

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

**ESPE - LATACUNGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE GRADO**

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ADAPTACION DE UN MONTACARGAS A  
UN TRACTOR AGRICOLA**

**REALIZADO POR:**

**DAVID TONELLO.**

**LATACUNGA - ECUADOR**

**2004**

## **CERTIFICACIÓN**

CERTIFICO QUE ESTE PROYECTO HA SIDO REALIZADO POR DAVID  
TONELLO EN SU TOTALIDAD.

**ING. JUAN CASTRO  
DIRECTOR**

**ING. WASHINGTON FREIRE  
CODIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a mis hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre, por su sencillez al enseñarme a ver la vida de otra forma, por creer en mí.

A mi madre, por su paciencia, confianza, valores inculcados y por sus atenciones.

A mis hermanos, Alexandro y Diego, por su compañía y seguimiento.

A la ESPE-L, por darme la posibilidad de formarme.

A Xavier Gómez, por ser el mentor de mi carrera y por su amistad.

A Carlo Bosisio, por enseñarme a trabajar, por creer en mí y por sus atenciones.

A la OMG, por abrirme sus puertas con mucha disponibilidad.

A la familia Enríquez García por abrirme las puertas de su casa en mi estadía por Latacunga.

A todos mis amigos Ricardo, José Luis, Marcos, Maria Isabel, Lenin, Mauricio, Cristina y a todos los que sin mencionarlos los tengo presentes, por su apoyo, por creer en mi y por los buenos momentos transcurridos juntos.

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y ADAPTACION DE UN MONTACARGAS A  
UN TRACTOR AGRICOLA.**

## **PROLOGO:**

He pensado en la realización de este proyecto, porque creo y quiero demostrar al país que nosotros podemos hacer mucho, solo con un poco de imaginación e inventiva.

Teniendo la disponibilidad de un tractor agrícola en una vieja hacienda de la provincia de Cotopaxi, me planteé la posibilidad de adaptar un montacargas al mismo.

En un inicio fue solo una idea vaga, hasta que después de consultar con personas afines de la facultad me di cuenta de que era un proyecto viable y factible en su totalidad. Animado por esto, decidí plantearlo como mi proyecto de tesis de grado.

# ÍNDICE

	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG.</b>
<b>I.-</b>	<b>FUNDAMENTOS</b>	<b>1</b>
1.-	HIDRÁULICA	1
1.1.-	HIDROSTÁTICA	1
1.2.-	HIDRODINÁMICA	1
2.-	PROPAGACIÓN DE LA PRESIÓN	3
2.1.-	MULTIPLICACIÓN DE LA FUERZA	4
2.2.-	MULTIPLICACIÓN DEL RECORRIDO	5
2.3.-	MULTIPLICACIÓN DE LA PRESIÓN	6
2.4.-	PRESIÓN HIDROSTÁTICA	7
3.-	POTENCIA	8
4.-	DENSIDAD	10
5.-	FLUJO VISCOSO	11
6.-	TURBULENCIA	13
<b>II.-</b>	<b>DISEÑO HIDRÁULICO</b>	<b>14</b>
1.-	CALCULO DE FUERZAS	14
1.1.-	CALCULO DE FUERZAS PARA DOS CILINDROS EN PARALELO DE LEVANTE	14
1.2.-	CILINDRO DE INCLINACIÓN	19
2.-	ELEMENTOS	23
2.1.-	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS	23
2.1.1.-	BOMBAS HIDRÁULICAS	23
2.1.1.1.-	BOMBA DE ENGRANAJES	23
2.1.1.2.-	BOMBAS DE PALETAS	24
2.1.1.3.-	BOMBAS DE ÉMBOLOS AXIALES	25
2.1.1.4.-	SÍMBOLOS PARA LAS BOMBAS Y MOTORES HIDRÁULICO	26
2.1.2.-	EQUIPO DE ACCIONAMIENTO	27
2.1.2.1.-	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN	27
2.1.2.2.-	SÍMBOLOS PARA VÁLVULAS DE PRESIÓN	28
2.1.3.-	REGULACIÓN DE CAUDAL	29
2.1.3.1.-	VÁLVULAS DE CAUDAL	29
2.1.4.-	CILINDROS	32
2.1.4.1.-	CILINDROS DE SIMPLE EFECTO	32

2.1.4.2.-	CILINDROS DE DOBLE EFECTO	33
2.1.4.3.-	TIPOS DE CONSTRUCCIÓN ESPECIALES	35
2.1.4.3.1.-	CILINDRO DIFERENCIAL	35
2.1.4.3.2.-	CILINDRO TELESCOPICO	35
2.1.4.3.3.-	CILINDRO CON AMORTIGUACIÓN	35
2.1.4.3.4.-	LOS MULTIPLICADORES DE PRESIÓN	36
2.1.5.-	VÁLVULAS DIRECCIONALES	37
2.1.5.1.-	VÁLVULA DIRECCIONAL 2/2	37
2.1.5.2.-	VÁLVULA DIRECCIONAL 3/2	38
2.1.5.3.-	VÁLVULA DIRECCIONAL 4/2	38
2.1.5.4.-	VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3	38
2.1.6.-	ACCIONAMIENTO DE VÁLVULAS	39
2.1.7.-	RETENCION/ACEITE HIDRÁULICO	40
2.1.8.-	ACEITE HIDRÁULICO	41
2.1.9.-	VÁLVULAS DE CIERRE	43
2.1.10.-	VÁLVULAS DE RETENCIÓN O VÁLVULA CHECK	43
2.1.11.-	ACCESORIOS	45
2.1.11.1.-	MANÓMETROS	45
2.1.11.2.-	FILTROS	45
2.1.11.3.-	ACUMULADORES	47
2.1.12.-	TUBERÍAS	48
2.1.12.1.-	RESISTENCIA DE LAS TUBERÍAS	48
2.1.12.2.-	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	49
2.1.12.3.-	DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS	49
2.1.12.4.-	LONGITUD DE LAS TUBERÍAS	50
2.1.13.-	RACORERIA	51
2.1.13.1.-	RACOR CÓNICO CON FILO CORTANTE	51
2.1.13.2.-	RACOR DE EJECUCIÓN A TOPE	52
2.1.13.3.-	UNIÓN EMBRIDADA	52
2.1.13.4.-	PURGA	52
2.1.14.-	MONTAJE DE TUBERÍAS	54
2.1.14.1.-	INDICACIONES DE MONTAJE PARA TUBOS	54
2.1.14.2.-	TUBOS FLEXIBLES	55
	ACOPLAMIENTOS ENCHUFABLES PARA TUBOS	
2.1.14.3.-	FLEXIBLES	56
3.-	DISEÑO DE CIRCUITOS HIDRAULICOS	58
3.1.-	DISEÑO HIDRÁULICO EN STAND BY	58
3.2.-	DISEÑO HIDRÁULICO EN FUNCIONAMIENTO	59
III.-	<b>DISEÑO MECÁNICO</b>	<b>60</b>
1.-	DISEÑO MECÁNICO	60



