



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA DE FABRICACIÓN
DE HERRAMIENTAS OLEOHIDRAULICAS PARA TRABAJOS EN
LINEAS ELECTRICAS DE ALTA TENSION**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ALVARO ALEJANDRO ALARCON ORJIK

SANTIAGO DE CHILE

ENERO 2011



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA DE FABRICACIÓN
DE HERRAMIENTAS OLEOHIDRAULICAS PARA TRABAJOS EN
LINEAS ELECTRICAS DE ALTA TENSION**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ALVARO ALARCON ORJIK

PROFESOR GUIA
GERARDO DIAZ RODENAS

MIEMBROS DE LA COMISION
MARIA TERESA CORDOVEZ MELERO
ERIKA GUERRA ESCOBAR

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2011

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR : ALVARO ALARCON ORJIK
FECHA : 25-ENERO-2011
PROF. GUIA : SR. GERARDO DIAZ R.

PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA DE FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS OLEOHIDRAULICAS PARA TRABAJOS EN LINEAS ELECTRICAS DE ALTA TENSION

Para la instalación de los cables de alimentación eléctrica de alta tensión, se deben utilizar herramientas especiales que faciliten la tarea y le den seguridad al operador. Estos trabajos se realizan con frecuencia en altura.

Se detectó que estas herramientas normalmente son adaptadas usando otras diseñadas para otros efectos, y son generalmente de accionamiento manual.

Este trabajo permitió desarrollar el diseño de 3 herramientas específicas para trabajos en líneas eléctricas de alta tensión, con accionamiento hidráulico.

Se concluye que disponemos en Chile de la tecnología y capacidad para fabricar dispositivos hidráulicos pequeños de alta complejidad, que puedan ser elaborados con máquinas herramientas convencionales o CNC.

También se mostró que los costos de fabricación son razonables y competitivos con productos importados, aún con la desventaja de que el mercado es limitado y que un proyecto de fabricación de estos dispositivos es rentable en el mediano plazo.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa, Fely Hasan, a mis hijos Alvaro y Boris, a mis profesores guía Sres Gerardo Diaz, Sra Erika Guerra y Sra Maria Teresa Cordovez y a los Sres. Gustavo Berrios y Samuel Tillerías, de la Empresa de Ingeniería Eléctrica TECNET.

INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1.	Objetivo General.....	4
2.2.	Objetivos Específicos	4
3.	METODOLOGIA.....	5
4.	TRABAJOS Y HERRAMIENTAS REALIZADOS PARA LA MANTENCION Y REPARACION DE LINEAS ELECTRICAS	5
4.1.	Descripción de los pasos para realizar un empalme	7
4.2.	Equipos de protección personal e Impedimentos físicos	8
4.3.	Otros trabajos realizados para mantención y reparación	8
4.4.	Características que deben cumplir las herramientas	9
4.5.	Formas de energización o motorización.	10
4.5.1.	Herramientas Manuales.	10
4.5.2.	Energía Hidráulica.	12
4.5.3.	Energía Eléctrica.....	18
4.5.4.	Energía Neumática (Aire Comprimido).	18
5.	DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS.....	19
5.1.	Sistema Hidráulico del Hidroelevador.....	20
5.2.	Diseño y cálculos de las herramientas	26
5.2.1.	La dobladora de cables.	26
5.2.2.	Cálculo de la Fuerza para doblar el cable.	27
5.2.3.	Diseño del doblador de cables, (version I)	30
5.2.4.	Diseño del Doblador de cables, versión II.....	33
5.2.5.	Diseño de la Herramienta para quitar la envoltura de cables (pelacables).	35
5.2.6.	Cálculos del pelador de cables.....	37
5.2.7.	Fuerza de compresión del resorte.	41
5.2.8.	Aspectos constructivos de la peladora de cables	48
5.2.9.	Cortadora de ramas hasta de tres pulgadas y cables.	52
6.	ANALISIS ECONOMICO.....	55
6.1.	Costos de Fabricación de las diferentes herramientas	55
6.1.1.	Antecedentes.....	55
6.1.2.	Costos de fabricación de DOBLADORA I.....	56
6.1.3.	Costos de fabricación de DOBLADORA II.....	57
6.1.4.	Costo de fabricación de PELADORA DE CABLES.....	58
6.1.5.	Costo de fabricación de CORTADORA DE RAMAS	59
6.2.	El mercado de herramientas hidráulicas	60
6.2.1.	Mercado para herramientas de acuerdo a la cantidad de equipos hidroelevadores para servicios eléctricos en líneas vivas.....	61
6.2.2.	Evaluación Económica del Proyecto.	62
7.	CONCLUSIONES.....	65
8.	BIBLIOGRAFÍA	66

1. INTRODUCCION

La preocupación por la calidad de vida laboral es un aspecto de las condiciones del trabajo cada vez más importante en las entidades en que un grupo de personas deben estar presentes en un lugar determinado en un horario determinado, para desarrollar un trabajo.

La creación y ambientación de lugares de trabajo, que hagan mas amena y llevadera la jornada diaria, la mejora de las relaciones entre jefes y subalternos y entre personal del mismo nivel, la introducción de actividades de relajación, son acciones muy recurridas con el fin de mejorar la calidad de vida del personal.

La experiencia muestra que los resultados de estos programas son, por lo general, mayor rendimiento, mayor calidad de la producción, menos ausentismo laboral, todo lo cual se ve reflejado en mayores utilidades para las empresas.

El mismo propósito lleva el mejorar las condiciones ambientales de trabajo; las mejoras en condiciones de seguridad, en que la confianza en que se retornara al hogar, cada día, sano y salvo, disminuyen el estrés de realizar la labor diaria; la entrega al personal de mejores equipos y herramientas para poder realizar su tarea con menor esfuerzo y menor desgaste físico, retorna en mayor disponibilidad de horas útiles para el trabajo, mayor número de contratos atendidos y mayor utilidad.

Un caso especial es el trabajo que desarrollan los especialistas en armado y reparaciones de las líneas eléctricas de alta tensión, en que se presentan condiciones con fuerte presión sobre la estabilidad emocional y física del operador:

Normalmente el trabajo se realiza en altura. El operador llega al punto de trabajo en una plataforma elevable, que es un canastilla de reducidas dimensiones, tamaño suficiente solo para una persona, de pie, colocada en la punta de una pluma hidráulica, de fibra de vidrio, aislada eléctricamente para un voltaje de sobre 50 000 Voltios.

La confección de la pluma, en este material le da alta flexibilidad, por esto la barquilla oscila con el viento o con los movimientos del operador.

El trabajo se realiza con líneas vivas, esto es, no se desenergizan las líneas para efectuar empalmes o reparaciones. El operador a veces esta trabajando muy cercano a dos líneas entre las cuales esta presente el alto voltaje. Un error cualquiera le puede significar soportar una descarga eléctrica fatal.



Figura 1. Trabajo en líneas eléctricas de alta tensión en altura

La Empresa Tecnología Eléctrica SA, se dedica exclusivamente a la instalación, mantención y reparación de líneas de alta tensión y empalmes. Esta empresa, cuenta con veinte y siete equipos o grupos de trabajo, dedicados al servicio de instalaciones y reparaciones de tendidos eléctricos de alta tensión, con líneas vivas.

Los equipos y los elementos accesorios necesarios para realizar el trabajo, son de alto valor, sobre ciento cincuenta millones de pesos, cada uno, por lo que no se puede disponer de un número significativo de unidades en cada área. Es también deseable que cada equipo, pueda realizar el mayor número de contratos por jornada de trabajo, ayudados por la alta movilidad de los mismos.

La condición física y anímica de los operadores es importante.



Figura 2. Otros ejemplos de trabajo en líneas eléctricas de alta tensión

Aunque en cada equipo hay normalmente dos operadores, siempre hay uno de alta experiencia y el otro esta, prácticamente, en formación. La inhabilitación del operador principal, por accidente, malestar físico o cansancio, implica infaliblemente una baja en rendimiento de la unidad.

Es interés de la empresa dotar a los grupos de trabajo de herramientas, que hagan mas liviano el trabajo de las unidades de la división Líneas Vivas, poniendo énfasis en equipamientos que ayuden en las operaciones de doblado, pelado y corte de cables y la poda de ramas gruesas.

La búsqueda en el mercado local y de importación, ha revelado que no existe una oferta adecuada de herramientas adecuadas a estas labores, las, que razones que indicamos mas adelante, deben ser muy especializadas. Esto último, sería la explicación del bajo interés que existiría en desarrollarlas con fines comerciales.

Es posible encontrar herramientas accionadas a mano, las que, en general, requieren alto esfuerzo físico o son incómodas de operar en el espacio de la canastilla. Serán descritas al analizar cada herramienta en particular.

En un intento por ayudar a resolver este problema, se pretende desarrollar un grupo de herramientas portátiles, energizadas, para las tres operaciones indicadas: doblar cable, pelar cable, cortar cables y ramas.

El presente trabajo nace con la necesidad de investigar el mercado de las herramientas manuales especiales utilizadas en los trabajos de instalación de empalmes de líneas eléctricas de alta tensión y realizar una evaluación técnica y económica de fabricar en Chile estas herramientas, específicamente diseñadas para facilitar y hacer mas seguro el trabajo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Hacer un análisis de prefactibilidad Técnico-Económica para fabricar herramientas especiales para trabajos en líneas eléctricas de alta tensión.

2.2. Objetivos Específicos

Estudiar el trabajo de reparación e instalación de líneas eléctricas de alta tensión, para identificar los riesgos del operador, la necesidad de equipos especiales, y las herramientas que se utilizan normalmente.

Investigar la oferta de herramientas específicamente diseñadas para el trabajo en líneas de alta tensión.

Idear, proyectar, diseñar y construir un grupo de 3 herramientas hidráulicas (como prototipos), para uso en trabajo de reparación o instalación de líneas eléctricas de alta tensión, en altura.

Evaluar técnica y económicamente, la producción de las estas herramientas con la intención de fabricarlas y venderlas en Chile.

3. METODOLOGIA

Para imaginar el tipo de herramientas que se necesitan, se revisarán primero los trabajos y actividades que se ejecutan normalmente durante las labores de mantención, reparación e instalación de líneas eléctricas de alta tensión. Se pondrá especial atención en la manera de realizar los trabajos por los operadores para detectar las condiciones de riesgo a la que están expuestos.

A fin de conocer el tipo de herramientas que se usan en estas tareas, se revisará la oferta de este tipo de elementos que hay en el mercado, para analizar sus ventajas y desventajas. Esto permitirá generar un diseño que se adapte mejor a la forma de trabajo y condiciones en Chile.

Con los antecedentes reunidos, se fabricarán prototipos de 3 herramientas especialmente diseñadas, para someterlas a pruebas de operación y verificar que cumplen las condiciones. Se evaluará la factibilidad técnica de fabricar estas herramientas en forma industrial y con la tecnología disponible.

Se estimarán y escalarán los costos de fabricación de las herramientas, para una producción industrial y se realizará una evaluación de prefactibilidad económica para fabricar y comercializar en Chile las herramientas diseñadas.

4. TRABAJOS Y HERRAMIENTAS REALIZADOS PARA LA MANTENCION Y REPARACION DE LINEAS ELECTRICAS

La energía eléctrica se transporta por líneas de alta tensión, para alimentar los grandes consumos. La instalación, reparación y

conexión de estas líneas, es un trabajo muy especializado pero de gran demanda hoy en día.

Uno de los trabajos más frecuentes y en el cual se manifiestan con mayor grado los requerimientos físicos sobre los operadores es el de instalación de empalmes.

En él, se necesita realizar la unión de un cable conductor a la línea de transmisión, de alta tensión, sin desenergizar la línea.

Para realizar estas uniones, se emplean prensas o grampas, que se instalan manualmente para mantener juntos los cables de manera que exista contacto. El largo del cable que debe estar en contacto, asegura una buena conducción eléctrica.



Figura 3. Empalmes eléctricos en una línea de alta tensión

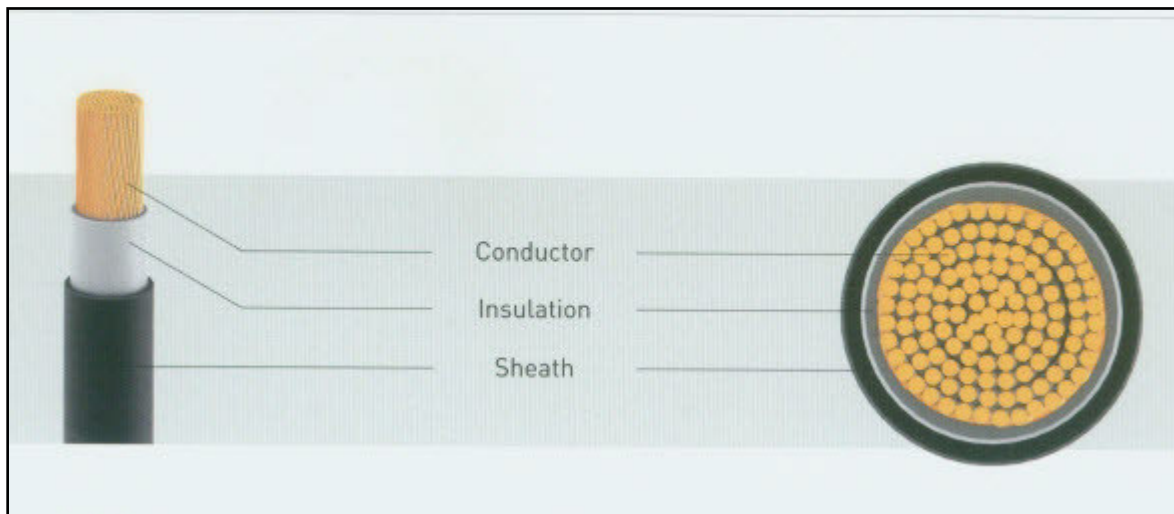


Figura 4. Cable eléctrico de alta tensión

4.1. Descripción de los pasos para realizar un empalme

- a).- Doblar un cable de aluminio o cobre, de hasta 30 mm de diámetro, recubierto por una envoltura de cloruro de polivinilo (PVC) de cinco milímetros de espesor, de por sí un material duro, formando una U de entre cinco y diez centímetros de separación entre los dos brazos., tal de poder ser introducida en las grampas o prensas de fijación. El doblado se realiza a mano, ayudándose con el cuello o apoyando el cable en alguna estructura firme, el poste o el borde de la barquilla. Son frecuentes los desgarros musculares.
- b).- Quitar la cubierta (pelar) una longitud apropiada de los dos cables a unir, 10 a 20 centímetros, para realizar una unión suficientemente conductora de electricidad.
- c).- Cortar el cable, para completar la unión y eliminar los excesos, que normalmente se realiza con un corta cables manual, que recibe el nombre de “napoleón”, de brazos de 70 a 80 centímetros de largo, incomodo de manejar en la posición indicada. Son herramientas metálicas y, por lo tanto, conductoras de electricidad.

4.2. Equipos de protección personal e Impedimentos físicos

De acuerdo a las estrictas normas de seguridad que imperan en este tipo de trabajo, el operador debe vestir un traje no combustible, a prueba de llama, muy poco flexible, y sobre él, un peto o escudo, de material plástico, aislante eléctricamente, con constante dieléctrica sobre 50 000 voltios, una mascara de similar material y guantes de triple capa, que dejan muy poca libertad de movimientos en los dedos y manos en general.

Las herramientas deben permitir que el operador pueda manejarlas en esas condiciones.



Figura 5. Equipo de seguridad que deben emplear los operadores

4.3. Otros trabajos realizados para mantención y reparación

Además de los trabajos de empalmes, es frecuente el trabajo de podas. Consiste en cortar ramas de árboles que están en contacto con o ponen en peligro las líneas por la posibilidad de que se quiebren con el viento y caigan sobre ellas.



