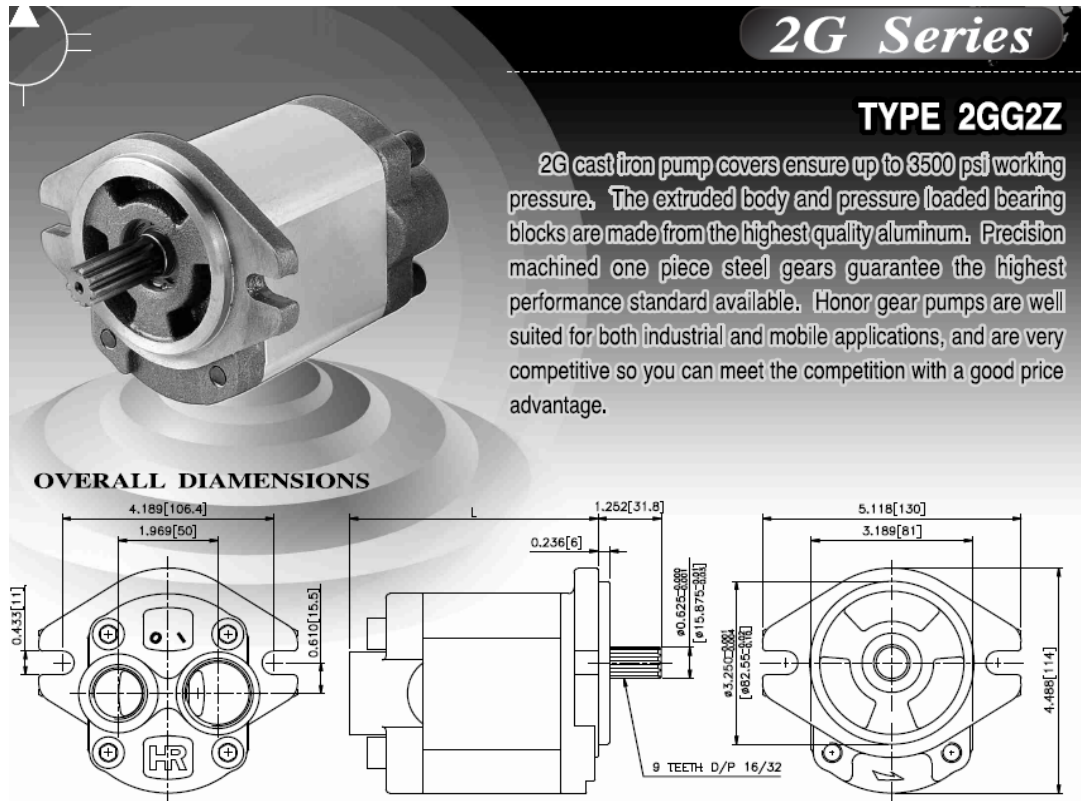


Figura 20. Tipo de bomba y sus dimensiones.

Fuente: Honor pumps (manual).

MODEL	DISPLACEMENT (lit/min)		PRESURE (PSI)	RPM RANGUE	PORT
	Min	Max	CONTINUOUS		INTEL UNF-12 1-1/16"-12
05	0,30	5	1000(15)	800-1000	OUTTEL UNF-10 7/8-14
08	0,45	8	2000(15)	1000-1200	
10	0,52	10	2500(15)	1200-1400	
12	0,61	12	3000(25)	1400-1600	
14	0,74	14	3000(25)	1600-1800	
16	0,89	16	3000(25)	1800-2000	

Tabla 3. Datos para selección de la bomba.

Fuente: Honor pumps (manual).

Selección del motor.

Según los requerimientos del sistema, se calcula la potencia adecuada del motor. Utilizando una eficiencia de 0,8 se tiene.

La cilindrada teórica del sistema:

$$\text{Cilindrada } t = \frac{Q_{max}}{v}$$

Ecuación 5

$$C_t = \frac{14 \text{ lit/min}}{1800} = 0,0078 \frac{\text{litros}}{\text{rev}} = 7,8 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

La cilindrada con un rendimiento volumétrico del 80 %.

$$\frac{7,8 \text{ cm}^3/\text{min}}{0,8} = 9,75 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Entonces, la potencia se calcula utilizando los siguientes datos:

Presión máxima del sistema: 106,92 bares = $106,92 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

Caudal de la bomba es 14 lit/min = $2,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Rendimiento total del sistema $\eta = 0,8$.

$$P = \frac{p \cdot Q}{450(\eta)}$$

Ecuación 6

$$P = \frac{106,92 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2,93 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{450(0,8)} = 7250 \text{ Watts o } 9,7 \text{ HP.}$$

Entonces la potencia de accionamiento de la bomba será de 10 HP.

Depósito de aceite.

Para calcular la capacidad volumétrica que debe tener el depósito del fluido hidráulico, se debe relacionar el tiempo de espera del aceite de retorno y el caudal de la bomba.

$$V_{\text{depósito}} = k \cdot Q_{\text{bomba}}$$

Ecuación 7

$$V_{\text{deposito}} = 5 \text{ min. } 14 \text{ lit/min.}$$

$$V_{\text{deposito}} = 70 \text{ litros.}$$

Selección del fluido hidráulico.