1.1.-	TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE VERTICAL	60
1.2.-	FORMULAS ESPECIALES PARA LA TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE	61
1.3.-	FUERZA EN LOS PINES DE LOS BRAZOS DE LA ESTRUCTURA	62
1.4.-	FUERZA EN EL PIN CENTRAL DEL CILINDRO DE INCLINACIÓN	62
2.-	SELECCIÓN DE MATERIALES	64
3.-	TIPO DE SOLDADURA	65
3.1.-	SOLDADURA AL ARCO CON ELECTRODO METÁLICO	65
3.2.-	ELECTRODOS DE VARILLA	65
3.3.-	PROCESO DE LA SOLDADURA	66
3.4.-	REGLAS ANTES DE SOLDAR	67
4.-	CALCULO ESTRUCTURAL	68
4.1.-	COLUMNAS CARGADAS EN FORMA EXCÉNTRICA	68
IV.-	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>70</b>
1.-	REALIZACIÓN PRACTICA DE LA TESIS	70
2.-	IMPLEMENTACIÓN	75
3.-	SEGURIDADES	83
V.-	<b>ADAPTACIÓN Y PRUEBAS</b>	<b>86</b>
1.-	INTRODUCCIÓN ACERCA DEL TRACTOR	86
2.-	INSTALACIÓN DEL PROYECTO EN EL TRACTOR AGRÍCOLA Y MANUAL DE FUNCIONAMIENTO	90
3.-	PRUEBAS DE PROYECTO	95
4.-	MANTENIMIENTO	99
5.-	TIPO DE MAQUINAS A LAS CUALES ES ADAPTABLE EL MONTACARGAS	100
6.-	INICIO DEL PROYECTO EN SU TRABAJO	101
VI.-	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>102</b>
1.-	CONCLUSIONES	102
2.-	RECOMENDACIONES	104
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	
	DICCIONARIO TECNICO	



# **I.-FUNDAMENTOS**

## **1.- HIDRÁULICA**

### **1.1.- HIDROSTÁTICA**

Hidro = agua = fluido

Estática = reposo

Hidroestática = leyes de los fluidos en reposo<sup>1</sup>

Cuando el fluido que se encuentra en el interior de un sistema cerrado de recipientes y tuberías se pone bajo presión en un lugar cualquiera mediante la aplicación de una fuerza, esta energía de presión puede tomarse de nuevo como fuerza en cualquier otro lugar del sistema.

Cuando deba realizarse un trabajo en el lugar de toma, ha de fluir líquido del sistema, pues trabajo es igual a fuerza por espacio. Así pues, en una instalación hidráulica se cumplen también algunas leyes de la hidrodinámica.

### **1.2.- HIDRODINÁMICA**

Hidro = agua = fluido

Dinámica = movimiento

Hidrodinámica = leyes de los fluidos en movimiento

En un sistema abierto de recipientes y tuberías, un fluido adquiere una velocidad de flujo muy alta si la altura de caída es grande. En el extremo de

---

<sup>1</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984

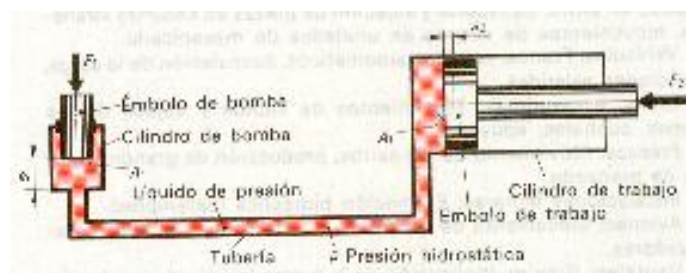
la tubería, la energía cinética puede transformarse en trabajo mecánico, por ejemplo, en movimiento de rotación.

Una instalación será hidrostática o dinámica según el tipo de transmisión de energía: hidrostática = energía de presión, hidrodinámica = energía cinética.

Así pues, las instalaciones hidráulicas, aunque el líquido fluye y por consiguiente se rigen por algunas leyes de la hidrodinámica, pertenecen a las instalaciones hidrostáticas, porque la transmisión de energía se efectúa principalmente mediante energía de presión.

En este sistema hidrostática hay equilibrio porque las magnitudes de las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$  son directamente proporcionales a las magnitudes de las áreas  $A_1$  y  $A_2$ . En este caso reina en el líquido la presión  $p$ .

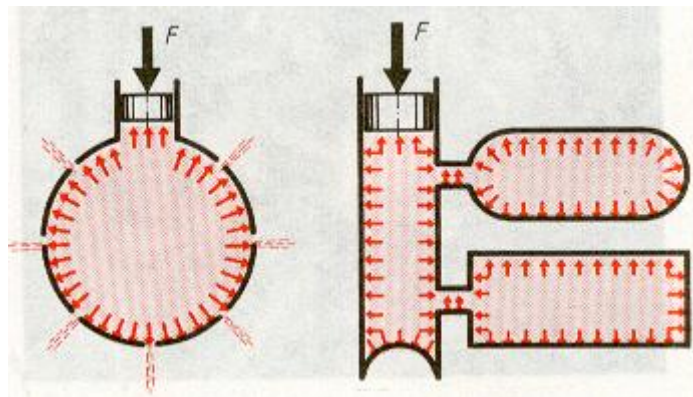
Para que el émbolo de trabajo realice el desplazamiento  $s_2$  el émbolo de bomba ha de efectuar el recorrido  $s_1$ .