Figura 6. Trabajo de poda de ramas de árboles

Generalmente, se cortan a mano, usando tijeras normales de podar, para las ramas de poco diámetro, o con motosierra, de motor a gasolina o hidráulico, para las ramas más grandes. Normalmente, al cortar estas ramas, el operador debe sujetarlas para que no caigan sobre la línea o sobre partes delicadas de la maquina.

4.4. Características que deben cumplir las herramientas

A fin de que las herramientas cumplan con el objetivo propuesto deben reunir varias condiciones, algunas de ellas únicas para este tipo de problema operacional.

a.- Deben ser pequeñas, teniendo en consideración el espacio de trabajo reducido, la reducida libertad de movimiento del operador por la protección personal y la necesidad de trabajar entre líneas vivas, con alto voltaje.

b.- Deben ser livianas, para ser operadas con sólo una mano, ya que muchas veces es necesario sujetar el cable o rama, con la otra mano.

c.- No obstante lo pequeñas o livianas, deben ser potentes. El trabajo de doblar un cable de treinta milímetros requiere un esfuerzo de alrededor de ochocientos kilos-fuerza.

d.- Deben ser sencillas y fáciles de usar, sobre todo con el impedimento que significa el guante de protección, el que, incluso, no permite doblar completamente los dedos y cerrar la mano.

e.- No debe tener partes sueltas, que puedan caerse al abrir la herramienta para el proceso normal, de doblado o pelado de cables.

4.5. Formas de energización o motorización.

La manera de energizar las herramientas es importante, ya que existen varias formas de hacerlo, con ventajas y desventajas.

4.5.1. Herramientas Manuales.

Siendo las más comunes, existen herramientas manuales para todas las aplicaciones que hemos indicado, algunas ya en uso por parte de la Empresa.

La dobladora más usada tiene la forma de una tenaza, con dos brazos de 70 a 90 centímetros de largo. En el extremo de la tenaza, dos formas semicilíndricas toman el cable y giran en torno a un eje, en ángulo de 90°, arrastrándolo y deformándolo, para formar la curva



Figura 7. Dobladora manual de cables y tubos

en forma de U, en 180°. El largo de los brazos es el inconveniente, además que, de todas maneras, se debe hacer un esfuerzo superior a 50 kilogramos-fuerza para doblar en U el cable de 30 milímetros.

(A pesar de los inconvenientes del sistema, hemos tomado el principio de doblado, de esta herramienta, para alguno de nuestros diseños).

La peladora de cables (herramienta para quitar parte de la capa aisladora) manual, consta de una mordaza ajustable, que se adapta al cable, la que, a su vez, arrastra una herramienta de corte normal de máquina herramienta, afilada de forma especial, tanto en perfil como en ángulo. La mordaza se hace girar en torno al cable, con lo que la herramienta se entierra en la envoltura, cortando una tira de entre seis y ocho milímetros de ancho, de la envoltura, en forma espiral. Una palanca corta ayuda a arrastrar la mordaza con la herramienta de corte. Se requiere un esfuerzo de entre diez y quince kilos-fuerza para hacer la operación, con trabajo de todos los músculos del brazo y mano.



Figura 8. Peladora de cable manual

Las herramientas de poda son tijeras de uso normal en agricultura, tanto la común, de brazos cortos, operable con una mano, como el tijerón, de brazos largos, cincuenta centímetros o mas, que necesita ambas manos, con esfuerzo de veinte a treinta

kilos.fuerza. Para ramas de diámetro mayor a veinticinco milímetros, ya se debe emplear serruchos de poda o motosierras.



Figura 10. Distintos tipos de herramientas manuales para poda

4.5.2. Energía Hidráulica.

La energía hidráulica se presenta como una poderosa alternativa para energizar las herramientas que se desea diseñar, por las siguientes razones :

a.- Hay energía hidráulica disponible en la canastilla de la unidad hidroelevadora, en conexiones tipo boquillas a las que se puede conectar la herramienta y válvula direccional que controla la herramienta.

b.- La energía hidráulica permite, con pequeños volúmenes de fluido hidráulico, realizar grandes esfuerzos. Esta característica permite construir máquinas pequeñas, lo suficientemente potentes.

c.- La energía hidráulica es segura. En caso de roturas de mangueras u otros, lo que ocurre es un escurrimiento no expansivo de fluido, que ocasionara molestias, pero no daño físico.

Hay en el mercado herramientas hidráulicas, que cumplen la función, pero que no están diseñadas para esta aplicación específica. Algunos ejemplos son:

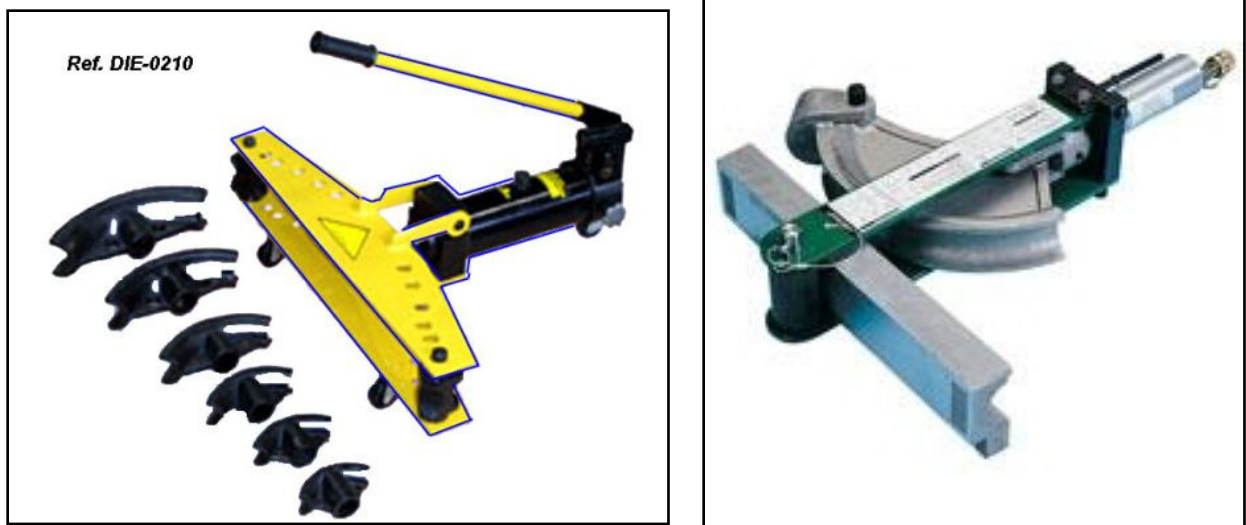


Figura 11. Dobladoras hidráulicas de tubos

Las dobladoras de tubos pueden usarse para cables, pero aunque existen algunos modelos suficientemente pequeños, no tienen válvulas de mando incorporadas. Esto es porque normalmente son alimentadas por bombas hidráulicas manuales, donde incorporan la válvula. No se pueden manejar con sólo un mano en consecuencia.

Existen tijeras de poda hidráulicas, para diámetros de ramas de hasta una pulgada, las tijeras de gran alcance, para diámetros hasta dos pulgadas y los tijerones simétricos (ambas hojas son iguales), para diámetros hasta cuatro pulgadas, que incorporan válvula de mando, excepto el tijerón simétrico.

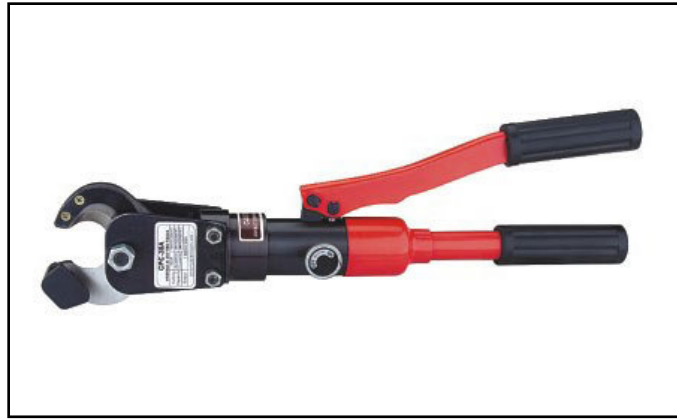


Figura 12. Tijera de poda hidráulica

Existen motosierras accionadas hidráulicamente. Cumplen con la función de cortar ramas gruesas, pero el operador debe usar las dos manos en la herramienta y la rama cae al suelo, poniendo en peligro al personal de tierra o a la máquina misma. Por la forma de utilización y la forma de disponibilidad de la energía, la herramienta se calienta por sobre 80°C en corto tiempo.



Figura 13. Herramienta motosierra hidráulica



Figura 14. Cortadora de rama hidráulica con bomba manual

Cuando el equipo tiene bomba hidráulica manual exige usar ambas manos en la bomba y no se podría sujetar la herramienta.

Una alternativa es la bomba de pié, que se acciona al pisarla, pero es incomoda en el espacio de la canastilla.

Si a estas herramientas se incorpora la válvula de mando convencional, ya se hacen muy voluminosas.

Un factor que juega en contra de la utilización de energía hidráulica es lo que podríamos llamar el factor de consumo.

En la máquina elevadora con canastillo estándar que posee la Empresa se dispone de energía a la forma de un caudal de 27 litros por minuto, a una presión máxima de 136 BAR.

La potencia disponible es:

$$W = \frac{Q_{(l/m)} \Delta P_{(BAR)}}{600\eta} \quad (001)$$

W = kilowatts

η = eficiencia total

reemplazando valores, y asumiendo una eficiencia de 0.9, resulta para la Potencia Disponible:

$$W = 6.8 \text{ [kilowatts].}$$

Pero la potencia realmente usada por una herramienta hidráulica es generalmente mucho menor, y se requiere por un período de tiempo muy corto, sobre todo en herramientas que trabajen con un pistón hidráulico, como es el doblado de cables.

El problema es la potencia que no se usa, la que será disipada en una válvula de seguridad y se transformará en calor : 6.8 kilowatts equivalen a 1.430 calorías por segundo, suficientes para elevar la temperatura de un tanque de aceite de cien litros en 20°C en diez minutos, según la capacidad de enfriamiento de los tanques de las unidades usadas.

Así, para el uso eficiente de la energía hidráulica se deberá desarrollar un sistema de interfase, que permitan pasar de un dispositivo con alta disponibilidad de energía a otro, con bajo y esporádico consumo de la misma.

El uso o no de una fuente de poder especial para las herramientas, depende de una consideración económico/practica.

- a) La maquina posee una fuente de poder, que, en su condición utilizable para las herramientas, entrega un caudal de 80 litros por minuto a una presión de 180 BAR (2 300 PSI). Esto es 20 KW.
- b) La herramienta consume un parte ínfima de esta energía.
- c) La energía que no se usa, se disipa en la válvula de seguridad a la forma de calor.
- d) La presión hidráulica máxima debe ser reducida para ser usable en la herramienta, lo que, de todas maneras, obliga a un dispositivo o válvula de control, que no esta en la maquina.
- e) La fuente de poder para las herramientas, que parece con más viabilidad, seria un acumulador hidráulico, que guarda un volumen de fluido a alta presión y lo entrega gradualmente al sistema, a medida que se necesita.

- f) Este acumulador es cargado por el sistema de la maquina, que funciona solo el tiempo necesario para llenarlo. Incorpora la válvula reductora de presión
- g) El dispositivo es caro, sin embargo, hay razones que justificarían su aplicación:
 - Si no existe, se debe instalar una placa de conexiones, como interconexión, de mangueras de pequeño diámetro y flexibles (6 a 10 mm) , a conectores rápidos o mangueras de mayor tamaño (25 mm).
 - Además de la placa de interconexión, se debería agregar una válvula reductora de presión, la que necesita una línea adicional de drenaje. (Esto complica la confección de la placa de conexiones, ya que la maquina tiene solo dos conexiones disponibles).

Además de lo anterior, se debe considerar que, de no existir la fuente de poder, se deberá mantener el motor del camión funcionando en régimen acelerado de 1 300 RPM, todo el tiempo que se estén utilizando herramientas hidráulicas, con el consiguiente mayor gasto en combustibles y desgaste del motor.

Un factor en contra de la utilización de esta fuente de poder hidráulico adicional, es que deben interferir con el sistema hidráulico de la máquina.

En estricto rigor, se debería tener la autorización de la fábrica de los hidroelevadores, para hacer modificaciones al circuito, especialmente cuando las características técnicas del equipo puedan ser revisadas para efectos de contratación de pólizas de seguros. En países como Estados Unidos de Norteamérica, esta condición es muy rigurosa.

Por esta razón, la fuente de poder hidráulica debe ser no intrusiva.

4.5.3. Energía Eléctrica

La energía eléctrica se descarta por sí sola.

Obligaría a llevar una línea eléctrica, conductora, a la canastilla de la unidad. Con esto, se pierde la característica fundamental de estos equipos, que es la aislación eléctrica de la canastilla.

Eventualmente, se puede analizar la posibilidad de colocar un pequeño generador eléctrico, accionado por un motor hidráulico, cerca de la canastilla, aunque siempre permanece la situación de tener conductores de electricidad, moviéndose en el entorno de línea eléctrica con alto voltaje entre ellas.

4.5.4. Energía Neumática (Aire Comprimido).

Las herramientas neumáticas son una alternativa viable, aunque presentan problemas difíciles de solucionar.

Normalmente, no se dispone de suministro de aire comprimido en la canastilla.

Para tenerlo, habría que instalar una línea, manguera o tubo, la que debería pasar por el interior de la pluma, junto con el paquete normal de mangueras hidráulicas.

La instalación exige sacar el paquete de mangueras, agregar la manguera de aire comprimido, si el espacio lo permite y volver a pasarlo por el interior de la pluma.

Se puede pensar en instalar un compresor de aire cerca de la canastilla, alimentado por motor hidráulico, sin embargo, es voluminoso y con un nivel de ruido alto, aunque se trate de silenciarlo. Esto aumenta el peso.

5. DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS.

En el diseño de las herramientas, es importante tener en consideración la fuente de energía que se usará, esto es, las características y modo de funcionamiento del circuito hidráulico de la máquina o hidroelevador.

Hay varios modelos de equipos hidroelevadores trabajando en el país, con el factor común de que todos usan energía óleo hidráulica para su funcionamiento.

En la mayor parte de ellos, hay un circuito especial para las herramientas, con caudal de fluido de alrededor de 25 litros por minuto, normalmente con presión hidráulica máxima disponible de 134 BAR (2000 PSI). Una válvula direccional o comando piloto, energizan la línea de herramientas, para hacer disponible esta energía en caudal y presión indicados, para el uso de las herramientas.

De usar esta disponibilidad, en la forma que se presenta, el sistema resultará poco eficiente, por lo que en una segunda parte, desarrollaremos una unidad de interfase, que permite el acoplamiento eficiente de las herramientas. Esto, por razones de garantías y seguridad, debe ser analizada con la fábrica de los hidroelevadores.

Para el desarrollo de las herramientas, se tomará como modelo el circuito hidráulico del elevador ALTEC modelo AN543, que es el equipo estándar que compone la flota de la Empresa.



Figura 15. Equipo elevador ALTEC modelo AN543

5.1. Sistema Hidráulico del Hidroelevador.

El hidroelevador ALTEC modelo AN543, es el más usado por los contratistas de servicios de ingeniería eléctrica en el país. (Aproximadamente el 80% de los hidroelevadores corresponden a este modelo).