La selección del fluido se determina basándose de acuerdo a la aplicación de la máquina, es decir, que según el análisis del entorno al que este prototipo estará sometido y desempeñando su función.

Lo que se pretende con una buena selección de fluido es que el sistema sea eficiente en su funcionamiento y durabilidad.

El fluido de un sistema hidráulico posee algunas características como: viscosidad, temperatura de condensación y evaporación,

En lo que tiene que ver a la viscosidad del fluido, es preciso determinar de acuerdo a la bomba a utilizar, el fabricante ya establece una viscosidad, temperatura de trabajo y el lubricante recomendado.

Según el catálogo de la bomba que se utilizó en este trabajo, el fluido hidráulico será: un aceite Cat® HYDO 10W.

Cálculo de conductos hidráulicos.

Las tuberías de un circuito hidráulico se determinan en función de factores como: presión, caudal, pérdidas de carga; algunas de estas variables vienen determinadas por el fabricante.

A continuación, se calcula el diámetro de las mangueras de presión.

$$\text{Diámetro ideal} = \sqrt{\frac{32vLV}{gPc}}$$

Ecuación 8

Donde: (32) constante del factor de fricción para un flujo laminar, v viscosidad dinámica del aceite SAE 10W a 99°C, L longitud de la cañería, V velocidad de desplazamiento, (g) gravedad, Pc pérdida de carga de 20%.

Entonces:

$$\text{Diámetro ideal} = \sqrt{\frac{32vLV}{gPc}}$$

$$\text{Diámetro ideal} = \sqrt{\frac{32(4,1 \times 10^{-4}) (3)(0,015)}{9,8(0,2)}} = 0,017 \text{ m} = 17 \text{ mm.}$$

Cálculo de esfuerzos en el acople de la bomba y motor.



Figura 21. Pasador de la cadena

Según la potencia del motor, el acople está sometido a la fuerza que generan los 10 HP, es decir:

$$P = T \times W$$

Donde: P potencia, T torque, W velocidad angular.

Si $W = 2\pi n$. Entonces:

$$P/2\pi n = T \quad \& \quad T = F \times \text{Radio}$$

$$F = T/\text{Radio}$$

$$F = \frac{19.7 \text{ KNm}}{0.03m} = 658 \text{ KN.}$$

Realizando cálculos se tiene una F de 658 kN.

Las dimensiones del pasador son $l=10 \text{ mm}$; $X=2,5 \text{ mm}$ y $\varnothing=4 \text{ mm}$.

$$\text{Momento flector} = F \left(\frac{l}{2} - \frac{x}{2} \right) = 2467,5 \text{ KNmm.}$$

Cálculo de esfuerzo debido a la flexión:

$$\sigma_f = \frac{32 Mf}{\pi d^3} :$$

Ecuación 9

$$\sigma_f = \frac{32 Mf}{\pi d^3} = \frac{78960}{201,1} = 392,64 \text{ KN/mm}^2.$$

Verificación a la fatiga:

Esfuerzo pulsante del acero es $\sigma_p = 900 \text{ (N/mm}^2\text{)}$; No hay cambio de sección. Entonces:

$\beta_f = 1$; C índice de carga = 1,5

$$\sigma_f = \frac{C \sigma_p}{\beta_f \cdot FS}$$

Ecuación 10

Entonces, igualando ecuaciones 9-10 se tiene:

$$\frac{32 Mf}{\pi d^3} = \frac{C \sigma_p}{\beta_f \cdot FS}$$

Despejando FS factor de seguridad:

$$FS = \frac{C \pi d^3 \cdot \sigma_p}{32 \beta_f \cdot Mf} = 4,9$$

Cálculo del esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 11

Donde: Q resistencia al corte del acero; A área de contacto.

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{450 \text{ N/mm}^2}{\pi d^2/4} = 35,8 \text{ Nmm}^2.$$

$$FS = \frac{900 \text{ N/mm}^2}{Sy/2} = \frac{900 \text{ N/mm}^2}{225} = 4$$

El esfuerzo que se tiene en el pasador es de 35,8 N. mm^2 , y el acero con el cual se fabrica las cadenas tiene una resistencia al corte de 90 N/ mm^2 ; es decir, que este elemento no falla.

Diseño del circuito hidráulico.

Para el diseño del circuito hidráulico se ha utilizado un software denominado Automation Studio, en el cual se puede crear circuitos completos con todos los elementos necesarios, tal y como se lo tiene en la vida real; y lo más importante, es que se puede realizar la simulación y verificar el comportamiento de cada elemento del circuito. Este software ayuda a representación de diagramas en función de estándares y normas, simulación real, dimensionamiento y selección de elementos hidráulicos, herramientas y ayuda a prevenir inconvenientes como falla de elementos.

El resultado que se obtiene es una simulación práctica, que ayuda a prevenir posibles problemas como el mal dimensionamiento de elementos, inadecuada ubicación de componentes; y lo más importante, es que se evita lo que antes se conocía como prueba error, en donde se generaban pérdidas económicas.

En este trabajo, el circuito consta con los siguientes componentes:

Depósito: es de tipo no presurizado su función es almacenar el fluido hidráulico, debe separar el aire del fluido hidráulico, permitir que se asienten los contaminantes y ayudar a disipar el calor que se genera en el sistema y la capacidad es de 50 litros.

Filtro: su función es retener las impurezas del fluido hidráulico, evitando que posibles partículas abrasivas dañen los elementos del sistema.