## PROPAGACIÓN DE LA PRESIÓN

**Si se ejerce una presión en un punto cualquiera de un líquido dentro de un sistema cerrado, la totalidad del líquido estará a la misma presión.**

**Las fuerzas que se producen como consecuencia de ello actúan siempre en sentido normal ( $90^\circ$ ) a las paredes del recipiente. Esta es la razón de que los recipientes de presión tengan el fondo abombado hacia afuera o hacia dentro por motivos de seguridad: aerosoles, calderas de vapor, botellas de vino espumoso, botellas de oxígeno.**



## MULTIPLICACIÓN DE FUERZA

Cuando a través del émbolo 1 con el área  $A_1$ , actúa una fuerza  $F_1$  sobre un líquido, se produce en éste la presión  $p$ . La presión del líquido es la fuerza con que el mismo actúa sobre  $1 \text{ cm}^2$  en la superficie de la carcasa y del émbolo.

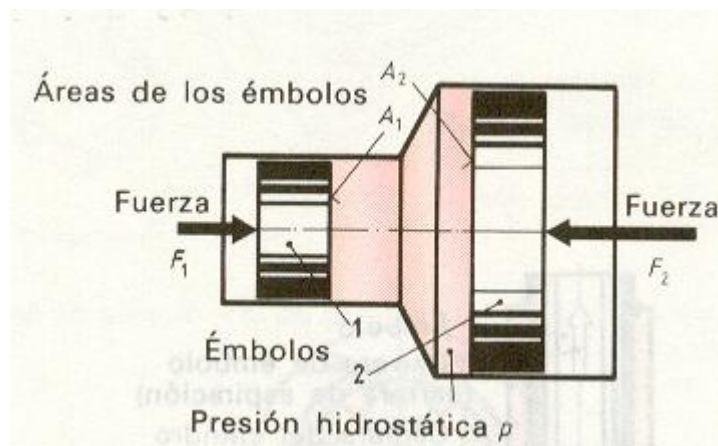
$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

Esta presión actúa también sobre el área  $A_2$  del émbolo 2, más grande, que está bajo la acción del líquido. Sólo podrá mantenerse el equilibrio o lo que es igual, sólo podrá actuar la fuerza  $F_2$  de magnitud correspondiente.

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

$$F_1 : F_2 = A_1 : A_2$$

**Fuerzas y áreas son directamente proporcionales**



## MULTIPLICACIÓN DEL RECORRIDO

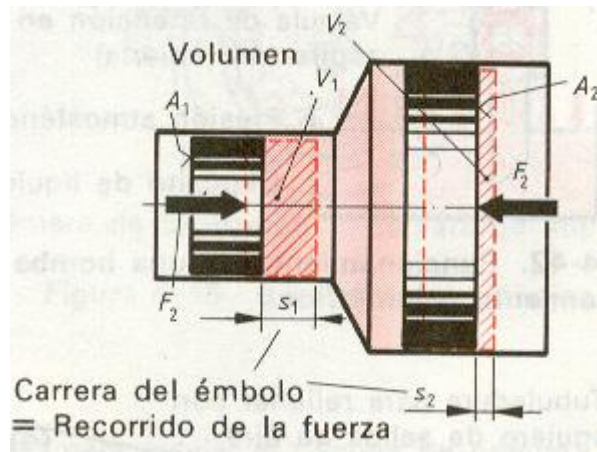
Según la regla de oro de la mecánica, lo que se gana en fuerza se pierde en recorrido:

Trabajo = fuerza por espacio  $W_1 = F_1 \cdot s_1$   $W_2 = F_2 \cdot s_2$

$W_1$  en el émbolo 1 =  $W_2$  en el émbolo 2  $F_1 \cdot s_2 = F_2 \cdot s_1$

$$F_1 : F_2 = s_2 : s_1$$

**Fuerzas y áreas son inversamente proporcionales**



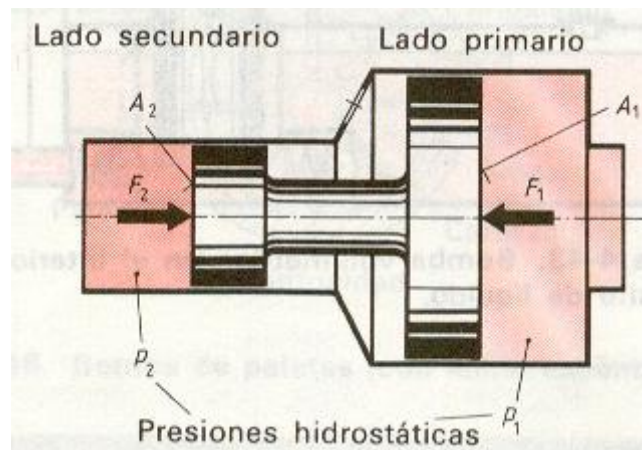
## MULTIPLICACIÓN DE LA PRESIÓN

Cuando en lado primario del émbolo diferencial actúa la presión del líquido  $p_1$  sobre el área del émbolo  $A_1$ , se produce en el émbolo la fuerza  $F_1$ ,  $F_2 = p_1 \cdot A_1$ .

Para que haya equilibrio deber ser  $F_1 = F_2$ . Pero en el lado secundario el área de émbolo  $A_2$  es más pequeña y así pues la presión  $p_2$  tiene que ser mayor.

$$p_1 : p_2 = A_1 : A_2$$

**Presiones y áreas son inversamente proporcionales**





## PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática se indica en “bar”. Un bar corresponde al efecto de una fuerza de 10 N sobre una superficie de 1 cm<sup>2</sup>.

$$1 \text{ bar} = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2} = \frac{1 \text{ daN}}{1 \text{ cm}^2} \quad \boxed{p = \frac{F}{A}}$$

Ejemplo: un émbolo de bomba tiene un área de 1,5 cm<sup>2</sup> y ejerce sobre el líquido una fuerza de 500 N. ¿Cuál será la presión hidrostática?

$$p = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ N}}{1,5 \text{ cm}^2} = \frac{50 \text{ daN}}{1,5 \text{ cm}^2} = \underline{33,3 \text{ bar}}$$

## POTENCIA

Con frecuencia, nos interesa mucho saber la rapidez con la que se puede hacer determinada tarea, a la vez que la energía que se consumirá en ellas. Si pensamos que hay un sótano anegado se puede planear utilizar una cubeta o una bomba de motor para elevar la EP del agua a la correspondiente al nivel del piso, esto es, sacarla del sótano.