Su sistema hidráulico cuenta con una bomba hidráulica de pistones axiales, de caudal variable compensada por presión y caudal o demanda. Cuando no hay demanda del sistema, indicada en la forma de una señal de presión, llamada “presión piloto”, la bomba disminuye su volumen o desplazamiento a un mínimo, solo lo necesario para mantener esta presión piloto disponible, ajustada a



Figura 16. Equipo Elevador

23.8 BAR (350 PSI). En esta condición no entrega un caudal apreciable.

Cuando se requiere efectuar un trabajo en el sistema, este entrega una señal piloto a la bomba, equivalente a la presión hidráulica requerida para efectuar este trabajo.

La bomba hidráulica, en respuesta a la señal, aumenta su volumen o desplazamiento, entregando su caudal máximo, contra la presión requerida por el trabajo a efectuar.

La distribución del caudal entregado por la bomba es efectuada por un bloque de válvulas, llamado “válvula de combinación”, que tiene tres funciones:

- * Bloqueo total del sistema, para transporte de la maquina.
- * Comando de subir los brazos de la pluma y girarla sobre su base, desde el grupo de válvulas direccionales inferior (en la base del hidroelevador).
- * Comando de las mismas operaciones, desde el comando remoto, el la barquilla del hidroelevador y operación del winche y herramientas desde la misma barquilla.

Para el comando desde el grupo de válvulas inferior, la válvula de combinación entrega una señal piloto constante, pero este grupo de válvulas direccionales es de centro cerrado, lo que significa que,

cuando no se esta efectuando algún movimiento, el caudal de la bomba es entregado a una línea bloqueada y la presión en el circuito se mantiene en su valor máximo.

Como la bomba es compensada por presión, además de por caudal, en este momento la entrega de la misma se reduce a prácticamente cero, mientras no haya demanda y el fluido alojado en las líneas de presión del sistema esta presurizado a 170 BAR (2 500 PSI). Cuando se acciona una válvula direccional cualquiera de las tres del sistema, el fluido es direccionado a uno de los cilindros o motor del sistema, la presión cae y la bomba aumenta su volumen o desplazamiento, entregando un caudal alto al sistema.

Para el comando desde la barquilla, comando remoto, se acciona una válvula de corte, mediante un gatillo, la cual envía la señal de carga a la bomba hidráulica, para energizarla y así entregar el caudal alto, con alta energía. Al mismo tiempo se acciona una de seis válvulas piloto, que envía una señal de presión al carrete de una de las válvulas direccionales, ordenando así un movimiento específico de la pluma del hidroelevador.

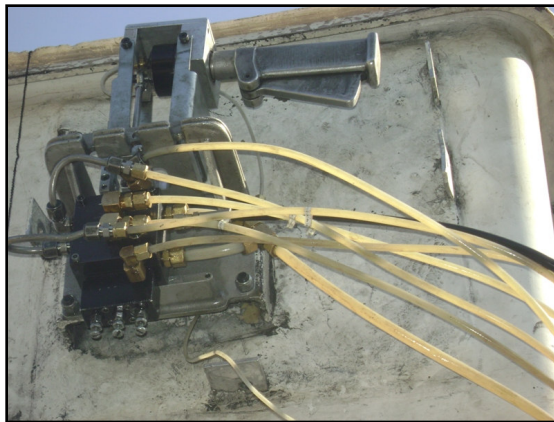


Figura 17. Válvula de comando remoto (notar el gatillo)

Para la alimentación de las herramientas, existe un tercer grupo de válvulas, que incluye los mandos del winche y un cilindro hidráulico extensor de la polea del winche, además de un mando que energiza la salida auxiliar para conectar herramientas hidráulicas.

Esta línea para herramientas dispone de una válvula reguladora de caudal, que ajusta el caudal entregado por la bomba, a 7.2 galones por minuto (28 litros por minuto), además de una válvula

reguladora de presión, que reduce la presión de la señal enviada a la bomba al valor de 1 650 PSI (112 BAR).

La válvula de compensación por volumen o carga, de la bomba hidráulica esta regulada para mantener una presión de espera, de 350 PSI (23 BAR), por lo que la bomba hidráulica podrá entregar el caudal regulado de 7.2 GPM (28 LPM), hasta la presión de 1 650 PSI + 350 PSI = 2 000 PSI(112 BAR + 23 BAR = 134 BAR)

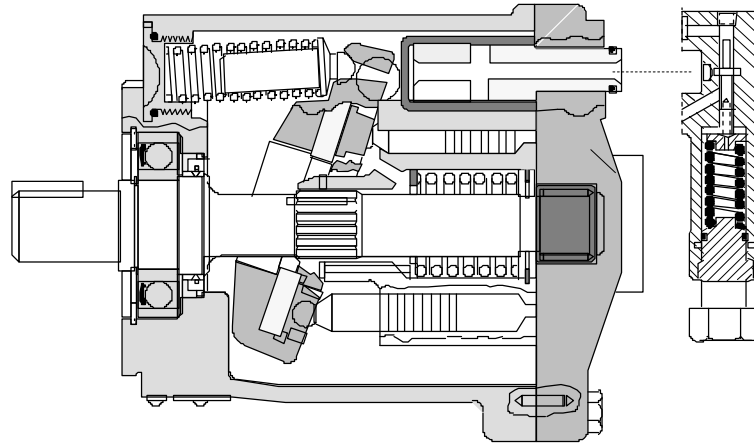


Figura 18. Bomba hidráulica de pistones axiales

La bomba hidráulica de pistones axiales esta constituida por nueve pistones cilíndricos, que en un extremo tiene una esfera o rotula, que esta calzada con una zapata de bronce. Los pistones labrados que están alojados en cavidades cilíndricas, con estrecha tolerancia, circularmente en un cuerpo cilíndrico o tambor, que gira alrededor de un eje central, arrastrando los pistones en un movimiento planetario, circular. Las zapatas están sujetas por una placa perforada, que las mantiene en contacto con una placa inclinable, hasta un ángulo máximo de 18 grados. Los pistones, además de su movimiento circular, adquieren un movimiento reciprocante en sus a la magnitud de la carrera de los pistones, depende del ángulo de inclinación de la placa de empuje. Mientras mayor sea el ángulo entre el plano de la placa de empuje y el plano perpendicular al eje, mayor será la carrera de el volumen entregado por la bomba en cada revolución del eje.

Este volumen es llamado el desplazamiento de la bomba hidráulica.

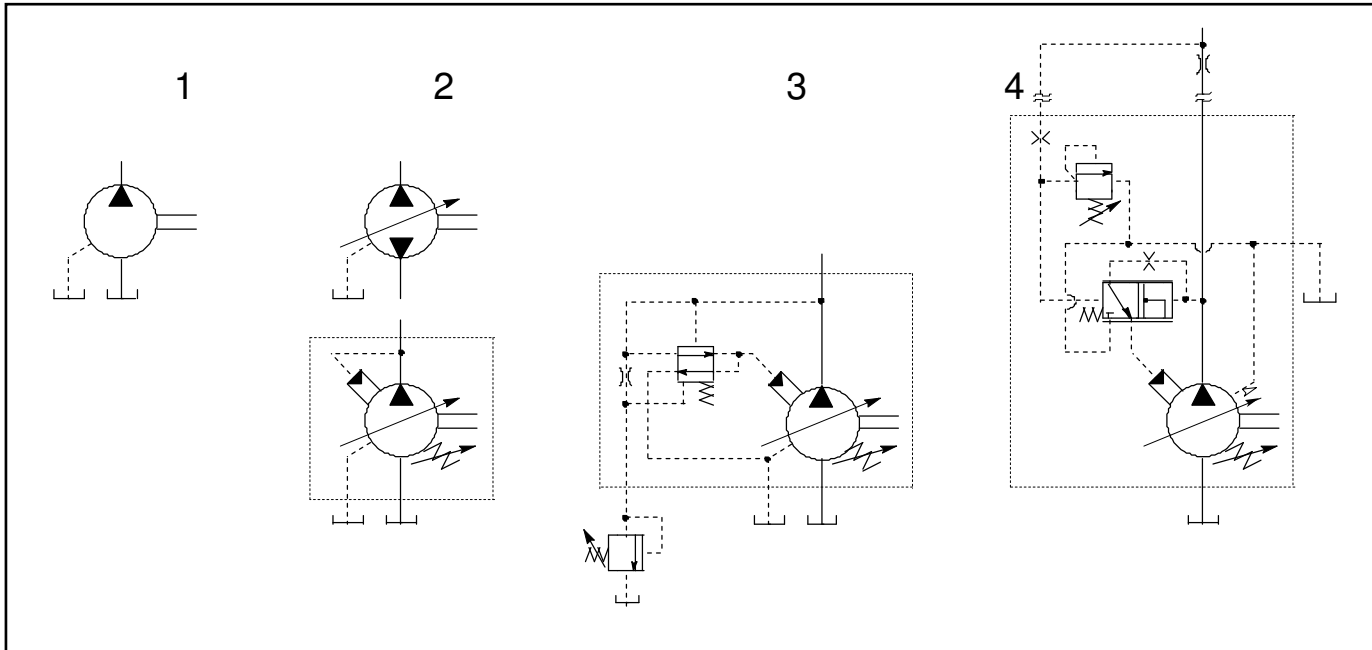


Figura 19. Diversas formas de control del desplazamiento de una bomba hidráulica de pistones. 1) Desplazamiento fijo; 2) Variable, compensada por presión; 3) Variable, servocontrolada; 4) Variable, compensada por presión y caudal (señal de carga)

El ángulo de la placa es limitado a 18 grados en prácticamente todos los diseños de este tipo de bombas hidráulicas

Este ángulo es gobernado por un servo pistón hidráulico, el que obedece la acción de una válvula, colocada en el exteriormente en la tapa de la bomba

Normalmente, existen dos tipos de control del desplazamiento de las bombas hidráulicas de caudal variable.

a) Compensación por presión.

La presión hidráulica en el sistema llega a la válvula de compensación en la tapa de la bomba. Ésta corresponde a una válvula secuencial (que es una de las variaciones de las válvulas de presión. Normalmente es un cono o vástago, cargado a resorte, que cierra el paso al fluido. Cuando la fuerza sobre el cono o vástago (producto de la presión aplicada sobre el área expuesta) vence la tensión del resorte, la válvula se abre, paulatinamente o totalmente,

según la presión, y el fluido pasa al conducto de salida, el cual, puede ser la línea de retorno a tanque, en el caso de las válvulas de alivio o limitadoras de presión, o al circuito siguiente, para cumplir una cierta función, que es el caso de las válvulas secuenciales.

El fluido que sobrepasa la válvula va a un servo pistón, en la bomba, el cual empuja la placa oscilante, en una magnitud que depende de la presión en el sistema, y rebaja el caudal entregado en consecuencia.

b) Compensación por caudal o señal de carga.

Se agrega una válvula de presión, muy similar a la anterior, pero con un resorte muy débil, tal que rebaja el caudal de la bomba, con una presión baja de alrededor de 22 BAR, llamada presión de espera. Al requerirse trabajo en el sistema, se envía una señal a la bomba, a la forma de una señal de presión (piloto), igual a la presión de trabajo del sistema, necesaria para vencer la carga impuesta en ese momento.

La fuerza producida por la acción de la presión sobre la cara de la válvula, se suma a la fuerza del resorte y la bomba ahora puede entregar su caudal completo contra una presión similar a la de trabajo mas la presión de espera.

Cuando se acciona cualquiera de las válvulas del sistema de herramientas, una señal piloto de 112 BAR es entregada al circuito de compensación por caudal de la bomba. Así, ésta se energiza y es capaz de entregar un volumen de 7.2 GPM (27,9 litros por minuto) contra una presión de $112 + 22 = 134$ BAR (2 000 PSI).

Lo mismo, cuando se acciona la válvula de activación de las herramientas exteriores, la bomba hidráulica permanece entregando su caudal máximo, contra la presión a la presión indicada. Mientras no se este utilizando alguna herramienta, este caudal se descarga a través de la válvula de alivio, perdiendo aquí su energía potencial, que se transforma a calor.

Esta energía perdida o transformada a calor es importante, porque rápidamente puede elevar la temperatura de las líneas, conectores o herramientas al punto que pueda causar quemaduras en las manos al operador.

5.2. Diseño y cálculos de las herramientas

5.2.1. La dobladora de cables.

Las formas mas comunes de doblado, sea de tubos o cables con envoltura tubular, en frío, son doblado por prensado o doblado por conformación rotativa.

En el doblado por prensado, una matriz, con la forma y curva de la pieza doblada, es empujada contra el tubo o cable, que es apoyado en dos moldes o topes y obligándolo a tomar la forma de esta matriz.

En el doblado por conformación rotacional, se usan dos matrices. Una, la formadora, tiene la forma a la que será doblado el material, la otra, la contraparte, empuja el material contra la formadora, mientras viaja a lo largo de la forma, en un movimiento rotacional.

En base a este método de conformación rotacional, se ha desarrollado la dobladora hidráulica Greenlee, que habría podido aplicarse aquí.

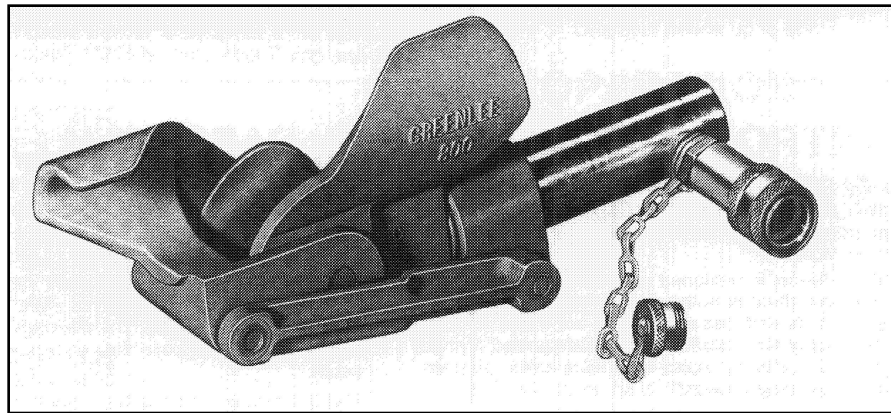


Figura 20. Dobladora Hidráulica Greenlee.

Sin embargo, se descartó esta herramienta, por el elevado precio de venta en el mercado norteamericano (1.400 hasta 1.800 dólares norteamericanos) y por no tener válvulas de mando, necesitando una bomba manual, para funcionar.

Se desarrollarán 2 diseños, para comparar sus resultados.

En el primer diseño, hemos optado por el método de prensado, con la variación de que el cable es doblado por dos formas, imitando el movimiento de las manos y apoyándolo en una matriz, con la forma del cable y la curvatura del radio mínimo que se quiere lograr en el doblado.

5.2.2. Cálculo de la Fuerza para doblar el cable.

Mediciones practicas nos han indicado que el torque necesario para doblar un cable de 30 mm de diámetro, a 90° , es de aproximadamente de 30 kilogramos-fuerza-metros, equivalente a 294 Newton-metro. Sin embargo, el torque necesario es exponencial y para llegar a 180° se requieren aproximadamente 830 kilográmetros

El esfuerzo crítico de este diseño está en los pasadores por posición y por ángulo.