Bomba de engranajes: es la encargada de abastecer de fluido hidráulico a los actuadores para que cumplan su trabajo. En este caso, se tiene una bomba con un caudal de 14 litros/minuto y una presión de trabajo de 3000 psi.

Motor: es el encargado de generar la fuerza motriz para el accionamiento de la bomba. En este trabajo, se utilizó un motor a gasolina de 10 hp, y se acopla de forma directa con la bomba por medio de un acople lineal por cadena.

Válvula de seguridad y manómetro: su función es limitar y verificar la presión en el sistema, evitando exceso de presión en los componentes. En este circuito se instaló una válvula de alivio de regulación manual y se activa a 108 bares.

Válvulas direccionales: permiten tener un control de accionamiento de los cilindros hidráulicos; se instaló válvulas direccionales de 4-3, es decir, de cuatro vías y tres posiciones, de accionamiento mecánico.

Conductos: son de alta presión y cumplen con las normas requeridas para sistemas hidráulicos, en este caso, se utilizó mangueras SAE 100 R15.

Cilindros: estos elementos son actuadores que aprovechan la energía hidráulica y la transforman en trabajo lineal, son de doble efecto y tienen una presión de trabajo de 3000 psi.

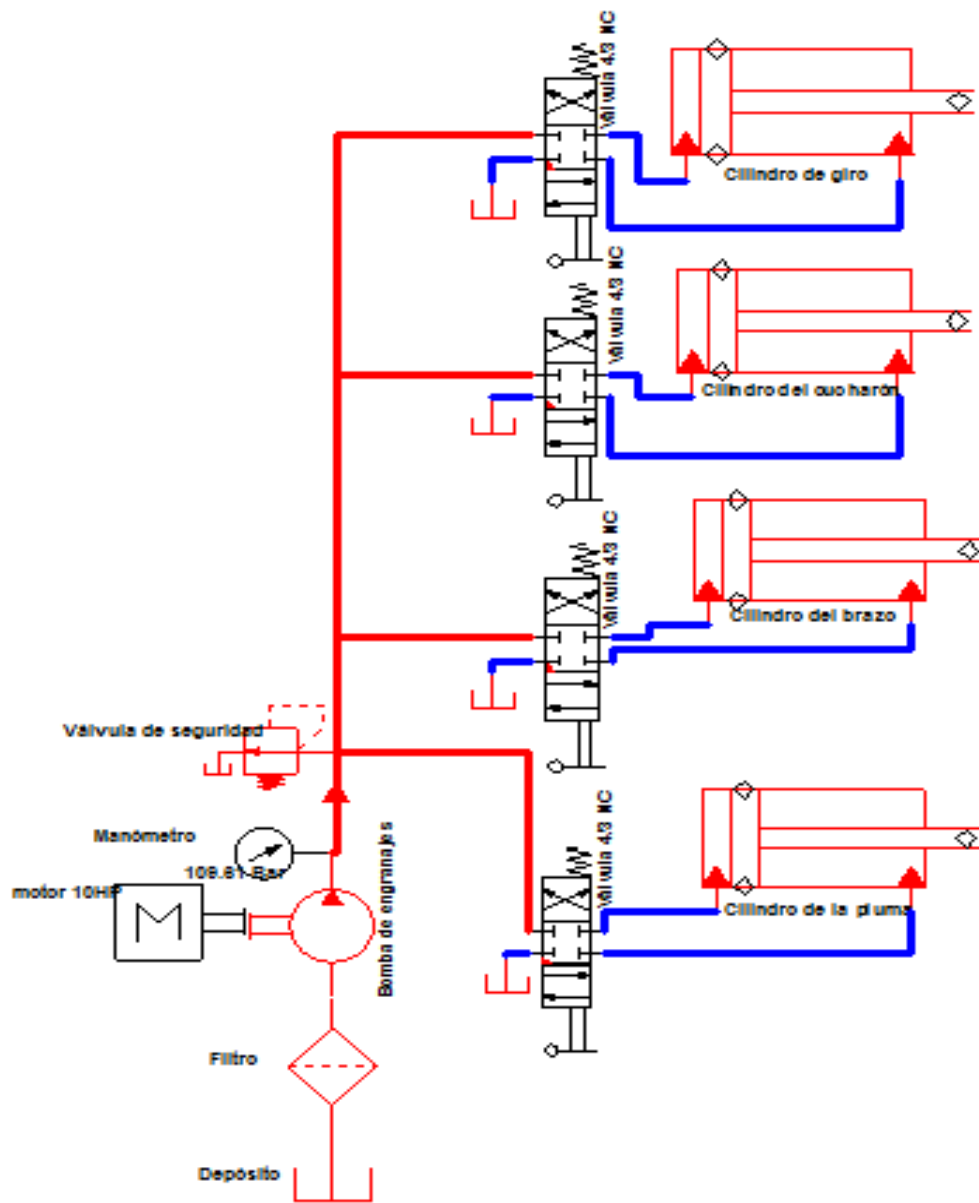


Figura 22. Circuito hidráulico.

Montaje de elementos del sistema.

Después de haber encontrado los requerimientos técnicos de los elementos del sistema hidráulico, se procedió a su adquisición y a su respectivo montaje. Siguiendo el plano que se realizó en el software Automation Estudio 5.0.