La energía empleada, sin tomar en cuenta las pérdidas por fricción, será igual sea cual fuere el método empleado, pero si nos dan a escoger, no vacilaremos en utilizar el método más rápido y potente.

Hasta ahora sólo nos hemos ocupado de la energía de un objeto y del trabajo efectuado por o contra las fuerzas externas. No hemos investigado qué tan rápidamente se obtiene la energía o con qué rapidez se hace el trabajo. La velocidad a la que se hace el trabajo se llama potencia. Esto es, la potencia, presentada por la letra P, es el trabajo efectuado por una unidad de tiempo:

$$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

es la potencia promedio durante el intervalo de tiempo  $\Delta t$  en el cual se efectúa cierto trabajo  $\Delta W$ . La potencia instantánea<sup>2</sup> es

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

---

<sup>2</sup> Frank J. Blatt: Fundamentos de Física; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1991.

La dimensión de la potencia es

$$[P] = \frac{[\text{Energía}]}{[\text{Tiempo}]} = \frac{[M][L]^2}{[T]^3}$$

La unidad de potencia en el SI, el joule por segundo, se llama watt (W), en conmemoración a James Watt (1736-1819), quien más que nadie, demostró al mundo los beneficios que se pueden tener al controlar la potencia de las máquinas de vapor.

Otra unidad de potencia es el caballo (horse power), que es igual a 746 W.

A potencia constante, la aceleración del automóvil no es constante, sino que disminuye continuamente. Por tanto, la fuerza que impulsa al automóvil hacia delante tampoco es constante, disminuye poco a poco aunque la potencia, o sea la rapidez con la que se produce la energía en el motor, sea constante.

#### 4.- DENSIDAD

La densidad es una de esas propiedades intrínsecas de los materiales, la que más se utiliza en la vida diaria y la que se entiende más fácilmente. A menudo podemos adivinar si una moldura de automóvil está hecha de plástico metalizado o de acero, sólo con sostenerla estimando su peso y comparándolo con su tamaño. De hecho, se está determinando su densidad, para ser exactos, su densidad de peso.

La densidad de *masa*  $\rho$  de una sustancia se define como la *masa por unidad de volumen*. Esto es,

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Por tanto, la masa de un objeto se determina por

$$m = \rho V$$

y su peso es

$$W = mg = \rho g V$$

en donde  $V$  es el volumen del objeto. La unidad SI para la densidad es el kilogramo por metro cúbico; su dimensión es  $[M]/[L]^3$ .

## 5.- FLUJO VISCOSO

Definimos a un flujo como una sustancia que no puede sostener en equilibrio a un esfuerzo de corte. El calificador crucial aquí es la frase “en equilibrio”. En efecto, generalmente se necesita un esfuerzo de corte para mantener un flujo constante en una capa de fluido con respecto a otra, y la magnitud de ese esfuerzo de corte es una medida de la *viscosidad* del fluido. El *coeficiente de viscosidad* (llamado comúnmente viscosidad) se define como

$$\eta = \frac{F/A}{v/\ell}$$

en donde  $F/A$  es el esfuerzo de corte necesario para mantener un flujo laminar tal que dos lugares del fluido separados por una distancia tengan una velocidad relativa de  $v$ .

La unidad de viscosidad en el SI es el pascal segundo, Pa·s, que tiene la dimensión  $[M]/([L][T])$ . Una unidad antigua, muy usada todavía, es el *poise*. 1 poise = 0.1 Pa·s; las viscosidades de líquido y de gas a menudo se dan en centipoises. (Un centipoise =  $10^{-2}$  poise = 1 milipascal segundo). La viscosidad de los líquidos es una función bastante dependiente de la temperatura, un hecho muy conocido de los propietarios de automóviles en las latitudes altas, en donde durante los meses de invierno a veces el aceite del motor se vuelve tan viscoso que es muy difícil dar vuelta a la flecha del cigüeñal.

Cuando un líquido viscoso fluye por el tubo, la capa monomolecular de líquido inmediatamente adyacente a la pared que no se mueve del tubo también está en reposo. La velocidad del flujo es máxima en el centro del tubo, y el perfil general de la velocidad es parabólico. El simple hecho que se deba mantener un exceso de presión para sostener el flujo significa que hay fuerzas de fricción que actúan sobre el líquido, que se oponen al movimiento y que deben superarse. Esto constituye la pérdida por viscosidad o por fricción.

Los argumentos anteriores sugieren que dada cierta diferencia de presiones a lo largo de un tubo, la velocidad media del flujo aumentará de acuerdo con el diámetro del tubo.

## 6.- TURBULENCIA

Cuando la rapidez del flujo rebasa cierta velocidad crítica, el flujo ya no es laminar y se transforma en turbulento<sup>3</sup>.

El parámetro que se utiliza para caracterizar el flujo de un fluido es el número de Reynolds, que se define como

$$R_n = \frac{\rho v \ell}{\eta}$$

en donde  $\rho$  es la densidad del fluido,  $\eta$  su viscosidad,  $v$  su velocidad y  $\ell$  es la longitud característica del conducto por donde corre el fluido; para el flujo a través de un tubo cilíndrico, esa longitud es el radio del tubo.

Experimentalmente se ha observado que en un tubo con paredes lisas hay turbulencia cuando  $R_n$  es del orden de 2000. Si el tubo no es liso o tiene curvaturas se observa turbulencia, aunque el número de Reynolds sea menor.

La resistencia al flujo es mayor si el flujo es turbulento, a comparación con el flujo laminar. De este modo, si la ecuación de Poisseuille se aplicará en los casos en los que la velocidad rebasa la velocidad crítica y se observa turbulencia, los resultados no serán exactos.

---

<sup>3</sup> Víctor L. Streeter: Mecánica de Fluidos; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1995.