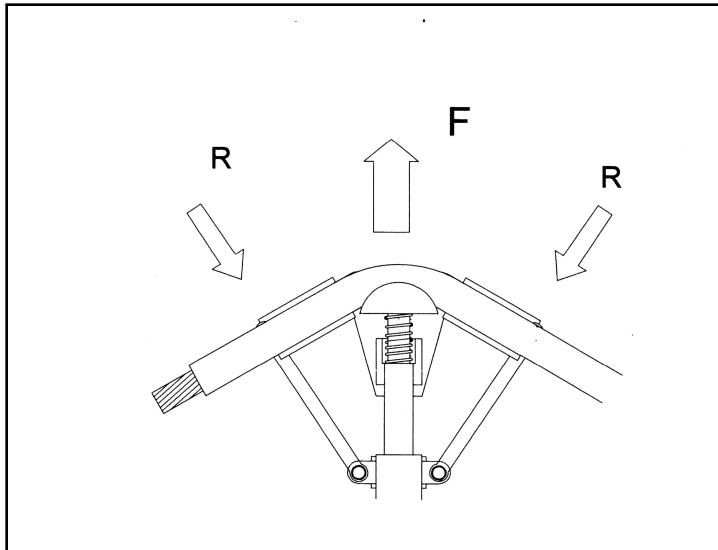


Figura 21. Fuerzas en el doblado

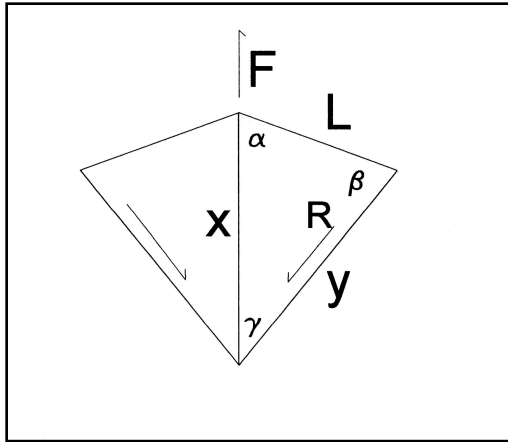


Figura 22. Representación de fuerzas y ángulos en el doblado

Del bosquejo anterior, las relaciones son

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

$$L^2 = x^2 + y^2 - 2xy \cos \gamma$$

$$\frac{y}{\text{sen } \alpha} = \frac{L}{\text{sen } \gamma} = \frac{x}{\text{sen } \beta}$$

$$y = \frac{L \text{sen } \alpha}{\text{sen } \gamma}$$

$$L = \frac{x \text{sen } \gamma}{\text{sen } \beta}$$

$$x = L \cos \alpha + y \cos \gamma$$

$$x = \frac{L(\cos \alpha \text{sen } \gamma + \text{sen } \alpha \cos \gamma)}{\text{sen } \gamma}$$

$$\text{sen } \beta = \cos \alpha \text{sen } \gamma + \text{sen } \alpha \cos \gamma$$

Del diseño, las dimensiones son:

L (Largo de palanca del brazo doblador) 92 mm.

y (Largo de la barra tensora) 145 mm.

α = ángulo de doblado

El ángulo de doblado que buscamos es $90^\circ - \alpha$

Del esquema, tenemos

$$F = 2R \cos \gamma$$

R lo obtuvimos tentativamente, con dinamómetro, midiendo el torque necesario para doblar un cable de 30 mm de diámetro en un Angulo de 90° , resultando igual a 30 kilogrametros.

$$R = P \cos(90 - \beta)$$

$$R = P \operatorname{sen} \beta$$

$$R = \frac{30000}{L \operatorname{sen} \beta} \quad 005$$

En la planilla adjunta, indicamos los resultados para distintas magnitudes del ángulo α .

Angulo Alpha	seno (Alpha)	Angulo Gamma	Angulo Beta	X (mm)	R (kg)	F (kg)
0 °	0,0000	0,00 °	180,00 °	---	---	---
5 °	0,0872	3,12 °	171,88 °	1.296,91	424,65	848,05
10 °	0,1736	6,23 °	163,77 °	1.287,68	214,67	426,80
15 °	0,2588	9,31 °	155,69 °	1.272,43	145,75	287,66
20 °	0,3420	12,34 °	147,66 °	1.251,35	112,15	219,12
25 °	0,4226	15,32 °	139,68 °	1.224,74	92,74	178,89
30 °	0,5000	18,21 °	131,79 °	1.192,95	80,47	152,89
35 °	0,5736	21,01 °	123,99 °	1.156,40	72,37	135,11
40 °	0,6428	23,69 °	116,31 °	1.115,62	66,94	122,59
45 °	0,7071	26,23 °	108,77 °	1.071,19	63,37	113,69
50 °	0,7660	28,61 °	101,39 °	1.023,74	61,21	107,47
55 °	0,8192	30,80 °	94,20 °	973,99	60,16	103,36
60 °	0,8660	32,77 °	87,23 °	922,68	60,07	101,02
65 °	0,9063	34,50 °	80,50 °	870,59	60,83	100,27
70 °	0,9397	35,97 °	74,03 °	818,50	62,41	101,02
75 °	0,9659	37,14 °	67,86 °	767,18	64,77	103,28
80 °	0,9848	37,99 °	62,01 °	717,33	67,95	107,10
85 °	0,9962	38,51 °	56,49 °	669,60	71,96	112,62
90 °	1,0000	38,68 °	51,32 °	624,50	76,86	120,00
La fuerza maxima para llegar a 45° es 114 kg. .						

Cuadro 1. Determinación de la Fuerza de doblado en función del ángulo

5.2.3. Diseño del doblador de cables, (version I)

Algunos detalles importantes en el diseño del doblador de cables I, son la forma de introducir el cable y la operación de la válvula de mando.

a).- Colocación del cable

Al agregar una guía de preforma, que atrapa el cable para evitar su deformación y quiebre al doblarse, impide colocar el cable en las matrices de doblado.

Se agregó un soporte de la preforma, que puede correr 10 milímetros en el vástago del cilindro hidráulico, cargado a resorte. En la retracción del pistón y vástago, el resorte retrae la preforma, dejando las matrices ligeramente extendidas. Así, queda un espacio de 10 milímetros, que permite colocar el cable sin impedimento.

Al extender el pistón y vástago, para doblar el cable, lo primero es el avance de la preforma, para tomar el cable antes de doblar.

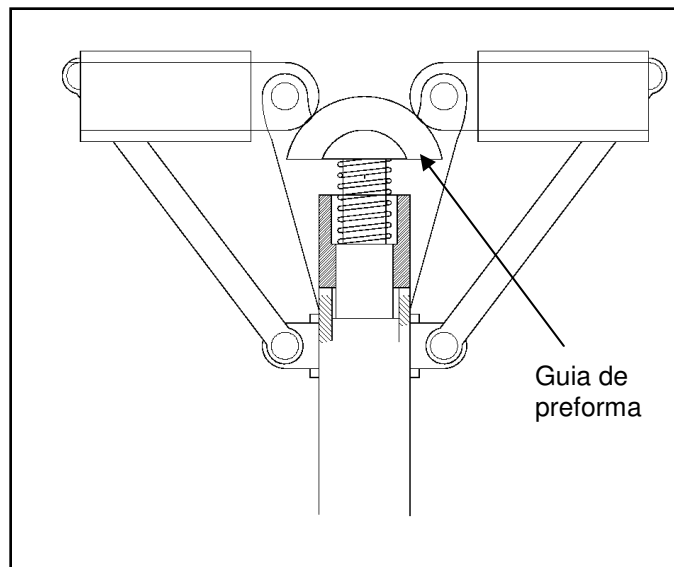


Figura 23.- Cabezal del doblador, versión I

El resorte mantiene las matrices oprimida contra el cable, haciendo que la preforma sólo se apoye en él. De esta manera sólo contribuye a evitar deformación y no al trabajo de doblado, el cual es hecho sólo por las matrices.

Al retraer completamente el cilindro, el resorte se comprime y la preforma baja en relación al soporte de las matrices.

b).- La válvula de mando

Por el hecho de que el doblador debe operarse con sólo una mano, manteniendo amplio control sobre la magnitud del doblado, la válvula juega una función importante.

Se eligió una disposición tipo cartridge, atornillable a un cuerpo perforado y roscado, incluido en el mango de la herramienta.

(La construcción de válvulas hidráulicas en esta forma, permite que los intrincados pasos de éstas, sean simplificados y éstas sean construidas con torno convencional o CNC.)

Además, el proceso de torneado es totalmente equilibrado, con la pieza perfectamente centrada. Por ello es posible confeccionar las piezas con mayor dedicación a la forma y terminación, con superficies pulidas, libre de aristas, tal que resultan con mejores coeficientes de conductividad hidráulica, capaces de manejar mayores caudales que la válvulas construida de la forma convencional, en base a cuerpos fundidos, labrados posteriormente con máquina herramienta.

Este sistema también permite colocar varios cartridge en un solo cuerpo, de manera de cumplir varias funciones en poco espacio.

(El circuito hidráulico del hidroelevador ALTEC está diseñado usando este sistema en la mayor parte de sus componentes).

Como el operador debe doblar el cable, detener el proceso para ver el resultado, continuar si ha sido insuficiente, comprobar nuevamente y así, continuar hasta completar el proceso, es conveniente que, cuando detenga la acción, la herramienta permanezca en la última posición y no se devuelva.

Se diseñó la válvula con tres posiciones.

En la primera, o de reposo, los tres pasos, de presión, de retorno y de paso a cilindro, permanecen cerrados.

En la segunda posición, al oprimir el gatillo, la válvula comunica la línea de tanque a la línea de cilindro. El pistón avanza y dobla el cable.

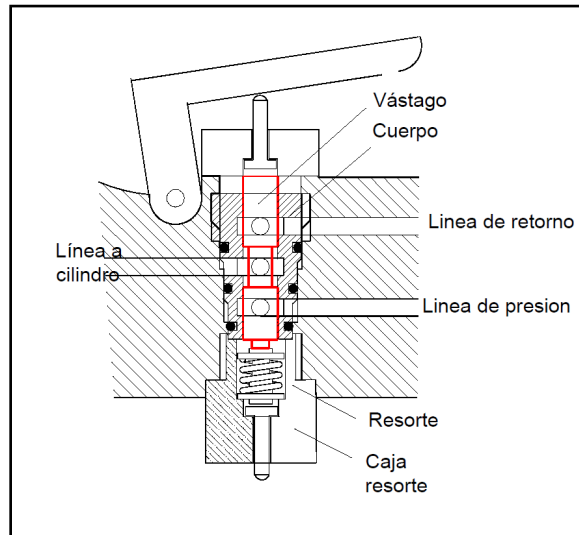
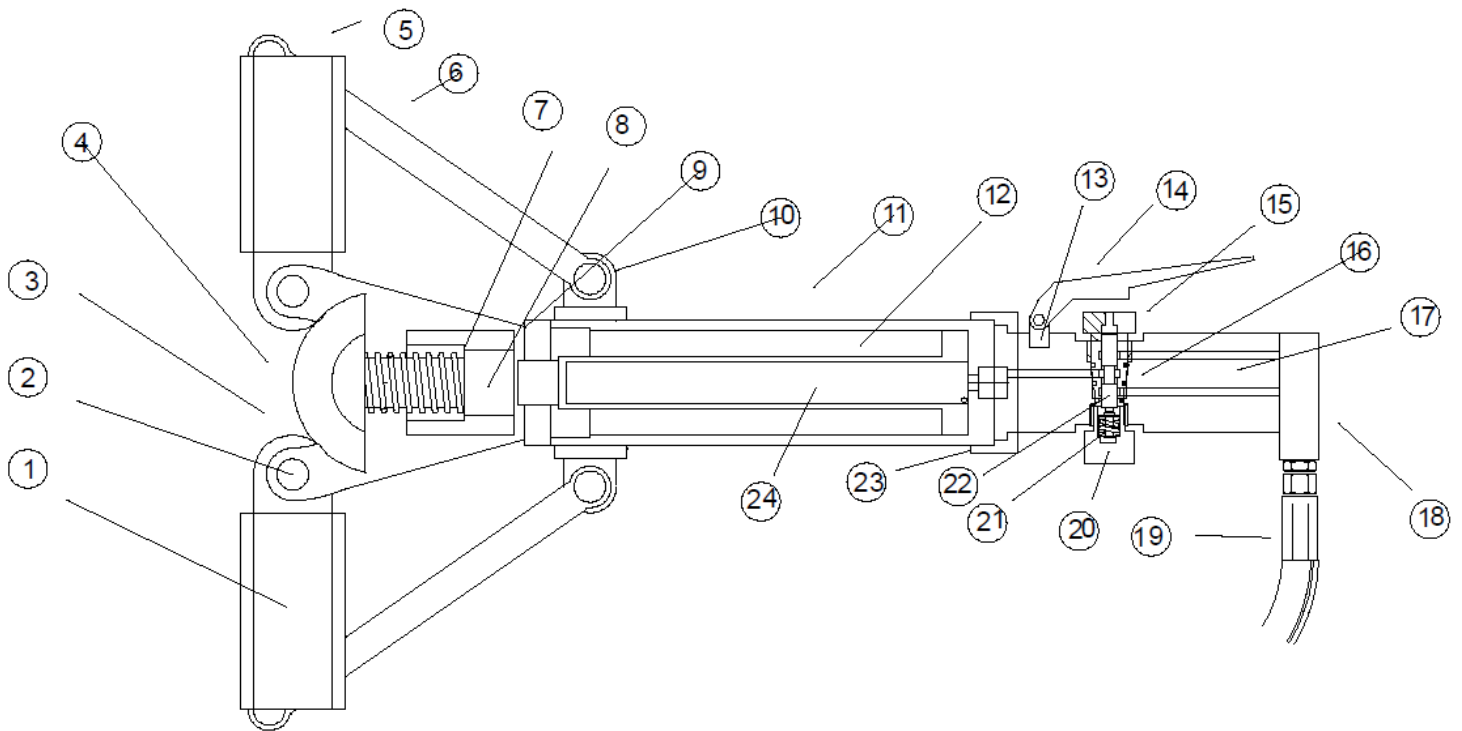


Figura 24. Detalle de válvula del doblador

Si se libera el gatillo, la válvula vuelve a posición de reposo, los pasos se cierran y el pistón permanece en la última posición alcanzada.

Al oprimir el gatillo nuevamente, vuelve a comunicar el paso de presión con el paso a cilindro y el pistón avanza, nuevamente, desde la posición anterior y así hasta que el doblado es satisfactorio.

Para liberar el cable, el operador oprime el botón inferior una vez, la válvula comunica el paso a cilindro con la línea de retorno a tanque y el pistón, con todo el sistema, se retrae.



Doblador de Cables 1

Figura 25. Vista de doblador, versión I

5.2.4. Diseño del Doblador de cables, versión II.

La segunda versión del doblador de cables mantiene el principio de doblado usando dos matrices, que giran en 90° , tal de mantener la simulación al movimiento de la mano. Se prescinde aquí de la preforma, ya que, en algunos casos, se acepta un grado de deformación.

El cilindro hidráulico y válvula de mando se mantuvieron iguales al primer diseño.

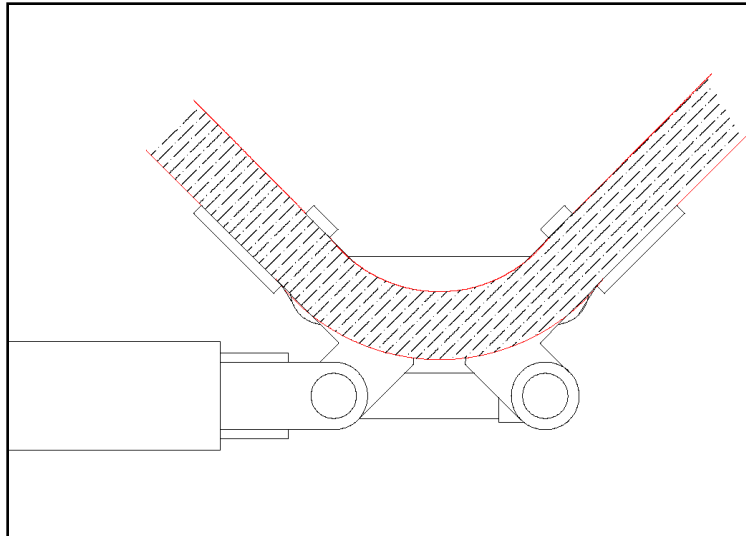


Figura 26. Vista de cabezal de doblador verión II

El diseño resultó más amigable para el cable, aunque quedan ligeras marcas donde las matrices toman el cable.