Montaje del motor en su respectiva base de acuerdo al diseño.



Figura 23. Motor 10Hp.

Instalación del acople lineal por cadena, para el accionamiento de la bomba.

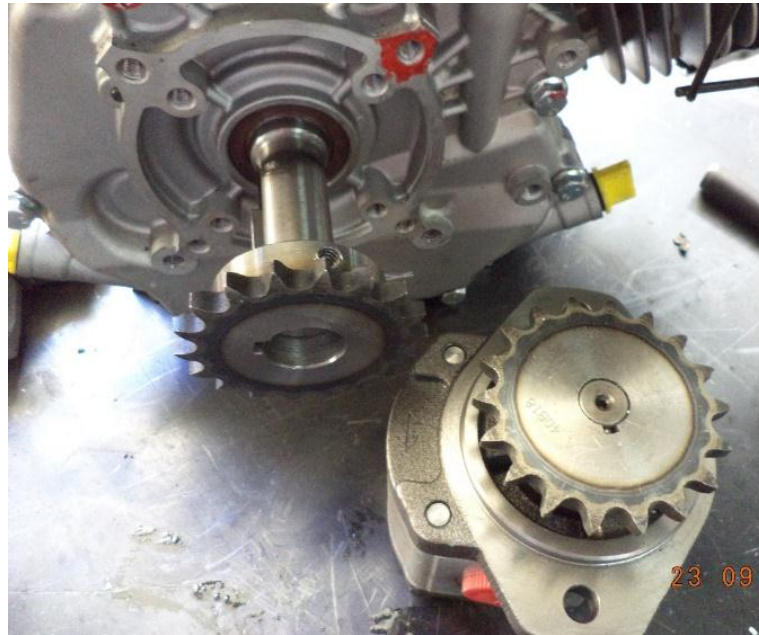


Figura 24. Acople lineal.

Montaje de la bomba de engranajes.



Figura 25. Bomba de engranajes.

Limpieza interna y montaje del depósito del fluido hidráulico.



Figura 26. Depósito de aceite hidráulico.

Montaje de las válvulas direccionales manuales.



Figura 27. Mandos mecánicos.

Montaje del cilindro hidráulico del cucharón.



Figura 28. Cilindro 1.

Montaje del cilindro hidráulico del brazo.



Figura 29. Cilindro 2.

Montaje del cilindro hidráulico de la pluma.



Figura 30. Cilindro 3.

Montaje del cilindro hidráulico de giro.

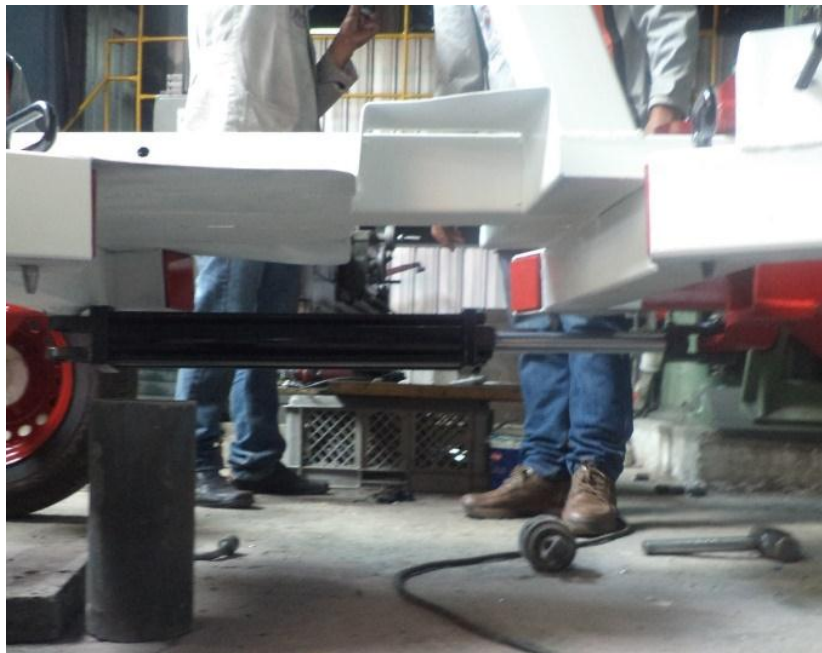


Figura 31. Cilindro 4.

Instalación de los conductos de alta presión: desde, salida de la bomba, válvula limitadora de presión, manómetro, mandos hidráulicos, cilindros hidráulicos.



Figura 32. Instalación cañerías de alta presión.

Instalación de conductos de baja presión: desde, salida de retorno del mando hacia el depósito, suministro de caudal a la bomba y filtrado.



Figura 33. Cañerías de retorno.

Instalación de manómetro de presión, con el fin de conocer la presión nominal a la que la máquina realiza un trabajo.



Figura 34. Manómetro de presión.

Instalación de filtro hidráulico a la salida del depósito, debido a que el fluido hidráulico debe ingresar a la bomba, sin presencia de partículas abrasivas que dañen los elementos.



Figura 35. Filtro hidráulico.

Instalación de la válvula de seguridad en los conductos de alta presión, con la finalidad de tener una presión constante de trabajo: 1000 PSI.