## II.- DISEÑO HIDRÁULICO

### 1.- CALCULO DE FUERZAS.

#### 1.1.- CALCULO DE FUERZAS PARA LOS DOS CILINDROS EN PARALELO DE LEVANTE.

**Área.-**  $A = \pi * D / 4 \text{ (m}^2\text{)}$

**Caudal.-**  $Q = A * \text{Vel} \text{ (cm}^3\text{/min)}^4$

**Velocidad del fluido.-**  $\text{Vel} = Q/A \text{ (m/s)}$

**Presión.-**  $P = F/A \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

**Densidad.-**  $d = m/v \text{ (g/cm}^3\text{)}$

**Reynolds.-**  $R = V * D * \partial/\mu$

**Flujo laminar.-**  $f = 64/R$

**Diámetro del cilindro.-**  $D = 6 \text{ cm}$

**Densidad del fluido.-**  $\partial = 888,23 \text{ kg/m}^3$

**Viscosidad=**  $0,00090 \text{ m}^2\text{/s}$

**Carrera del pistón 190 cm**

*Cubicaje del cilindro= 5327,12 cm<sup>3</sup>*

1 atm= 1,013 bar

1 HP= 746 w

En 1 minuto un motor a diesel da 500 revoluciones.

En 1 segundo un motor a diesel da 8,33 revoluciones.

En 0,12 segundos un motor diesel da una revolución.

---

<sup>4</sup> John Deere: Parts Catalog 2650, 2650 N, 2850 Tractors Synchronized Transmission; John Deere Werke, Manheim Alemania, 1989.



## **Área del cilindro 1 de levante**

$$A = \pi * D / 4 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = \pi * 6 \text{ cm} / 4$$

$$A = 28,27 \text{ cm}^2$$

**Área del cilindro 1 de levante = Área del cilindro 2 de levante**

## **Caudal obtenido del manual John Deere**

$$Q = A * \text{Vel} \text{ (cm}^3\text{/min)}$$

$$Q = 40 \text{ cm}^3\text{/rev}$$

$$Q = 40 \text{ cm}^3\text{/rev} * 500 \text{ rev/min}$$

$$Q = 20000 \text{ cm}^3\text{/min}$$

$$Q = 333,33 \text{ cm}^3\text{/s}$$

$$Q = 3,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3\text{/s}$$

## **Velocidad del fluido**

$$\text{Vel} = Q/A$$

$$\text{Vel} = 333,33 \text{ cm}^3\text{/s} / 28,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vel} = 11,79 \text{ cm/s}$$

## **Fuerza estimada a levantar**

$$F = 1000 \text{ kg.f}$$

$$F = 9810 \text{ N}$$

## Presión

$$P = F / A$$

$$P = 1000 \text{ kg} / 28,27 \text{ cm}^2$$

$$P = 35,37 \text{ bar}$$

$$P = 514,27 \text{ PSI}$$

## Trabajo

$$T = P/\partial$$

$$T = 3478723,4 \text{ N/m}^2 / 888,23 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 3916,46 \text{ J/kg}$$

## Masa de fluido en el cilindro

$$\partial = m/v$$

$$m = 5327,12 \text{ cm}^3 * 888,23 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3/100^3 \text{ cm}^3$$

$$m = 4,77 \text{ Kg}$$

## Trabajo

$$T = 3916,46 \text{ J/kg} * 4,77 \text{ Kg}$$

$$T = 18688,08 \text{ J}$$

## Potencia

Pot=  $T/t$

Pot= 18688,08 J/0,12 s

Pot= 155734 w

Pot= 155 Kw

Pot= 208,75 HP

## Determinación de la pérdida de la cabeza

$$Q = 333,33 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Temp} = 20 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P = 3478723,4 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,06 \text{ m}$$

$$V = 11,8 \text{ cm/s}$$

$$\text{Viscosidad} = 0,00090 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mu = 0,00090 \text{ m}^2/\text{s} * 888,23 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,79 \text{ kg/m s}$$

### Reynolds

$$R = V * D * \rho / \mu$$

$$R = 0,11 \text{ m/s} * 0,06 \text{ m} * 888,23 \text{ kg/m}^3 / 0,79 \text{ kg/m.s}$$

$$R = 7,42$$

Flujo laminar  $\leq 2000$  Reynolds

### Coefficiente de rugosidad del hierro galvanizado

$$\varepsilon/D = 0,0005/0,06$$

$$\varepsilon/D = 8,33 \times 10^{-3}$$

### Flujo laminar

$$f = 64/R \rightarrow \text{diagrama de Moody}$$

$$f = 64/7,42$$

$$f = 8,62$$

$$h_f = f \cdot (L \cdot \text{Vel}^2 / D \cdot 2g)$$

$$h_f = 8,62 (1,9 \text{ m} \cdot (0,11 \text{ m/s})^2 / 0,06 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$h_f = 8,62 (1,9 \text{ m} \cdot (0,0121 \text{ m}^2/\text{s}^2) / 0,06 \text{ m} \cdot 19,6 \text{ m/s}^2)$$

$$h_f = 8,62 (0,0229 \text{ m}^3/\text{s}^2 / 1,176 \text{ m}^2/\text{s}^2)$$

$$h_f = 8,62 (0,0195 \text{ m})$$

$$h_f = 0,016 \text{ m}$$

## 1.2.- CILINDRO DE INCLINACIÓN.

### Caudal

$$Q = 333,33 \text{ cm}^3/\text{s}$$

### Área del cilindro de inclinación.

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$A = \pi * 8^2 \text{ cm}^2 / 4$$

$$A = \pi * 64 \text{ cm}^2 / 4$$

$$A = 50,26 \text{ cm}^2$$

## Carrera del pistón 10 cm

### Volumen del cilindro de inclinación

$$V = A * \text{carrera}$$

$$V = 50,26 \text{ cm}^2 * 10 \text{ cm}$$

$$V = 502,6 \text{ cm}^3$$

$$V = 502,6 \text{ cm}^3 * (1 \text{ m}^3 / (100 \text{ cm})^3)$$

$$V = 502,6 \text{ cm}^3 * (1 \text{ m}^3 / 1000000 \text{ cm}^3)$$

$$V = 5,026 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

## Velocidad del fluido

$$\text{Vel} = Q/A$$

$$\text{Vel} = 333,33 \text{ cm}^3/\text{s} / 50,26 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vel} = 6,63 \text{ cm/s}$$