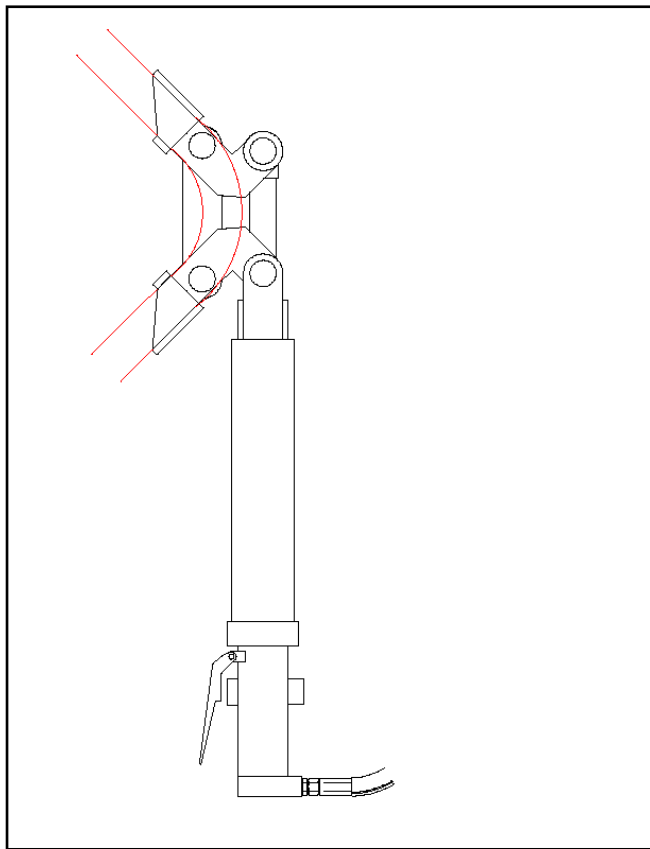


Figura 27. Vista de la dobladora, versión II, se cambió la forma de accionamiento de las matrices, lo que permitió dar mayor robustez a los pasadores y reducir peso de la herramienta.

5.2.5. Diseño de la Herramienta para quitar la envoltura de cables (pelacables).

En el diseño de esta herramienta debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos.

a).- El método probado, es el de una herramienta de corte, de torno, que gira en torno del cable, cortando una tira en espiral, de unos ocho milímetros de ancho, por la altura de la envoltura, que es normalmente de cinco milímetros.



Figura 28. Pelacables manual

Así, el cabezal cortador de esta herramienta, debe rotar en torno al cable, mientras el motor impulsor y mandos permanecen fijos, sujetos por el, operador.

b).- La herramienta debe encerrar, o atrapar el cable. El cable al cual se va a empalmar la nueva conexión, es un cable continuo. No hay puntas alcanzables, que se puedan introducir en el cabezal cortador. El cable que se va a empalmar tiene punta a la vista. Se puede introducir en el túnel de la herramienta.

c).- La herramienta debe ser desarmable o abrirse. La operación debe ser sencilla. Las piezas móviles no deben caerse al abrir la herramienta.

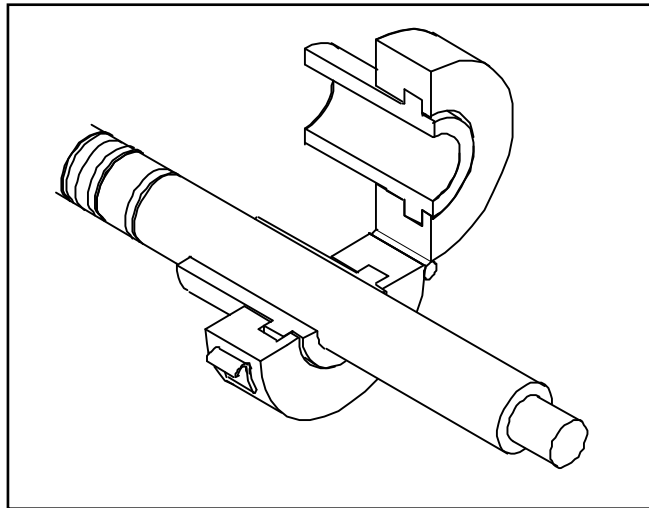


Figura 29. Carcaza y rueda dentada abiertas, con el cable en posición, listo para cerrar y comenzar el trabajo de pelado del cable.

d).- Para que la herramienta se pueda abrir (para sacar el cable ya pelado o colocar uno nuevo con cubierta) es necesario que la rotación de la rueda dentada, se detenga siempre en un punto tal, que los planos de corte de la rueda dentada y de la carcasa sean paralelos y coincidentes.

e).- Para ello se agrega una barra, que en el momento que una perforación en la maza de la rueda dentada pasa frente a ella, se introduce en esta perforación y libera el gatillo de mando de operación de la herramienta dentada sigue girando hasta llegar al punto indicado y recién ahí se detiene.

Elegimos un diseño a base de una carcasa partida con precisión, que encierra una rueda dentada, con dientes de sierra, también partida.

f).- Al estar la herramienta cerrada, la rueda dentada gira, arrastrada por un diente trinquete, que es parte de una pieza deslizante y la cual ejecuta un movimiento recíprocante, impulsada por un cilindro hidráulico pequeño, de simple efecto.

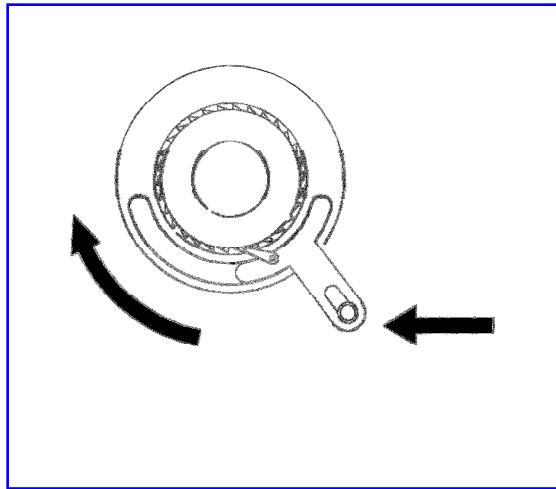


Figura 30. Vista del trinquete y como transforma movimiento lineal, rectilíneo en giratorio.

Las piezas están provistas de un enganche, de modo que, al estar la carcaza abierta, las mitades de la rueda dentada quedan retenidas en las respectivas mitades de la rueda dentada.

g).- El movimiento no puede ser muy rápido. Bastaría una revolución cada segundo, de manera que la operación de quitar suficiente envoltura, esto es alrededor de veinte espiras, demore entre uno y dos minutos. De esta manera es controlable por el operador.

h).- El torque requerido para remover la envoltura del cable es de aproximadamente 2 kg.fuerza.metro (20 N.m). Un motor rotatorio suficientemente pequeño no tendría suficiente torque y sería demasiado rápido. Se necesitaría un reductor con razón 1500 a 15, el cual sería en cierta forma voluminoso y pesado.

i).- Necesitamos que la velocidad del sistema sea de alrededor de 16 a 20 RPM, tal que, cortando una tira de 8 mm de ancho, demore entre 1 ½ y 2 minutos para pelar una longitud de unos 25 cm del cable. Además, necesitamos que el operador pueda controlar esta velocidad, de acuerdo a su experiencia personal.

5.2.6. Cálculos del pelador de cables.

Analicemos ahora el sistema con respecto al caudal de fluido disponible y las velocidades que deseamos lograr con el sistema

a).- Sólo la carrera de extensión es positiva y hay consumo de fluido a presión. La carrera de retorno es negativa, no hay consumo de fluido a presión. La fuerza impulsora para retorno la proporciona el resorte.

b).- En primera aproximación, consideraremos que la velocidad media del pistón es igual para ambos casos, o que podemos regular estas velocidades para hacerlas iguales.

c).- El volumen desplazado por el pistón del cilindro hidráulico, en su carrera máxima, es igual al producto del área del pistón por su carrera.

$$D = AS$$

006

$$\begin{aligned} &= 7.07 \times 9.3 \\ &= 65.75 \quad [\text{cm}^3] \end{aligned}$$

Número de carreras = 65 (estimación de diseño)

Consumo de fluido, por minuto

$$Q = 65.75 \times 65$$

$$Q = 4.2730 \quad \text{l/min}$$

d).- Como el caudal disponible en la salida para herramientas es de 7.2 [GPM], o 27.9 [l/min], deberemos agregar al sistema una válvula reductora de caudal, a fin de hacer llegar a la herramienta sólo los 4.3 l/min requeridos

e).- Según el diseño elegido, el pistón del cilindro hidráulico debe realizar cuatro carreras completas, para que la rueda dentada realice una revolución. Por tanto, el pistón debe efectuar entre 50 y 80 carreras completas por minuto. Consideraremos una frecuencia de carreras media de 65 por minuto, dejando margen de regulación en ambos sentidos. El tiempo medio de extensión y retracción debe ser de alrededor de 0.5 segundos cada uno

f).- La velocidad del fluido en las líneas interiores de la herramienta, que por diseño hemos fijado en 3 milímetros de diámetro, es igual a la razón entre el caudal de fluido y el área de la conducción.

$$V = \frac{Q}{A} \quad 007$$

Velocidad igual a 55 943 cm/min

Longitud equivalente de líneas de presión

30 mm (estimado)

Caída de presión (teórica en líneas de presión)

$$\Delta P = \frac{6 \nu L}{D^4} \cdot Q \quad 008$$

en que

$DP =$ caída de presión [BAR]

$\nu =$ viscosidad del aceite [cSt]

$Q =$ caudal de fluido [l/min]

$D =$ diámetro de la línea [mm]

Remplazando valores, la caída de presión en el línea de presión es igual a 22.9 BAR. Es totalmente aceptable.

Fuerza impulsora para el retroceso

$$F_{retr} = K_0 + K(L - dx) \quad (008)$$

L [Carrera del pistón]

K [constante del resorte, kg.mm]

dx [incremento de avance del pistón]

K_0 [Tensión inicial del resorte, kg]

La presión hidráulica para retorno es:

$$P_{Retr} = \frac{K(L - dx)}{A} - P_i \quad (009)$$

A = área del pistón [mm²]

P_i = Caída de presión en la línea de retorno a tanque de la máquina.

La caída de presión en la línea de retorno a tanque la obtenemos de la relación

$$\Delta P = \frac{6 \nu L}{D^4} \cdot Q \quad (010) \text{ (Turmakin)}$$

g).- La fuerza (y presión) para el retroceso del pistón, y por lo tanto, la presión para el retorno del fluido hidráulico al tanque, es máxima cuando el pistón está extendido en toda la longitud y es carrera y es igual a la tensión inicial del resorte, cuando el pistón está completamente retraído.

La relación entre fuerza (y presión) y carrera del pistón, es prácticamente lineal, si despreciamos la compresibilidad del aceite hidráulico.

La velocidad del fluido hidráulico, en la conducción de retorno a tanque, depende del diámetro y tamaño nominal de la línea de retorno y de la fuerza impulsora (o presión).

Como la fuerza impulsora (y la presión) es de características lineales, para los efectos prácticos, la aceleración del pistón y la velocidad serán también lineales.

h).- Podemos considerar, para el cálculo, el valor medio de la velocidad, entre aquella inicial, luego del intervalo en que se alcanza la máxima aceleración y aquella, una fracción de segundo antes de detenerse, alcanzado el límite de la carrera.

5.2.7. Fuerza de compresión del resorte.

Dado que disponemos de presión hidráulica en exceso para el empuje del cilindro hidráulico, no tenemos limitación en cuanto al tamaño del resorte a emplear, a excepción de las limitaciones dimensionales por el tamaño del tubo y del vástago que emplearemos. usaremos resortes con diámetro de alambre de 5 mm.

La fuerza necesaria para comprimir el resorte, por unidad de longitud, esta dada por la relación

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3N_a} \quad (011)$$

G = Rigidez del resorte

79.3 x 10³ para el acero al carbono

D = Diámetro medio del resorte.

= Diámetro exterior menos d

= 28 mm.

N_a = Numero de espiras activas

N_a = 10

Por diseño, damos al resorte la compresión inicial de 20 mm.

Reemplazando valores,

$$k = 2.822 \text{ kg.f}$$

resulta, para la deformación total de 113 mm (93 + 20 mm):

$$K = 318.88 \text{ kg.f}$$

y la precarga será = 56.96 kg.f

La presión inicial disponible para el retroceso del pistón de 30 mm de área, será”

$$P_{retr} = \frac{318.88}{7.07} - P_T \quad (12)$$

*P_t Medido en la maquina
varia entre 3 y 4 kg/cm²*

$$P_{retr} = 45.1 - 3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$P_{retr} = 42 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \text{ (redondeando)}$$

Esta presión es la disponible para mover y acelerar el volumen de fluido encerrado en el pistón, igual al producto del área del pistón por su carrera.

i).- Aceleración inicial del pistón en retroceso.

Las masas a mover y acelerar son, la masa del pistón, vástago, palanca y cuerpo del trinquete, además del volumen del fluido encerrado en el cilindro.

De acuerdo a las dimensiones elegidas para este cilindro, la masa mover es aproximadamente de 308 gramos.masa.