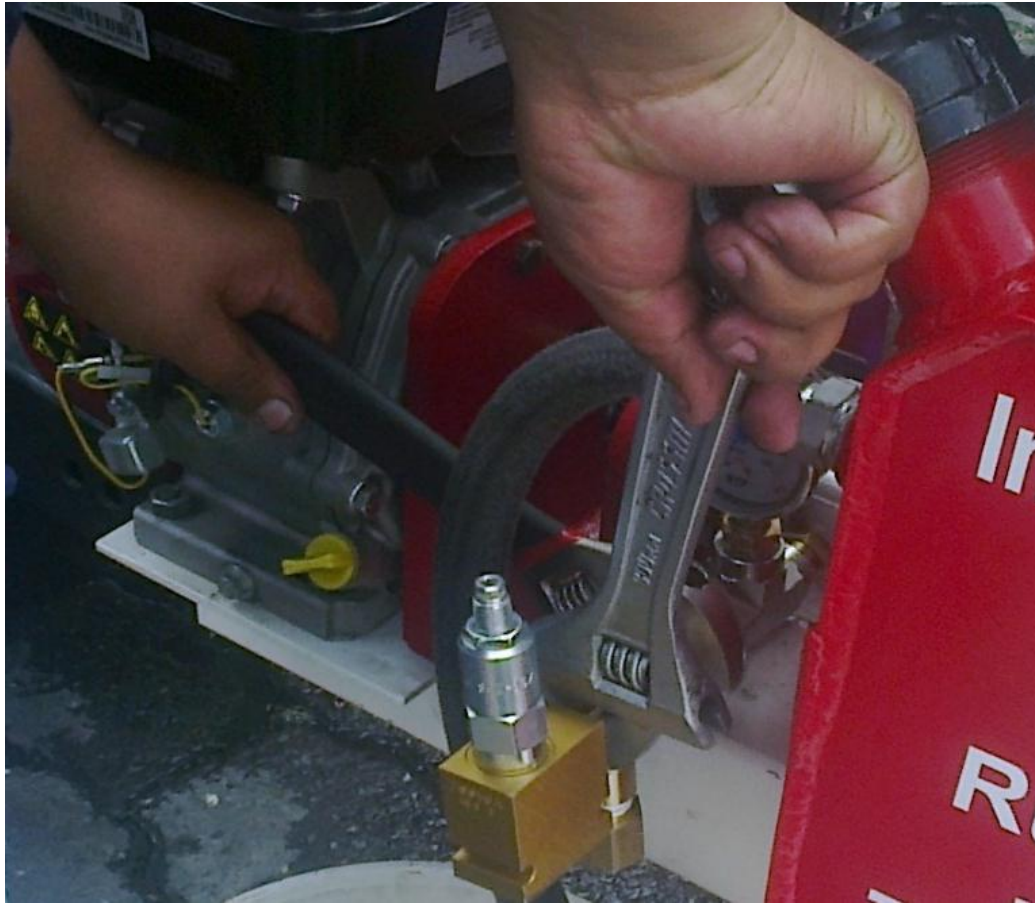


Figura 36. Válvula de alivio.

Tabla 4. Guía de mantenimiento.

REVISIONES BÁSICAS DE LA EXCAVADORA PORTATIL		Antes de empezar el trabajo	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Aceite del motor	Control visual	X	X				
	Cebado			X			
	Cambio					X	
Fluido hidráulico	Control visual	X	X				
	Cebado				X		
	Cambio					X	
Cañerías de alta y baja presión	Control visual	X	X				
	Verificar desgaste por rozamiento	X	X				
	Limpieza				X		
	Revisar fugas en los acoples (neplos, codos, reducciones)	X	X				
Bomba de engranajes	Control visual	X	X				
	Verificar desgaste del acople lineal (cadena, piñón)				X		
	Limpieza				X		

	Lubricación de la cadena			X
Estructura mecánica	Control visual	X	X	
	Reconstrucción de cucharón debido al desgaste			X
	Revisión de fisuras (Brazo, chasis, pluma)	X		
Depósito de fluido hidráulico	Control visual	X	X	
	Lavado interno			X
	Revisión de fugas	X	X	
Cilindros hidráulicos	Control visual	X	X	
	Verificar fugas			
	Limpieza			X
Filtro	Revisar fugas en la base y acoples	X	X	
	Reemplazo			X
Control de presión	Verificar fugas en los acoples	X		
	Revisar ajuste del perno de regulación	X	X	
	Revisar funcionamiento del manómetro	X	X	

Para la durabilidad de los elementos del sistema hidráulico, y en sí, de toda la máquina, es necesario que se guarde bajo techo, evitando con ello, posibles corrosiones y oxidaciones por cambios ambientales.

Guía de operación.

Encendido del motor:

- Válvula de combustible abierta.
- Interruptor en modo de encendido.
- Choque a la mitad (posición inicial cuando el motor esté en marcha).
- Halar la polea de encendido.



Figura 37. Elementos de encendido del motor.

Control direccional:

Una vez que se ha encendido el motor, la bomba genera la presión en el fluido que debe ser verificada en el manómetro, y de no haber inconvenientes, se procede a la operación normal de la máquina. Se debe tener en cuenta que la presión normal de trabajo es de 106 bares.