### Fuerza

$$\text{Sen } 15^\circ = wx/w$$

$$wx = w * \text{sen } 15^\circ$$

$$wx = 1000 \text{ kg.f} * \text{sen } 15^\circ$$

$$wx = 1000 \text{ kg.f} * 0,258$$

$$wx = 258,82 \text{ kg.f} * 9,8$$

$$wx = 2536,42 \text{ N}$$

### Presión

$$P = F/A$$

$$P = wx/A$$

$$P = 2536,42 \text{ N} / 50,26 \text{ cm}^2$$

$$P = 50,46 \text{ N/cm}^2$$

$$P = 50,46 \text{ N/cm}^2 * ((100 \text{ cm})^2 / 1 \text{ m}^2)$$

$$P = 50,46 \text{ N/cm}^2 * (10000 \text{ cm}^2 / 1 \text{ m}^2)$$

$$P = 504600 \text{ N/m}^2$$

### Trabajo

$$T = P/\partial$$

$$T = 504600 \text{ N/m}^2 / 888,23 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 568,09 \text{ J/kg}$$

## Masa de fluido en el cilindro

$$\partial = m/V$$

$$m = \partial * V$$

$$m = 888,23 \text{ kg/m}^3 * 5,026 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 0,446 \text{ Kg}$$



## Trabajo

$$T = 568,09 \text{ J/kg} * 0,446 \text{ Kg}$$

$$T = 253,368 \text{ J}$$

## Potencia

$$\text{Pot} = T/t$$

$$\text{Pot} = 253,368 \text{ J}/0,12 \text{ s}$$

$$\text{Pot} = 2111,40 \text{ w}$$

$$\text{Pot} = 2,11 \text{ kw}$$

$$\text{Pot} = 2,83 \text{ hp}$$

## Determinación de la pérdida de la cabeza

$$Q = 333,33 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\text{Temp} = 20 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 50,26 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vel} = 6,63 \text{ cm/s}$$

## Reynolds

$$R = \text{Vel} * D * \rho / \mu$$

$$R = 0,0663 \text{ m/s} * 0,08 \text{ m} * 888,23 \text{ kg/m}^3 / 0,00090 \text{ m}^2/\text{s} * 888,23 \text{ kg/m}^3$$

$$R = 4,71 \text{ kg/m.s} / 0,79 \text{ kg/m.s}$$

$$R = 5,96$$

## Coefficiente de rugosidad del hierro galvanizado

$$\varepsilon / D = 0,0005/0,08$$

$$\varepsilon / D = 6,25 \times 10^{-3}$$

### Flujo laminar

$$f = 64 / R \rightarrow \text{diagrama de Moody}$$

$$f = 64 / 5,96$$

$$f = 10,73$$

$$hf = f * (L * Vel^2 / D * 2g)$$

$$hf = 10,73 * (0,10 \text{ m} * (0,0663 \text{ m/s})^2 / 0,08 \text{ m} * 2 * 9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$hf = 10,73 * (0,10 \text{ m} * 4,39 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2 / 1,568 \text{ m}^2/\text{s}^2)$$

$$hf = 10,73 * 4,39 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}^2 / 1,568 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$hf = 4,71 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}^2 / 1,568 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$hf = 3,004 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$hf = 0,003004 \text{ m}$$

## **2.- ELEMENTOS**

### **2.1. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS**

#### **2.1.1. BOMBAS HIDRAULICAS<sup>5</sup>**

**Las instalaciones hidráulicas que requieren una corriente de líquido que fluya constantemente, tienen siempre bombas cuyo caudal o permanece constante o es variable. Son bombas de desplazamiento volumétrico que, accionadas por motores eléctricos o de otro tipo, producen una corriente de caudal casi constante, mediante varios émbolos u otros elementos de desplazamiento.**

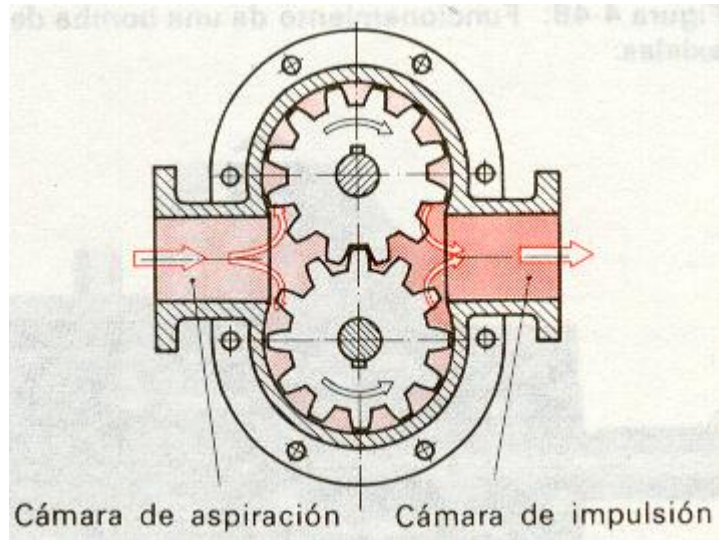
##### **2.1.1.1. BOMBA DE ENGRANAJES.**

El líquido es arrastrado por los huecos de diente de las ruedas dentadas, desde la cámara de aspiración a la cámara de impulsión. El desplazamiento del líquido en la cámara de impulsión se efectúa debido a que los huecos de diente de cada rueda se van rellendo recíprocamente por los dientes de la rueda contraria. Se consiguen presiones de hasta 200 bar. El caudal no

---

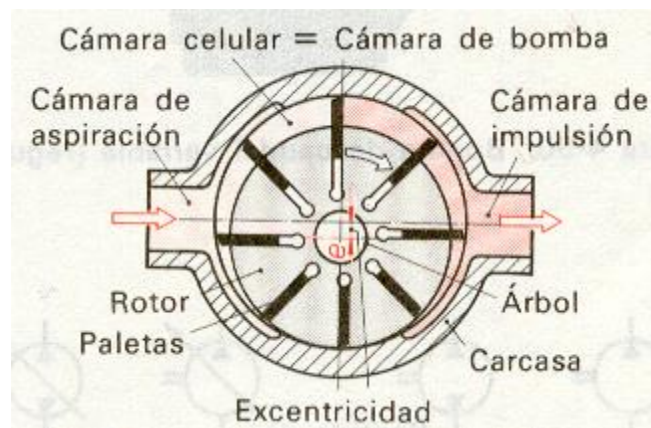
<sup>5</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

puede variar, si el número de revoluciones de accionamiento permanece constante.