Con este valor, la aceleración inicial sería

$$a = \frac{\text{Fuerza}}{\text{masa}} \quad (013)$$

$$\begin{aligned} &= 318.88 / (9.8 \times 0.308) \\ &= 105 \quad [cm/seg^2] \end{aligned}$$

h).- Como la fuerza impulsora, que es la fuerza del resorte, varia linealmente con el espacio recorrido, la aceleración final, igual a la razón entre la tensión final del resorte, que es la precarga del mismo, y la masa, será:

$$a = \frac{56.96}{9.8 \times 0.308}$$

$$a = 18.87 \quad [cm/seg^2]$$

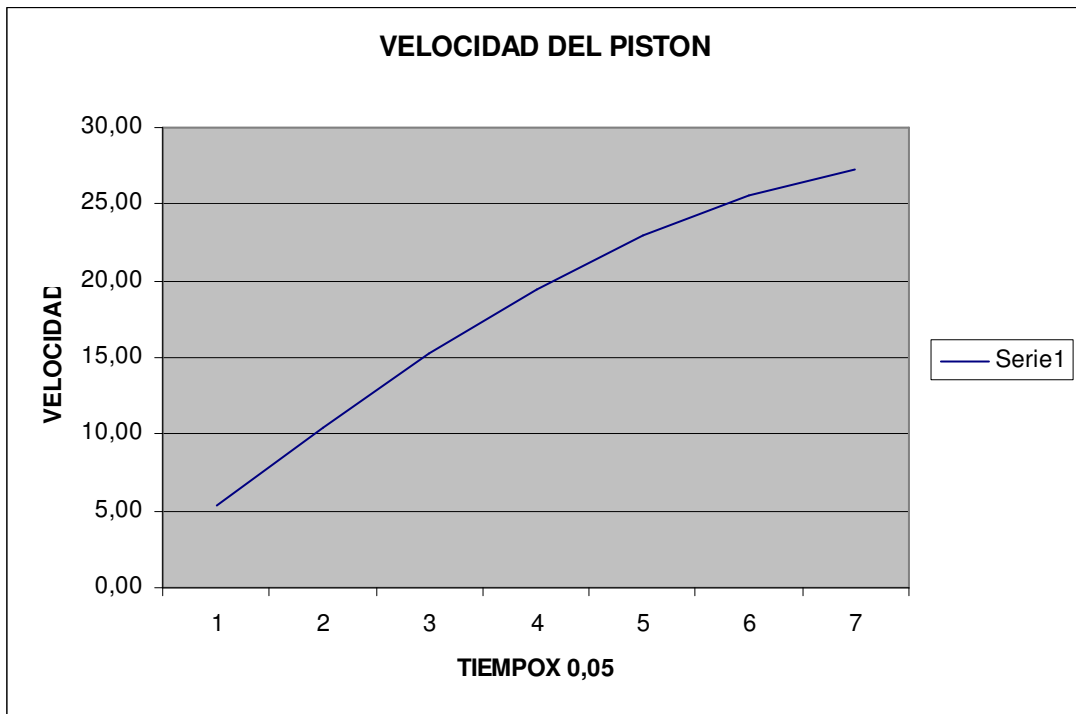
En cualquier punto intermedio, habiendo recorrido el pistón la distancia "x", la aceleración será proporcional a las distancia por recorrer del pistón, antes de alcanzar su posición extrema retraído.

$$a = 18.87 + 0.935 x \quad [cm/seg^2]$$

El calculo numérico de las velocidades y caminos recorridos en cada fracción de tiempo, no permite ver que, teóricamente, el pistón completaría su recorrido de retroceso en 0.34 segundos, aproximadamente,

tiempo seg	aceleracion cm/seg2	velocidd cm/seg	carrera cm	deformacion mm
				9,3
0,05	105,83	5,29	0,26	9,04
0,1	103,35	10,46	1,05	8,25
0,15	96,05	15,26	2,29	7,01
0,2	84,42	19,48	3,90	5,40
0,25	69,39	22,95	5,74	3,56
0,3	52,18	25,56	7,67	1,63
0,35	34,13	27,27	9,54	-0,24

Cuadro 2. Tiempo para completar un recorrido completo del pistón de la peladora de cables



Cuadro 3. Velocidad de desplazamiento del pistón

j).- Este resultado toma en cuenta sólo los aspectos puramente mecánicos del sistema.

k).- Pero la velocidad máxima alcanzable esta dependiendo no sólo de la fuerza impulsora, sino principalmente de la condición de caudal o velocidad de “saturación” cuando la caída de presión en la línea de retorno se haga igual o muy ligeramente superior a la disponible.

l).- Por las pequeñas dimensiones de las líneas de alimentación y retorno, podemos considerar su comportamiento como el de una “placa orificio”

m).- La velocidad máxima alcanzable, está dada por la relación:

$$V_0 = C_d A \sqrt{\frac{2gP}{\rho}} \quad \text{Darcy-} \quad (015)$$

en que:

C_d = *coeficiente que considera las pérdidas de carga (aproximadamente 0.50)*

A = *área del conducto*

g = *aceleración de gravedad*

r = *densidad del fluido hidráulico*

P = *caída de presión en la línea. (máxima disponible, 45 BAR)*

Para mayor comodidad, empleamos esta relación a la forma de cálculo de caída de presión en una placa orificio:

$$\Delta P_{(BAR)} = \frac{Q_{(l/min)}^2}{0.2 D_{(mm)}^4} \quad (14) \quad (\text{Turmakin})$$

$$Q_{(l/min)} = \sqrt{0.2 \Delta P_{(BAR)}} D_{(mm)}^2$$

Por diseño, para reducir el tamaño de la herramienta, el diámetro elegido de la línea es de 3 milímetros.

Reemplazando valores, resulta

$$Q = 28.6 \quad [\text{litros/minuto}]$$

n).- Este valor representa una velocidad del fluido, en las líneas, teórica alcanzable de 6 200 centímetros por segundo o sesenta y dos metros por segundo, en el momento de máxima fuerza del resorte. En cambio, al final del recorrido, el caudal ha bajado a 11 litros por minuto y la velocidad en la línea , a 2435 centímetros por segundo o 24 metros por segundo. En este caso, se impone el resultado de las condiciones mecánicas.

o).-Estos resultados nos indican que es posible lograr velocidades altas y tiempo de retorno de menos de 0.5 seg con estos diámetros pequeños de pasada.

p).- Finalmente, debemos comprobar que exista fuerza impulsora suficiente para que se pueda cumplir con las velocidades teóricamente encontradas, tal de mantener el tiempo de ciclo como lo necesitamos.

La condición es que la caída de presión en la línea de retorno de menor diámetro, a la velocidad media del fluido en estas líneas sea menor a la presión disponible, por la fuerza ejercida por el resorte.

El caudal de fluido, en las líneas de tres milímetros de diámetro es.

$$Q_{l/m} = 60 \frac{V_{cm/seg} A_{cm^2}}{1000}$$

$$\Delta P = \frac{6 \nu L}{D^4} \cdot Q \quad (16)$$

$$\Delta P = \frac{6 \times 40 \times 0.3 Q}{3^4}$$

El resultado indica que la caída de presión es menor de un BAR. Es decir, el sistema funciona, con tiempos de ciclo inferiores a un segundo y que se debe agregar restricciones para mantener las velocidades en niveles razonables y controlables.

El diámetro de 3 milímetros para las conducciones interiores de la heramientas es adecuado, manteniendo la velocidad deseada de operación

r).- Una condición, bastante molesta, que se presentará en este sistema, es que el consumo es intermitente.

Cuando el pistón avanza, hay consumo de fluido a presión, es decir hay un caudal de aceite positivo, a una presión que depende de la resistencia ofrecida por el conjunto pistón, trinquete, rueda dentada y trabajo mecánico de corte de la cubierta del cable.

Cuando el pistón retrocede, no hay consumo de fluido a presión. La válvula direccional se cierra y el paso de fluido es interrumpido bruscamente, pasando de un valor medio a alta presión inmediatamente.

Cuando el pistón llega a su extremo de retroceso, la válvula cambia, el fluido hidráulico fluye nuevamente, bajando la presión al valor medio anterior.

El efecto de este fenómeno es una fuerte vibración, de alrededor de 60 VPM, que terminaría dañando las partes de la herramienta o las mangueras que están en inmediato contacto con ella, además de que sería bastante molesto para el operador.

En segunda instancia se agregará un pequeño acumulador, para amortiguar este efecto y hacer el consumo de fluido a presión fundamentalmente estable.

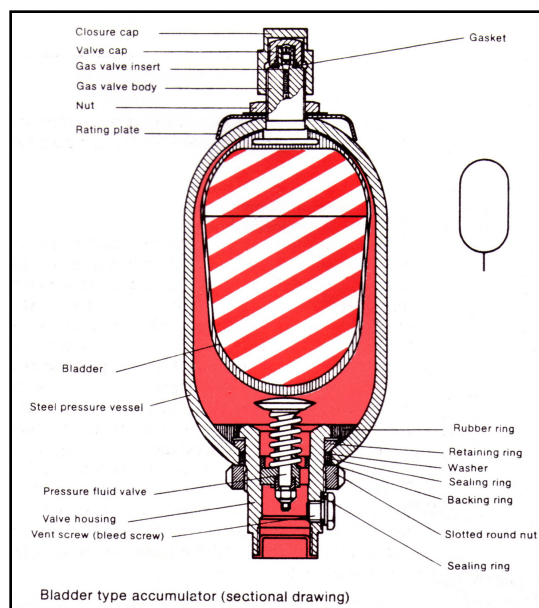


Figura 31. Acumulador de diafragma típico.

5.2.8. Aspectos constructivos de la peladora de cables

Fuera de la necesidad de construir un cabezal complejo, en el cual la función de poder abrirlo para colocarlo en el cable, incluir una rueda dentada partida, que con el desgaste tenderá a trabarse y en la cual, el movimiento de arrastre es complejo e irregular: (en un momento el trinquete estará jalando de la rueda y al momento siguiente estará empujando la rueda) las reacciones serán diferentes, tenemos adiconamlmente, el problema del comando.

Para mantener el tamaño lo más reducido posible y mantener la ida de que la máquina debe operarse con sólo una mano, el sistema de comando debe incorporarse al cuerpo de la herramienta.

Hay dos funciones que cumplir.

La función de poner en marcha y detener la herramienta, considerando que el operador sólo da la orden de detención, pero ésta es automática al llegar la rueda dentada a una posición determinada, que permita abrir la carcaza sin problemas.

La función de alternancia, entre las carreras de extensión del pistón y de retracción del mismo, la que debe ser totalmente automática, independiente del control del operador.

Ambas funciones son completamente distintas y no pueden ser cumplidas por una sola válvula.

La primera, que llamamos “válvula de inicio”, es una válvula de cono convencional. Una pieza conico-cilíndrica, se apoya contra el orificio de entrada del fluido a la cámara de la herramienta.

Bloque el paso y no permite que entre el fluido. La fuerza de cierre es la suma del efecto de la presión hidráulica del fluido presente en la entrada, a presión de 134 BAR y de un pequeño resorte, cuya función es, mas bien, volver la válvula a su posición bloqueando el paso, cooperando muy poco con la fuerza de cierre.

Esta fuerza de cierre resulta bastante alta, necesitándose una palanca bastante robusta para abrir la válvula, también con alto esfuerzo, con lo que necesitaría más de una mano para abrirla.

Se ha incorporado una válvula previa, o válvula piloto, basada en el mismo principio, pero de muy bajo diámetro y, por lo tanto, poca fuerza de cierre. Esta válvula deja pasar una pequeña cantidad

de fluido hacia la cara opuesta de la válvula mayor, disminuyendo la diferencia de presión entre ambos lados y así, haciendo mas liviana la acción de abrir esta válvula principal.

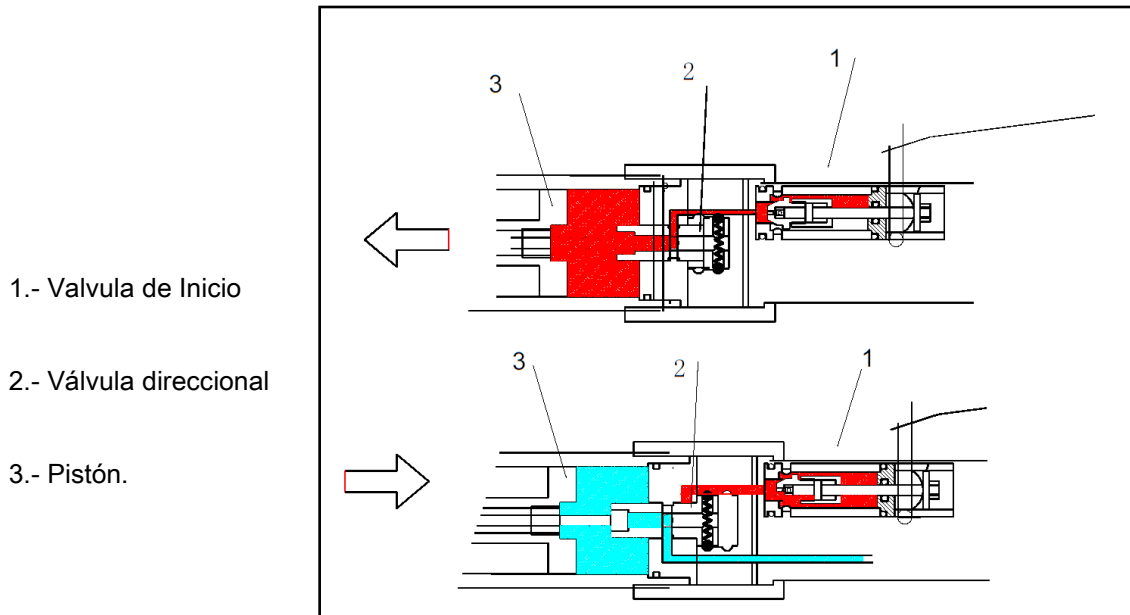


Figura 32. Válvulas de control de la peladora de cables

La segunda válvula, que hemos llamado “direccional”, consta de un vástago perforado. Esta perforación es puesta en conexión, alternativamente, con dos lumbreras. Con la de presión, línea que viene de la válvula de inicio, haciendo que el pistón realice su carrera de extensión (o de trabajo) o con la de retorno, línea conectada al estanque hidráulico de la máquina, permitiendo que el pistón realice su carrera de retracción, impulsado por el resorte.

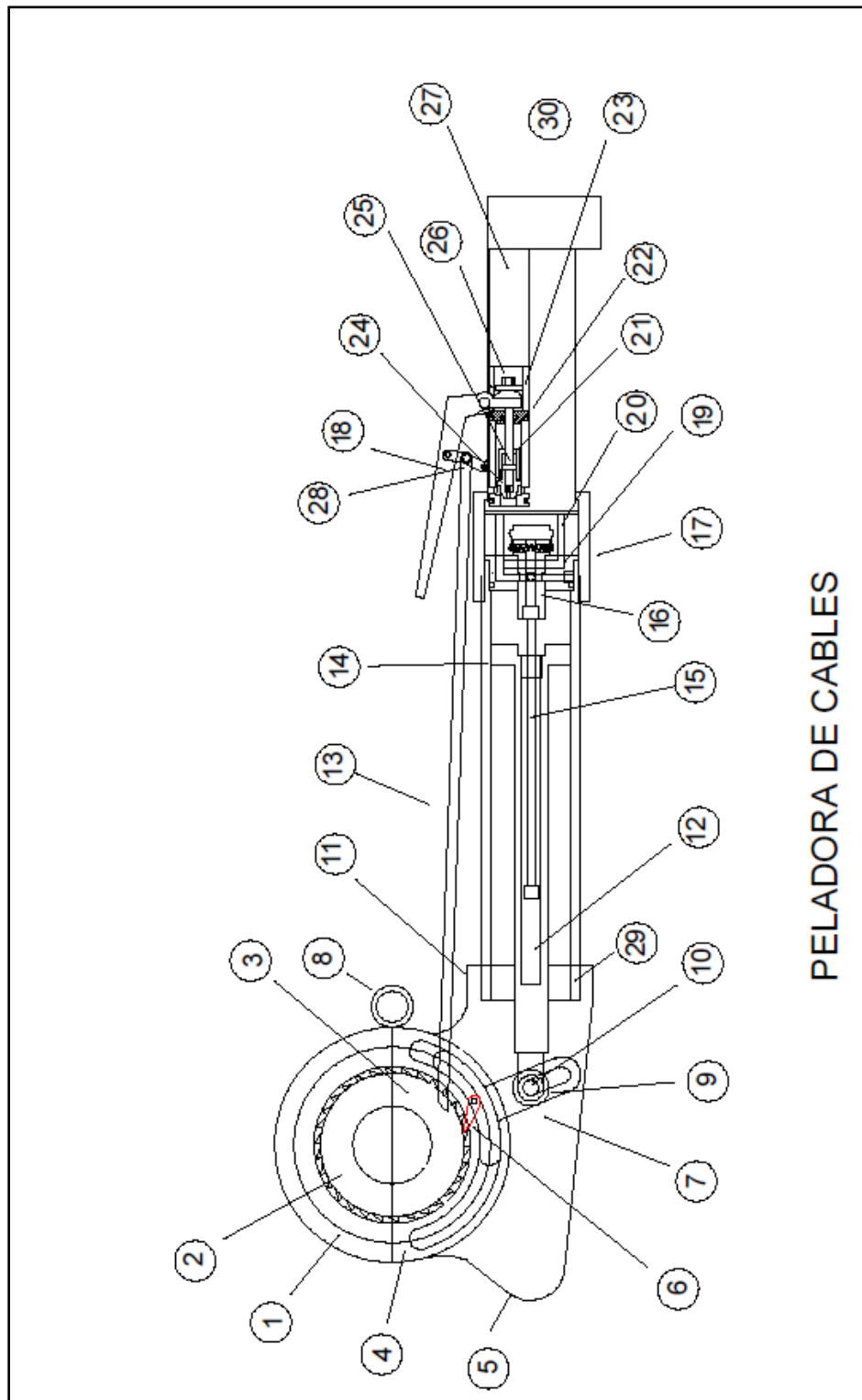
Esta válvula direccional está unida a una barra de arrastre, que se aloja en una perforación central del pistón y vástago.