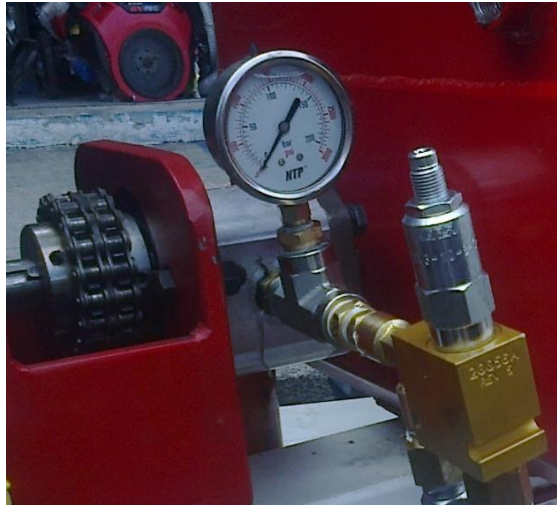


Figura 38. Control y verificación de presión.

Secuencia de los controles direccionales:

- Mando 1 (Accionamiento del cilindro de la pluma): palanca hacia adelante, baja la pluma; y hacia atrás, sube.
- Mando 2 (Accionamiento del cilindro de giro): palanca hacia delante, desplazamiento del brazo hacia la derecha; palanca hacia atrás, desplazamiento del brazo hacia la izquierda.
- Mando 3 (Accionamiento del cilindro del brazo): palanca hacia adelante, el brazo extiende; y hacia atrás, recoge.
- Mando 4 (Accionamiento del cilindro del cucharón): palanca hacia adelante, el cucharón se abre; y hacia atrás, recoge.



Figura 39. Secuencia de los controles direccionales.

Pruebas de funcionamiento

A continuación se presenta una tabla que indica algunos parámetros que la excavadora portátil realiza en un determinado trabajo. La prueba se realizó en diferentes lugares de la provincia de Imbabura y se considera ciertas dimensiones de excavación como una base laboral.

Canal de: (30 cm) ancho; 150 (cm) profundidad, 200 (cm) largo.

Presión manómetro: 1500 PSI.

Temperatura ambiente: 20° C

Tabla 5. Pruebas de funcionamiento

Fecha	Lugar	Tipo de suelo	Tiempo (min)	Consumo combustible (litros)
05/01/2015	La esperanza	Arcilloso (presencia de piedras, suelo seco)	35	1.2
08/01/2015	El Olivo	Limoso (presencia de piedras, suelo semi húmedo)	27	1.1
09/01/2015	Yahuarcocha	Arenoso (tierra floja y húmeda)	15	0,8
12/01/2015	Urcuquí	Limoso (presencia de piedras, suelo semi húmedo)	25	1

Resultados de las actividades realizadas:

Al realizar las pruebas en los diferentes suelos, se observó que la máquina opera correctamente, y que el rendimiento del trabajo depende de la contextura del terreno. En el tipo de suelo arcilloso, el tiempo es prolongado a diferencia de los suelos arenoso y limoso.

El consumo de combustible en las prácticas realizadas es variable; pues, esto depende de la aceleración del motor, ya que según el terreno es requerimiento de potencia de accionamiento de la bomba. Para verificar el consumo se procedió al llenado del tanque con un galón de combustible; y luego del trabajo, se mide el consumo extrayendo el combustible restante.

Pese a los diferentes tipos de suelos la máquina demostró una estabilidad adecuada y facilidad de operación, aunque la operación es una destreza que se debe perfeccionar, a medida que se utilice la excavadora.

La excavadora está diseñada para trabajar en áreas planas; es por eso que, al momento de trabajar en una zona inclinada se tiene que preparar el área de trabajo, permitiendo a la máquina permanecer estable, segura a la hora de realizar un trabajo. Vale mencionar que todo tipo de maquinaria pesada, en especial las excavadoras, deben de trabajar en áreas planas. Es por eso que antes de realizar el trabajo, se adecua el lugar.

Para realizar un trabajo es necesario verificar los niveles de aceite y combustible del motor, debido a que este genera la fuerza motriz y el adecuado funcionamiento del sistema, evitando pérdida de presión por bajas revoluciones, generando daños en los elementos principales como: bomba, mandos y cilindros.

Conclusiones.

En el sistema hidráulico el acople que une el motor y la bomba, experimenta un esfuerzo cortante de $35,8 \text{ Nmm}^2$ y un momento, debido a la flexión de $392,64 \text{ KN/mm}^2$; esto se debe a la fuerza que genera el motor de 10 Hp, y según el material presente en este acople, se tiene un factor de seguridad de 5.

La presión normal de trabajo en el sistema hidráulico es de 1500 Psi; este valor es el ideal para que la velocidad de accionamiento de los cilindros sea de 15 mm/s., permitiendo una operación adecuada.

La presión en el sistema hidráulico se la puede verificar en el manómetro de tipo SPG con un rango de presiones: Desde 1 bar (14,503 PSI) hasta 200 bar (2 900 PSI) y está controlada por una válvula de seguridad de tipo MV de 3000 PSI, con regulación manual, y está ubicada a la salida de presión de la bomba.

Los conductos del fluido hidráulico cumplen con la norma SAE R15; soportan una presión hasta 3000 Psi y ofrecen un trabajo normal a una temperatura entre -40°C hasta 88°C . Esto es confiable debido a que la temperatura máxima en esta máquina fue de 70°C , después de una hora de trabajo.