### 2.1.1.2. BOMBAS DE PALETAS.

El espacio que queda entre la carcasa circular y el rotor, que es más pequeño, se subdivide en celdas o cámaras de bomba mediante placas desplazables radialmente denominadas paletas. Las paletas se ajustan en las ranuras del rotor y se aprietan contra la pared de la carcasa, mediante muelles o presión hidrostática.



**En la ejecución en anillo excéntrico, el centro del rotor está dispuesto excéntricamente respecto al anillo de la carcasa, de tal modo que, al girar el rotor, las celdas van haciéndose mayores en un lado (lado de aspiración) y más pequeñas en el otro (lado de impulsión). El líquido se desplaza desde estas últimas. El caudal depende de la magnitud de la excentricidad. En algunas bombas ésta puede regularse, con lo cual varía el caudal de la bomba. Dichas bombas reciben el nombre de bombas de caudal variable.**

e grande	caudal grande
e pequeña	caudal pequeño
e = 0	no se transporta líquido

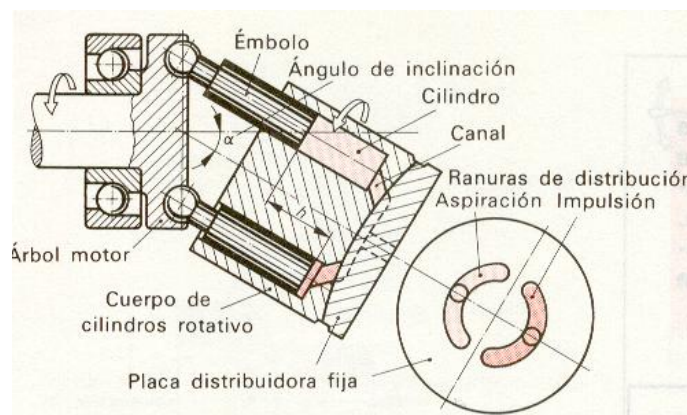
### **2.1.1.3. BOMBAS DE ÉMBOLOS AXIALES.**

**Esta es la bomba que posee el tractor con el que se ha realizado esta tesis.**

La construcción fundamental viene dada por el árbol de transmisión, cinco, siete o nueve émbolos; un bloque con cilindros y una placa distribuidora. Los émbolos tienen alojadas sus cabezas esféricas en el árbol de transmisión de forma que pueden girar, y sus partes cilíndricas en los cilindros correspondientes del bloque. El árbol de transmisión y el bloque de cilindros giran

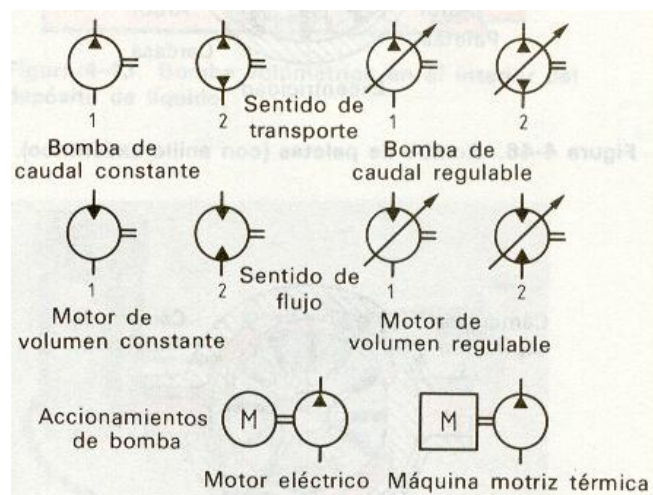
alrededor de sus ejes formando entre sí un determinado ángulo  $\alpha$  de manera que los émbolos efectúen cierta carrera en los cilindros. La longitud de carrera  $h$  se reduce si disminuye el ángulo de inclinación  $\alpha$ . Al girar el bloque de cilindros, los canales de estos pasan sobre las ranuras de distribución de la placa de distribución, fija, y de este modo se comunican alternativamente con el conducto de aspiración o con el de impulsión. En las bombas de caudal constante las partes de la bomba se encuentran en una carcasa que no permite regular el ángulo de inclinación. El caudal es siempre el mismo, es decir, constante. Las bombas de émbolos axiales en su configuración como bomba de caudal variable proporcionan caudales comprendidos entre 0 cuando  $\alpha = 0$  y un valor máximo con ángulo de inclinación  $\alpha$  máximo. La salida del líquido a presión se efectúa por el eje articulado.

La entrada puede realizarse a través de una corta tubuladura de aspiración cuando la bomba se halla por debajo del nivel del líquido; ha de efectuarse por el eje articulado cuando la bomba está dispuesta por encima del nivel del líquido y aspira a través de un tubo.



#### 2.1.1.4. SÍMBOLOS PARA LAS BOMBAS Y LOS MOTORES HIDRÁULICOS.

Las bombas o motores se representan como círculos, con un trozo del árbol de accionamiento o del árbol de salida y dos conexiones de tubería. Los triángulos llenos indican el sentido de circulación del líquido. Las flechas largas y oblicuas significan posibilidad de regulación. Las bombas pueden accionarse por medio de motores eléctricos o de combustión.



#### 2.1.2. EQUIPO DE ACCIONAMIENTO.<sup>6</sup>

Con una válvula limitadora de presión dispuesta detrás de la bomba, se protege la instalación hidráulica contra presiones

<sup>6</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

excesivas del líquido. Esta válvula se abre cuando se sobrepasa la presión máxima. El motor de accionamiento, la bomba, la válvula limitadora de presión y el depósito de líquido suelen estar montados en forma compacta, formando un equipo.