Cuando el pistón se retrae, casi al terminar su carrera, empuja el vástago perforado de la válvula direccional, hasta la posición en que la perforación comunica con la lumbrera de presión, iniciando así la carrera de extensión.

Al completar la carrera, el pistón jala de la barra de arrastre y lleva el vástago a la posición en que su perforación conecta con la línea de retorno a tanque.

Un sistema de bolitas, cargadas a resorte, evita que el vástago de la válvula adopte posiciones intermedias entre las dos lumbreras, con lo que el sistema no funcionaría.

Un aspecto importante es la duración de las piezas, especialmente el cuerpo de la válvula direccional y la barra de arrastre. Esta barra se verá sometida a un esfuerzo repetido de tracción y a golpe, con frecuencia de 60 a 70 ciclos por minuto, que puede significar un rápido desgaste de la pieza y sus relacionadas. Lo mismo la barra trinquete y la rueda dentada. En principio estamos usando aceros normales, como el SAE1045, templados, para todos estos componentes. El seguimiento posterior nos indicará si fueron adecuados o no.



PELADORA DE CABLES

Figura 33. Vista de la peladora de cables

5.2.9. Cortadora de ramas hasta de tres pulgadas y cables.

Mediciones empíricas hechas con herramientas de poda normales, nos indican que para cortar una rama verde de una pulgada de diámetro, con un tijerón de 50 cm. De largo de brazos y cinco centímetros entre centro de giro y punto de corte en la hoja, necesitamos un esfuerzo de alrededor de 15 kg. (Medido con dinamómetro).

Esto significa que debemos aplicar una fuerza de 100 kg. en la hoja, para efectuar el corte.

También hemos notado que la relación entre diámetro y fuerza necesaria para el corte es aproximadamente cuadrática.

Para los efectos prácticos de desarrollo de estas herramientas, aceptaremos estas aproximaciones, ya que la teoría del corte de ramas vegetales o cables está fuera de los alcances de este proyecto.

Aplicando a nuestro tijerón hidráulico la misma longitud de palanca en la hoja que en el brazo de la misma, igual a 50 milímetros, se desprende que necesitaremos una fuerza en el cilindro hidráulico, de aproximadamente 600 kg.f para cortar una rama de dos pulgadas de diámetro y de 1 350 kg.f para cortar una rama de tres pulgadas de diámetro. Esta debe ser también suficiente para cortar un cable de treinta milímetros de diámetro.

Con la presión hidráulica máxima de 136 kg/cm², el diámetro de pistón necesario para nuestro cilindro hidráulico será:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi.P}} \quad (017)$$

$$D = 3.55 \text{ cm.}$$

Lo más cercano de que disponemos es cilindro de 38 milímetros de diámetro interior (1 ½ pulgada).

A fin de dar mayor alcance y al mismo tiempo, alejar los brazos del operador de las hojas cortantes del tijerón, daremos una longitud extra al vástago o de nuestro cilindro de cincuenta centímetros.

Este largo extra hace que la resistencia al pandeo del vástago sea un parámetro importante de diseño. El vástago debe tener el menor diámetro posible, para reducir el peso, siempre que tenga resistencia al pandeo suficiente.

Aplicando la relación de Euler, para el pandeo de columna empotrada

$$P_{crit} = \frac{p^2 EI}{(aL)^2}$$

a = 0.70 para viga empotrada en un extremo y articulada en el otro.

E = módulo e Young

2.1 x 10⁶

I momento de inercia.

I = ¼ p r⁴ en que r es el radio del vástago, del cilindro hidráulico.

Usando vástago de 20 mm de diámetro, y reemplazando valores resulta, como carga crítica, el valor de

$$P_{crit} = 1630 \text{ kg. No tendría factor de seguridad.}$$

Usando vástago de 25 mm. de diámetro, resulta

$$P_{crit} = 3\,980 \text{ kg.}$$

Tenemos factor de seguridad de aproximadamente 3

Se eligió vástago de 25 mm, con cilindro de 50 mm. de diámetro.

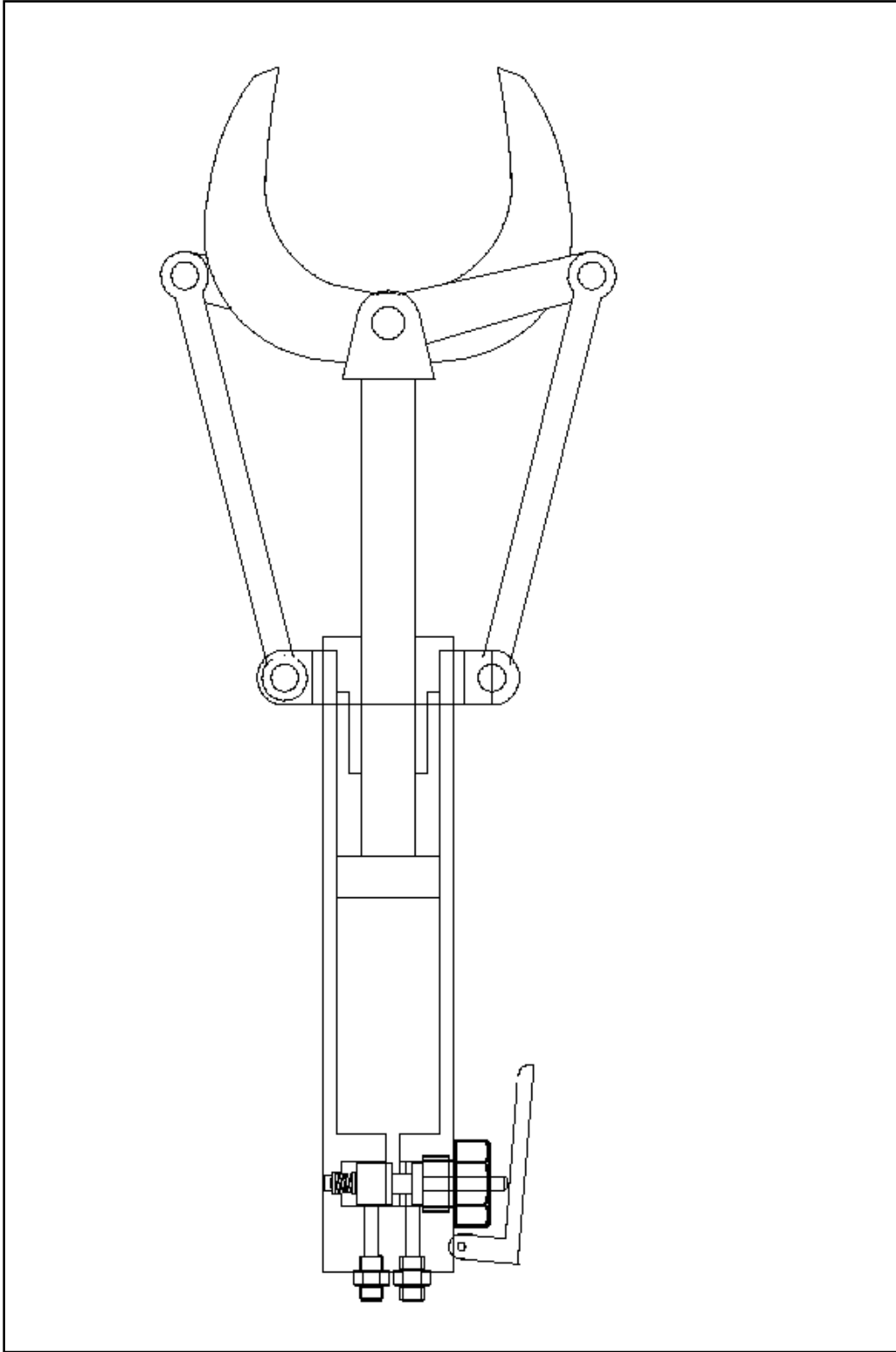


Figura 32. Vista final de cortadora de ramas y cables.

6. ANALISIS ECONOMICO

6.1. Costos de Fabricación de las diferentes herramientas

6.1.1. Antecedentes

En las estimaciones de los costos de fabricación de las diversas partes, se obtuvieron cotizaciones de algunos talleres de máquinas herramientas pequeños, aunque en la mayor parte de los casos no cumplían con los requerimientos de precisión exigidos. En estos casos se cotizó fabricación propia, como si fuesen partes a fabricar para clientes normales.

No se tomó en cuenta la posibilidad de construcción de plantillas o dispositivos especiales para el maquinado de las piezas aunque sí, para facilitar el posicionado en las operaciones de soldadura.

Sólo se estimó el uso de máquinas herramientas normales o convencionales y se descartó la posibilidad de uso de máquinas herramientas de control numérico (CNC), principalmente por la baja cantidad de piezas a fabricar.

El uso de máquinas herramientas de control numérico puede considerarse, dada la necesidad de fabricar piezas pequeñas con alta precisión y repetitividad. Sin embargo, esto depende de factores que están fuera del alcance de estudio de este proyecto

Los costos finales por cada parte o pieza, fueron los correspondientes a las horas máquina empleadas en cada pieza. No se consideró aquellos casos en que hubo que hacer correcciones o repeticiones de trabajos por errores de dimensiones o procesos. Tampoco se consideró utilidades; los costos sólo incluyen sueldos del personal de torneros y soldador, gastos generales correspondientes a las horas máquina empleadas y gastos de materiales y consumibles.

6.1.2. Costos de fabricación de DOBLADORA I.

Parte N°	Detalle	Proceso de fabricacion	Maq. Herr	Valor (x 1000) \$ chilenos
01.00	<u>Cabezal</u>			
01.01	Matriz (2)	Corte en torno y fresa, Prensar p. formar	Torno. Fresa. Prensa	8
01.02	Bases de matrices	Oxicorte, fresar y perforar, Soldar	Fresa. Soldadora	6
01.03	Pasadores 12 mm(4)	Tornear. Templar	Torno	6
01.04	Pasadores 18 mm(2)	Tornear, templar	Torno	4
01.05	Placa reacción	Oxicorte, fresar, perforar	Torno	6
01.06	Forma 30 mm.	Cilindrar y tornear forma. Cortar, Soldar hilo	Torno, Fresa, Soldadora	12
01.07	Resorte	Compra en mercado local		
01.08	Caja resorte	Tornear caja, fresar base, soldar	Torno, Fresa, Soldador	12
01.09	Bielas (2)	Oxicorte, fresar, perforar	Fresa.	8
01.10	Anillo c/orejas, reacción	Tornear anillo, fresar orejas, soldar	Torno, Fresa, Soldador	10
02.00	<u>Cilindro Hidráulico</u>			
02.01	Tubo cilindro	Tornear tubo, tornear tapa, soldar, roscar	Torno, Soldador	18
02.02	Tapa delantera	Tornear, roscar	Torno	6
02.03	Pistón con vastago	Tornear piston, soldar, perf. vástago, roscar	Torno, Soldador	14
02.04	Insertos de resorte	Tornear y roscar insertos	Torno	8
03.00	<u>Mango</u>			
03.01	Tuerca de amarre	Tornear interior y exterior. Roscar	Torno	12
03.02	Cuerpo mango	Tornear. Tornear cavidad válvula. Perforar	Torno	21
03.02	Bisagra gatillo	Tornear asiento. Soldar base bisagra. Perforar	Torno. Fresa. Soldador	18
03.04	Gatillo	Cortar y formar gatillo. Perforar	Manual. Taladro.	8
03.05	Pasador	Tornear	Torno	
03.06	Placa conexiones	Oxicorte. Fresar. Perforar y roscar	Fresa.	8
04.00	<u>Valvula mando manual</u>			
04.01	Cuerpo válvula	Cilindrar, tornear, perforar, templar, rectificar	Torno, Fresa, Rectificador	24
04.02	Vástago válvula	Tornear, tempkar, rectificar	Torno. Rectificador	12
04.03	Pulsadores (2)	Tornear, templar	Torno.	4
04.04	Limitador elástico	Tornear tapas y eje, Remachar (4 piezas)	Torno	6
04.05	Tapas inferior	Tornear. Roscar	Torno.	9
		TOTAL		240

6.1.3. Costos de fabricación de DOBLADORA II

Parte N°	Detalle	Proceso de fabricacion	Maq. Herr	Valor
				X 1 000 (\$)
01.00	Cabezal			\$ chilenos
01.01	Matrices(2)	Corte en torno y fresa, Prensar p. formar	Torno. Fresa. Prensa	
01.01	Bases matrices	Oxicorte, fresar forma, soldar, perforar	Fresa. Soldador	24
01.02	Bielas dobles (2)	Oxicorte, fresar forma, soldar	Fresa. Soldador	18
01.03	Eslabon reaccion	Oxicorte, Fresar.	Fresa	12
01.04	Pasadores cortos (2)	Tornear, templar	Torno	8
01.05	Pasadores cabeza (2)	Tornear, templar	Torno	8
01.06	Pasador punta	Tornear, templar	Torno	4
02.00	<u>Cilindro Hidraulico</u>			
02.01	Tubo cilindro	Tornear tubo, tornear tapa, soldar, roscar	Torno, Soldador	18
02.02	Tapas delantera	Tornear, roscar	Torno	6
02.03	Pistón con vástago	Tornear piston, soldar, perf. vástago, roscar	Torno, Soldador	14
02.04	Insertos de resorte	Tornear y roscar insertos	Torno	8
03.05	Orejas de cilindro	Oxicorte, fresar, perforar, tornear, soldar	Torno, Fresa, Soldador	
03.06	Cabeza vástago	Cortar, fresar, perforar.	Fresa	
				12
03.00	Mango			21
03.01	Tuerca de amarre	Tornear interior y exterior. Roscar	Torno	18
03.02	Cuerpo mango	Tornear. Tornear cavidad válvula. Perforar	Torno	8
03.02	Bisagra gatillo	Tornear asiento. Soldar base bisagra. Perforar	Torno. Fresa. Soldador	
03.04	Gatillo	Cortar y formar gatillo. Perforar	Manual. Taladro.	8
03.05	Pasador	Tornear	Torno	
03.06	Placa conexiones	Oxicorte. Fresar. Perforar y roscar	Fresa.	
				24
04.00	<u>Valvula mando manual</u>			12
04.01	Cuerpo válvula	Cilindrar, tornear, perforar, templar, rectificar	Torno, Fresa, Rectificador	4
04.02	Vástago válvula	Tornear, tempkar, rectificar	Torno. Rectificador	6
04.03	Pulsadores (2)	Tornear, templar	Torno.	9
04.04	Limitador elástico	Tornear tapas y eje, Remachar (4 piezas)	Torno	
			Labor	242
			Materiales	50
			TOTAL	292