Los cilindros hidráulicos tienen una presión normal de operación de 3000 Psi, ofrecen una fuerza de 8,3 KN; permiten un alcance de excavación de 150 cm de profundidad, 200 cm de alcance y 30 cm de ancho.

Recomendaciones:

Se recomienda la instalación de un horómetro que funcione por vibración, con la finalidad de llevar un registro de las horas trabajadas, para realizar su respectivo mantenimiento y cambio de elementos como: filtro de aceite hidráulico, cebado del depósito, purgas del sistema y lavado del depósito.

Se recomienda implementar un sistema de autopropulsión a las ruedas, para el desplazamiento de la máquina, ofreciendo una mayor eficacia al momento de pasar de una a otra área de trabajo, así como también facilitar el transporte.

Se recomienda instalar una cabina para contrarrestar el ruido, polvo y otras situaciones que se presenten al momento de realizar un trabajo, ofreciendo comodidad al operador.

Se recomienda el diseño de un sistema e implementación de control de mandos electrónicos, con la finalidad de tener una mayor precisión, facilidad de operación, mayor velocidad y reducir el ruido.

Se recomienda el diseño, construcción e implementación de una mini pinza de demolición, con la finalidad de ofrecer nuevas aplicaciones al brazo hidráulico como: reciclaje, limpieza y manipulación de escombros y rocas.

Anexos



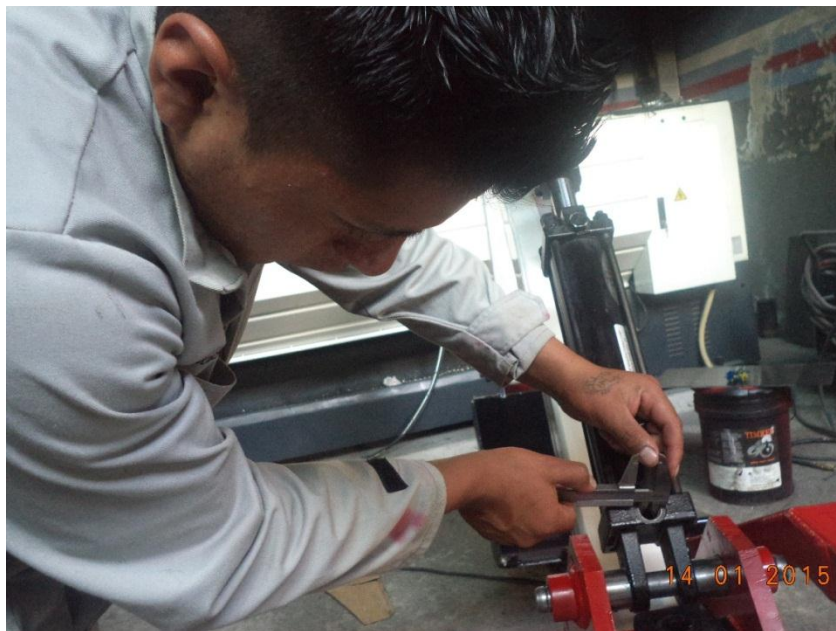
Montaje de los cilindros hidráulicos.



Montaje de los mandos mecánicos.



Cañerías de alta presión.



Toma de dimensiones para el pedido de neoplos.



Instalación de la válvula de control de presión.



Prueba de funcionamiento en Urcuquí.



Prueba de funcionamiento en Yahuarcocha.



Prueba de funcionamiento en la parroquia La Esperanza.



Socialización y pruebas de funcionamiento en la UTN.



Socialización y pruebas de funcionamiento en la UTN.

Bibliografía

- Antonio Creus solé. (2011). *Neumática e hidráulica*. Barcelona: Marcombo.
- Bastimec. (12 de 11 de 2014). Obtenido de www.bastimec.com
- Bombas ideal. (19 de Septiembre de 2012). *Bombas* . Recuperado el 20 de Enero de 2014, de datos tecnicos de hidráulica: <http://www.bombas-ideal.net/wp-content/uploads/2012/09/LIBRO-HIDRAULICA-D-160712.pdf>
- Budynas, R. G. (2009). Pandeo en bigas . En *Diseño en Ingeniería Mecánica* (págs. 45-46). México.
- Carlos, H. (24 de Agosto de 2004). *conceptos básicos de hidráulica*. Recuperado el 2014, de www.sapiensman.com
- CAT., M. (2014). Obtenido de <http://www.madisa.com/refaccion/aceite-cat-hydo-advance-10w>
- Czekaj, D. (2010). *Aplicación de la Ingeniería*. Roma: FAO.
- Groote, J. d. (1986). *Tecnología de Circuitos Hidráulicos*. Barcelona - España: CEAC.
- Harvey. (24 de Agosto de 2004). *conceptos básicos de hidráulica*. Recuperado el 2014, de www.sapiensman.com
- IES Villalba Hervás. (16 de Marzo de 2010). *Tecnología industrial 2*. Recuperado el 26 de Enero de 2014, de Hidráulica 1: <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/03/hidráulica.pdf>
- INACAP. (24 de AGOSTO de 2009). *Manual Hidráulica y Neumática*. Recuperado el 25 de FEBRERO de 2013, de Manual Hidráulica y Neumática: <http://es.scribd.com/doc/19023033/2/VENTAJAS-Y-DESVENTAJAS-DE-LA-HIDRÁULICA-Y-NEUMÁTICA>
- Industry, D. (Febrero de 2015). *Expo virtual*. Obtenido de http://www.directindustry.es/cat/valvulas-electrovalvulas/valvulas-antirretorno-W-1102-_8.html
- J. GIL SIERRA. (2007). Elementos hidráulicos en tractores y maquinaria agrícola. En J. G. SIERRA, *Elementos hidráulicos en tractores y maquinaria agrícola*. México: Mundi- Prensa.