6.1.4. Costo de fabricación de PELADORA DE CABLES

Parte N°	Detalle	Proceso de fabricacion	Maq. Herr	Valor x 1 000 (\$) \$ chilenos
01.00	Cab ezal			
01.01	Carcaza partida (1)	Tornear, partir, pegar, tornear	Torno, Fresa	24
01.02	Carcaza partida(2)	Tornear, partir, pegar, tornear	Torno, Fresa	20
01.03	Rueda dentada	Tornear, partir, pegar, tornear	Torno, Fresa	22
01.04	Corredera carcaza	Fresar corredera	Fresa	8
01.05	Carter carcaza	Cortar placas, soldar, formar	Fresa, Soldador	12
01.06	Trinquete	Tornear, cortar, soldar, perforar	Torno, fresa	6
02.00	Cilindro			
02.01	Cuerpo cilindro	Tornear, roscar hilos	Torno	8
02.02	Tuerca delantera	Tornear anillo, roscar exterior	Torno	4
02.03	Pistón con vástago	Tornear pistón, soldar a vástago,	Torno	16
02.04	Ojo de cilindro	Tornear maza, cortar, perforar, formar	Torno, Fresa	6
02.05	Tuerca de armado	Tornear, roscar hilos	Torno	4
03.00	Valvula direccional			
03.01	Barra de arrastre	Tornear, roscar, soldar tope	Torno	8
03.02	Vástago válvula	Tornear, roscar, perforar, templar,	Torno, Taladro	8
03.03	Cuerpo válvula	Tornear, perforar,	Torno, Fresa	12
03.04	Caja fijaciones	Tornear, perforar, templar	Torno, Fresa	10
04.00	Valvula de Inicio			
04.01	Mango aluminio	Tornear, perforar mandrinar	Torno, Fresa	18
04.02	Cuerpo válvula	Tornear, templar, rectificar	Torno,	8
04.03	Aguja valvula piloto	Tornear, templar, rectificar	Torno	8
04.04	Tuerca de amarre	Tornear, roscar	Torno	4
04.05	Plato tapa válvula	Tornear	Torno	5
04.05	Tapa roscada arrastre	Tornear, roscar	Torno	3
04.06	Gatillo con leva	Cortar placas, cortar leva, soldar,	Fresa, Soldador	16
04.07	Soporte gatillo	Tornear, cortar, soldar, pulir	Fresa, Soldador	12
04.08	Bielas seguro	Cortar, perforar	Fresa	12
04.09	Barra seguro	Cortar, tornear y roscar hilos extremos	Torno	6
05.00	Placa conexiones			
05.01	Placa	Cortar, fresar, perforar, roscar	Fresa	12
05.02	Separador valvula	Tornear.	Torno	3
				275
			Materiales	60
			TOTAL	335
			Horas Maquina	33

6.1.5. Costo de fabricación de CORTADORA DE RAMAS

Parte N°	Detalle	Proceso de fabricacion	Maq. Herr	Valor
				x1 000 (\$)
01.00	Cuchillas Cortadoras			\$ chilenos
01.01	Hojas de cuchillas	Forja (Externo)		32
01.02	Hojas de cuchillas	Formar.Rectificar.Perforar	Fresa. Taladro	12
01.03	Pasador central regulable	Tornear, fresar	Torno.Fresa	8
01.04	Bielas	Cortar, perforar, Templar	Fresa.Taladro	12
02.00	Cilindro hidráulico			
02.01	Tubo de cilindro	Tornear, Roscar	Torno	14
02.02	Pistón con vástago	Tornear,soldar,tornear	Torno.Soldador	21
02.03	Resorte	(Externo)		6
02.04	Sujetadores resorte	Tornear,roscar	Torno	8
02.05	Tapa delantera	Tornear, roscar	Torno	8
02.06	Tapa trasera	Tornear, roscar	Torno	8
02.07	Tuerca armado	Tornear,roscar	Torno	6
03.00	Válvula de mando manual			
03.01	Cuerpo válvula/mango	Tornear, perforar, fresar	Torno.Fresa	18
03.02	Vástago de válvula	Tornear, perforar	Torno.Fresa	16
03.03	Empujador válvula	Tornear	Torno	4
03.04	Gatillo valvula	Cortar, soldar, perforar	Fresa.Soldador	12
03.05	Placa conexiones	Cortar, fresar, tornear	Fresa.Torno	12
		Total Labor		197
		Materiales		60
		TOTAL		257
		Horas		25

6.2. El mercado de herramientas hidráulicas

Como se indico en los antecedentes del proyecto, el mercado para estos productos es muy limitado, reducido a pequeños números de unidades posibles de vender en el país, en lo que influye:

1. Trabajo sumamente especializado
2. Pocas empresas dedicadas a esta especialidad (Mantenimiento de líneas eléctricas vivas).
3. El interés por mejorar la condición de vida laboral del personal no es generalizado o hay desconocimiento.
4. En algunos casos prima el interés económico de la Empresa por hacer más utilidades con menor inversión.
5. La cantidad de equipos, que representen utilización potencial de las herramientas hidráulicas es limitada.

En otras aplicaciones, trabajos forestales o agrícolas, construcción, minería, industrial o de maestranza, son más económicas las herramientas de aire comprimido o hay ventajas en usar herramientas manuales.

Son pocos los casos de compañías que poseen centrales hidráulicas móviles y no poseen compresor de aire. (Sin embargo, hay que tener presente que esto cambiará en el futuro, por el menor precio de una centralilla hidráulica portátil, su mucho mayor eficiencia y el bajo nivel de ruido, de las herramientas hidráulicas.)

Algunas compañías agrícolas, que cuentan con elevadores hidráulicos autotransportados, para operaciones de poda y cosechas, pueden ser un mercado interesante, para tijeras de poda hidráulicas, aunque hay oferta en el mercado internacional. También en este caso, hay herramientas eléctricas de bajo precio, sin los condicionantes de la aislación eléctrica que requiere el trabajo en líneas de alta tensión.

6.2.1. Mercado para herramientas de acuerdo a la cantidad de equipos hidroelevadores para servicios eléctricos en líneas vivas.

El siguiente cuadro menciona la cantidad de equipos hidroelevadores y camiones-grúa encontrados en Chile, pertenecientes a empresas de servicios eléctricos, que debieran portar un set de herramientas para trabajos en líneas de alta tensión. Algunas Empresas no entregan datos o no aceptan ser mencionadas en el Estudio.

EMPRESA	ELEVADORES	CAMION-GRUA	OTROS
TECNET SA	27	5	1
EMELECTRIC	9	1	
CONSELEC	12	2	
AZETA	8	5	2
LSOTO	4	1	
VARIOS (Arrendadores)	12	6	5
TOTALES	62	20	8

Por referencias de personal de La Empresa, hay varias compañías menores, operando en provincias, desde Arica a Punta Arenas, con alrededor de 40 hidroelevadores más en el país, que no están considerados en la tabla anterior.

Conversaciones con representantes de las diversas Empresas y comparación con los valores de equipos relativamente similares, posibles de ser importados, han permitido estimar, como precios de venta razonables, y valores totales de potencial de mercado, inmediato anual, los siguientes

HERRAMIENTA	VALOR VENTA ESTIMADO	POTENCIAL DE VENTA
	\$ chilenos	Unidades
Dobladora de cables	498.000	40
Peladora de cables	630.000	25
Tijerón	450.000	30
Centrales c/acumulador	1.524.000	10

La ventaja inmediata para la Empresa al incorporar estas herramientas es la posibilidad de aumentar la cantidad de contratos que puede atender cada día, debido a la mayor productividad que introduce el uso de tales herramientas, tanto por el aumento de velocidad con que se ejecuta el trabajo como por la disminución de la fatiga del operador. También se debe considerar el aumento de la seguridad que le confiere al trabajo, lo que reduce las paralizaciones por accidentabilidad.

El número de herramientas posibles de colocar en el mercado, reducido, pero es factible de ser atendido por una empresa fabricante de pequeña/mediana escala, que cuente con los recursos productivos necesarios como soldadura, maquina herramienta y especialización en sistemas hidráulicos.

También existe oferta para encargar la fabricación de algunos componentes a otras empresas mas especializadas (como talleres de maquinas CNC), que pueden tener costos menores para algunas de las fabricaciones.

6.2.2. Evaluación Económica del Proyecto.

Para la evaluación del proyecto se estima que la cantidad de equipos que se pueden vender al año son :

ESTIMACION DE UNIDADES HERRAMIENTAS VENDIDAS POR AÑO			
HERRAMIENTA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3 en adelante
	unidades	unidades	unidades
Dobladora de cables	10	15	25
Peladora de cables	10	15	25
Tijerón	5	10	25
Centrales c/acumulador	2	5	10

Se considera un período para ingresar al mercado y convencer a los usuarios de 2 años, plazo que se necesita para dar a conocer el producto y permitir a los usuarios probar las bondades de los diseños.

La estimación de los ingresos por ventas anuales resulta entonces :

ESTIMACION DE INGRESOS POR VENTAS ANUALES DE HERRAMIENTAS			
HERRAMIENTA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3 en adelante
	Ingreso en \$	Ingreso en \$	Ingreso en \$
Dobladora de cables	4.980.000	7.470.000	12.450.000
Peladora de cables	6.300.000	9.450.000	15.750.000
Tijerón	2.250.000	4.500.000	11.250.000
Centrales c/acumulador	3.048.000	7.620.000	15.240.000
Total Ingresos por Ventas Anuales	16.578.000	29.040.000	54.690.000

Los costos fijos consideran el siguiente personal de producción y administrativo :

1 soldador	\$ 400.000 mensual
1 mecánico tornero	\$ 400.000 mensual
1 mecánico armador	\$ 350.000 mensual
1 secretaria	\$ 100.000 (proporcional mensual)
1 chofer comprador	\$ 80.000 (proporcional mensual)
1 Jefe administrativo / contador	\$ 180.000 (proporcional mensual)

El personal indicado como proporcional se considera asignado también a otras actividades productivas de la empresa (no son de dedicación exclusiva a este proyecto)

El personal productivo existe en la empresa, y se considera que se asigna exclusivamente a este proyecto, por tanto sus costos se asignan completamente al proyecto (no son costos variables).

Como costo variable consideramos el costo de fabricar las herramientas (materiales y uso de maquina herramientas, energía, etc) que se indicó anteriormente.

ESTIMACION DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES PARA FABRICACION DE LAS HERRAMIENTAS			
COSTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3 en adelante
	Costo anual en miles \$	Costo anual en miles \$	Costo anual en miles \$
Costos Fijos	18.120	18.120	18.120
Costos Variables			
Costo de fabricacion peladora	3.350	5.025	8.375
Costo de fabricacion dobladora	2.920	4.380	7.300
Costo de fabricacion tijerón	1.285	2.570	6.425
Costo de fabricacion central hidraulica	864	2.160	4.320
Total costo Variable	8.419	14.135	26.420

La inversión estimada corresponde a la fabricación de los prototipos, compra de materiales y compra de un torno de precisión, pequeño, que tiene un costo de \$ 5.000.000 y que se deprecia en 10 años.

El capital de trabajo se ha estimado en \$ 5.000.000 para cubrir la necesidad operativa de fondos para:

Cubrir el desfase entre la compra de materiales y herramientas consumibles al contado y la venta de los productos.

Financiar la venta con pago diferido a 30 días, modalidad usual de algunos de los clientes mencionados en este proyecto.

Este capital de trabajo se incorpora con fondos propios al comienzo y se recupera completamente al terminar el período.

El flujo de caja para el proyecto se construye en un horizonte de 10 años, con los siguientes valores

La evaluación económica del proyecto se presenta a continuación

Evaluación de Proyecto Fabricacion Herramientas Hidraulicas											
(Valores en miles \$)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Total Ventas		16.578	29.040	54.690	54.690	54.690	54.690	54.690	54.690	54.690	54.690
Costos											
Costos Fijos		18.120	18.120	18.120	18.120	18.120	18.120	18.120	18.120	18.120	18.120
Costos Variables		8.419	14.135	26.420	26.420	26.420	26.420	26.420	26.420	26.420	26.420
Intereses credito											
Depreciación											
Utilidad antes de Impuestos		-9.961	-3.215	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150	10.150
Impuesto 1a Categoría		0	0	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523	1.523
Utilidad despues de Impuestos		-9.961	-3.215	8.628	8.628	8.628	8.628	8.628	8.628	8.628	8.628
Depreciación		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Flujo Operacional		-9.461	-2.715	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128
Invesion Fija	-11.000										
Capital de Trabajo	-5.000										5.000
Flujo de Caja Neto	-16.000	-9.461	-2.715	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	9.128	14.128
VAN (con tasa del 10%)	15.326										
TIR (a 10 periodos)	19,4%										

7. CONCLUSIONES.

La construcción de herramientas pequeñas, energizadas hidráulicamente, es posible y rentable, para talleres especializados equipados con máquinas herramientas convencionales y baja dotación de personal.

El proyecto de fabricación de herramientas hidráulicas manuales, es rentable en un período de diez años.

El mercado es pequeño, pero existe potencial de crecimiento en todo Chile. Inicialmente se considera abarcar el mercado de Stgo y sus alrededores, y se espera atender al resto del país rápidamente. Además se debe considerar la renovación por desgaste y pérdidas. La duración promedio de estas herramientas es 3 años.

El trabajo de desarrollo, diseño y construcción de partes tan pequeñas y de alta precisión, ha permitido extender el proyecto al desarrollo de partes y conjunto hidráulicos, complejos, para ser aplicados en otros campos de actividad. Se puede mencionar el desarrollo de pequeños tractores, carretillas, mini cargadores y accesorios para ser usados en parcelas pequeñas o parcelas de agrado, que incluso puedan ser operadas por personas minusválidas. Esto será parte de otro proyecto.

También se ha extendido el proyecto para el diseño y construcción de otros tipos de herramientas aplicables a las operaciones de mantención de líneas de transmisión vivas: esmeriladora angular de cuatro pulgadas; llave aprietatuercas, con control de torque, taladro manual, cortador de tuercas y cables de acero.

El campo de aplicación de la energía oleohidráulica es muy amplio y hay muchas posibilidades de aplicación en todas las áreas, industria, minería, construcción, construcción naval, aeroespacial, aviación, agricultura, transporte, medicina. Se puede considerar que está recién comenzando a utilizarse en su potencial, en que la principal cualidad, es la habilidad de ejercer grandes esfuerzos, con notable presión de movimientos, gracias a las propiedades de los fluidos. Basta mencionar el gran desarrollo que ha tenido la computación, como directora de procesos de ingeniería en general, en que la oleohidráulica representa el motor ideal, para ejecutar estos procesos, en la mayor parte de los casos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Frankenfiend, T. C. 1984. Using Industrial Hydraulics. Segunda Edición. Cleveland. Penton Publishing, Inc.
- [2] Henke, R. W. PE, 1983. Fluid Power Systems & Circuits. Cleveland. Penton Publishing, Inc.
- [3] Casey, B. 2002. Insider Secrets to Hydraulics. Segunda Edición. Australia. John Wiley & Sons Australia Ltd.
- [4] Casey, B Tumarkin, M. 2008. Advanced Industrial Control. Australia. John Wiley & Sons Australia Ltd.
- [5] Joseph C. Shigley; Standard Handbook of Machine Design, 1981. USA. Penton Publishing, Inc.
- [6] Hall, A. S, Holowenco, A. R y Laughin, H. G. 1971, Diseño de Máquinas, Mexico, McGraw-Hill de Mexico S.A de C.V.
- [7] Shigley,J.E y Mischke, Ch. R. 1986. Standard Handbook of Machine Design. USA. McGraw-Hill, Inc.
- [8] Rohner, P. 2005. Industrial Hydraulic Control, Tercera Edición. Australia. John Wiley & Sons Australia Ltd.
- [9] Johnson, J. L. 1992. Basic Electronics for Hydraulic Motion Control. Cleveland. Penton Publishing.Inc.
- [10] Johnson, J. L. 1995. Design of Electrohydraulics Systems for Industrial Motion Control. Cleveland. Penton Publishing, Inc.
- [11] Eaton Corporation, Hydraulic Division. Catálogo de Productos.
- [12] Schroeder Industries LLC. Filtration Products Catalog
- [13] Rexroth Worldwide Hydraulics. Industrial Hydraulic Division. Industrial Products Catalogue.