- Josep, B. (2010). En B. Josep, *Oleohidráulica* (pág. 164).
- Maq, J. (2015). Obtenido de http://www.jardimmaq.com.br/MOTORES-ESTACIONARIOS/BRIGGS-STRATTON/GASOLINA/HORIZONTAL/motor-estacionario-35-hp-briggs-stratton-intek-pro___246139-SIT.html
- Michael, J. (2011). En *hidrodinámica* (págs. 11-12). Madrid.
- MOTT, R. L. (2006). Pérdidas de carga en flujo laminar. En R. L. MOTT, *Mecánica de Fluidos* (págs. 233-234). México: PabloG.
- PECORARI, M. (23 de Abril de 2013). *Los Por Qué*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de <http://www.losporque.com/interes-general/que-tipos-de-excavadoras-existen-palas-mecánicas-excavadoras-con-cuchara-retroexcavadoras.html>
- sa. (s.f.). Obtenido de hhh:sdashdojao
- Sergio, V. (2012). Obtenido de Área mecánica: www.areamecanica.wordpress.com
- SIERRA, J. G. (2007). Recuperado el 2014
- Solé, A. C. (2001).
- Viloria, J. R. (2005). Potencia hidráulica. En *Fórmulas y Datos Prácticos para Electricistas* (pág. 138). Madrid: Olga M^o Vicente Crespo.
- Viloria, J. R. (2009). Cálculo de Bombas. En J. R. Viloria, *Prontuario Básico de fluidos* (págs. 246-247). Madrid- España: CLM, S.L.
- Vizcaya, D. (20 de 09 de 2012). Obtenido de <https://prezi.com/a00s22drjeti/cilindros-de-doble-efecto/>
- widman international. (2013). Obtenido de Widman International SRL.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040122193-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ruano Pozo Jimmy Santiago		
DIRECCIÓN:	Ibarra – Sector los olivos		
EMAIL:	Jimmyjsrp2323@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062987577	TELÉFONO MÓVIL:	0999355122

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA EXCAVADORA PORTÁTIL, IMPULSADA POR UN MOTOR A GASOLINA”
AUTOR (ES):	Ruano Pozo Jimmy Santiago Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo
FECHA: AAAAMMDD	2015-05-06
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz.
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Miguel Ángel Aguirre

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ruano Pozo Jimmy Santiago, con cédula de identidad Nro. 040122193-2, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de Mayo del 2015

EL AUTOR:

Nombre:

(Firma).....

Nombre: **Ruano Pozo Jimmy Santiago**

C.I.: 040122193-2

Facultado por resolución de Consejo Universitario _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

4 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los

Yo, Ruano Pozo Jimmy Santiago, con cédula de identidad Nro. 040122193-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA EXCAVADORA PORTÁTIL, IMPULSADA POR UN MOTOR A GASOLINA", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

DIRECCIÓN:	Ibarra sector Cuinas del Sur		
EMAIL:	jortormal@gmail.es		
TELÉFONO FIJO:	TEL/FIJA	TELÉFONO MÓVIL:	TEL/MÓVIL

(Firma).....
Nombre: Ruano Pozo Jimmy Santiago
C.I.: 040122193-2

DATOS DE LA OBRA	
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA EXCAVADORA PORTÁTIL, IMPULSADA POR UN MOTOR A GASOLINA	
AUTOR (ES):	Maldonado Leonardo Christian Santiago Queja Cuzimán Carlos Alfredo

Ibarra, a los 6 días del mes de Mayo del 2014

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
MESOR/DIRECTOR:	Msc. Miruel Argón Aguirre



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040177605-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo		
DIRECCIÓN:	Ibarra- Sector Colinas del Sur		
EMAIL:	leontaimal@hotmail.es		
TELÉFONO FIJO:	062977964	TELÉFONO MÓVIL:	0939015170

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA EXCAVADORA PORTÁTIL, IMPULSADA POR UN MOTOR A GASOLINA"
AUTOR (ES):	Maldonado Lazo Cristian Santiago Quelal Cuaical Carlos Alfredo
FECHA: AAAAMMDD	2015-05-06
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz.
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Miguel Ángel Aguirre

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo, con cédula de identidad Nro. 040177605-9, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de Mayo del 2015

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

(Firma).....

Nombre: **Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo**

C.I.: 040177605-9

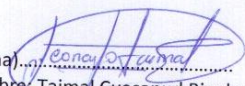
Facultado por resolución de Consejo Universitario _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo, con cédula de identidad Nro. 040177605-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA EXCAVADORA PORTÁTIL, IMPULSADA POR UN MOTOR A GASOLINA, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....
Nombre: Taimal Cuasapud Rigoberto Leonardo
C.I.: 040177605-9

Ibarra, a los 6 días del mes de Mayo del 2015