### 2.1.2.1. VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN.-

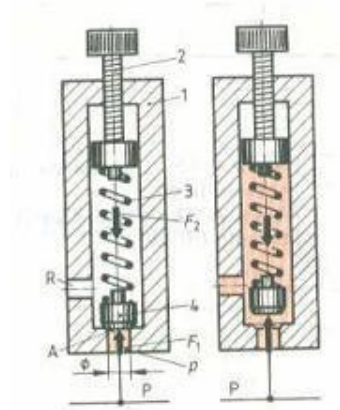
Está compuesta del cuerpo 1, el husillo de regulación 2, el muelle 3 y el cono de válvula 4. La válvula permanece cerrada en tanto la fuerza  $F_1$  es el producto de multiplicar la presión del líquido  $p$  que hay en la tubería de presión  $P$  por el área  $A$ , sometida a la acción del líquido.

$$F_1 = p \cdot A$$

Si aumenta la presión del líquido  $p$  de manera que  $F_1$  sea mayor que  $F_2$ , se abre la válvula y el líquido puede fluir a la tubería de retorno  $R$  hasta que desciende la presión y la fuerza de retroceso del muelle cierra de nuevo la válvula. Cuando el aumento de presión tiene lugar muy rápidamente, la válvula no reacciona de inmediato, por lo que pueden producirse «picos de presión» en la instalación.

Mediante el husillo de regulación puede modificarse la fuerza de retroceso del muelle y con ello el valor de la presión que abre la válvula.





## 2.1.2.2.SÍMBOLOS PARA VÁLVULAS DE PRESIÓN.

La forma fundamental es un cuadrado con las dos conexiones:

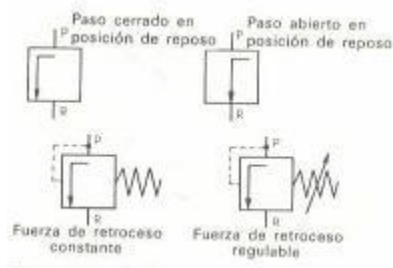
P = tubería de presión

R = tubería de retorno.

La flecha dibujada en el interior del cuadrado indica el sentido de paso. Si la flecha se encuentra fuera del centro, quiere decir que en la posición de reposo (posición 0, posición de montaje) está cerrado el paso y no se abre hasta que actúa una fuerza.

En la segunda representación contigua sucede lo contrario.

De los símbolos que se encuentran debajo, el de la izquierda muestra una válvula limitadora de presión con fuerza de muelle constante y el de la derecha con fuerza de muelle regulable. La línea de trazos indica que la fuerza que actúa en contra del muelle proviene de la tubería de presión.



### 2.1.3. REGULACION DEL CAUDAL.

**La velocidad de movimiento del émbolo de trabajo depende de la cantidad de líquido que entra. Cuando la bomba produce un caudal uniforme (Q en l/min), pero la velocidad del émbolo ha de ser variable, se instala en la tubería una válvula de caudal.**

#### 2.1.3.1. VÁLVULAS DE CAUDAL.

Existen dos formas posibles de estrechar la sección transversal: un diafragma de aristas vivas o un estrangulador tubular. Mediante el estrechamiento se produce una resistencia por fricción, transformándose energía de presión en energía térmica, lo cual se manifiesta como caída de presión en  $p_2$ . La diferencia de presión entre  $p_1$  y  $p_2$  se denomina diferencia de presión y se designa con  $\Delta p$  (delta). Junto con la sección transversal del diafragma o del estrangulador y la viscosidad del líquido a presión, es sobre todo la diferencia de presión la que determina la magnitud del

caudal en el tramo de tubería considerado. Puede decirse que una pequeña diferencia de presión origina un pequeño caudal y viceversa.

Con la válvula de caudal regulable puede hacerse variar la sección transversal en el lugar de la estrangulación y con ello el caudal que circula de P a A (tubería de trabajo. Pero en cuanto aumenta la presión  $p_2$  debido al aumento de la carga en el cilindro de trabajo, se reduce la diferencia de presión  $\Delta p$  y disminuye el caudal y la velocidad del cilindro de trabajo.

Por lo tanto, esta sencilla construcción sólo puede emplearse cuando la carga de trabajo es aproximadamente constante.

La válvula reguladora de caudal de dos vías mantiene constante  $\Delta p$  y con ello también el caudal, debido a que lleva incorporada una balanza de presión diferencial. La válvula tiene dos lugares de estrangulación  $D_1$  y  $D_2$ . La presión se reduce en dos etapas,  $p_1 \rightarrow p \rightarrow p_2$ . Función de la balanza:

Cuando asciende  $p_2$  en el cilindro de trabajo debido a un mayor trabajo, aumenta brevemente también la presión  $p$ . El émbolo-balanza abre por el lado del muelle el lugar de estrangulación  $D_2$  hasta que se restablece la diferencia de presión primitiva  $\Delta p$  entre  $p_1$  y  $p$ . La fuerza del muelle  $F_1$  y  $p$  en el lado derecho del émbolo, retienen la balanza con  $p_1$  en el lado izquierdo.

De este modo ha aumentado  $p_1$ , con lo cual se ha establecido de nuevo la diferencia de presión  $\Delta p$  ajustada primitivamente, de  $p_1$  a  $p_2$ , permaneciendo el caudal sin variación.

La válvula reguladora de caudal de tres vías reduce la presión en una etapa,  $p_1 \rightarrow p_2$  y descarga el caudal excedente a la tubería de retorno a través de la balanza.

Las válvulas reguladoras de caudal ocasionan pérdidas de potencia.

#### **2.1.4. CILINDROS.<sup>7</sup>**

**Los cilindros hidráulicos constan del cuerpo del cilindro y del émbolo. Su cometido es transformar la energía de presión del líquido en energía mecánica.**

**Ejecutan un movimiento rectilíneo. Todas las formas de construcción de los cilindros hidráulicos pueden reducirse a dos formas básicas: cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto.**

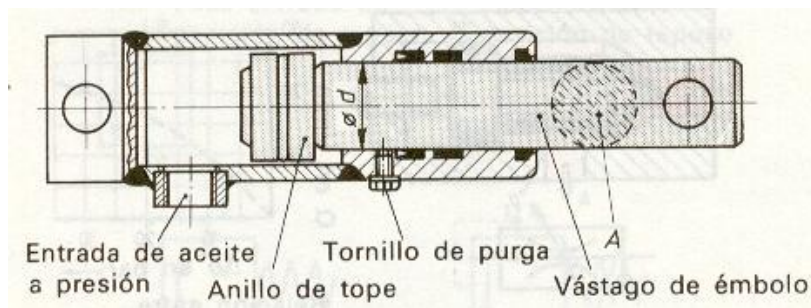
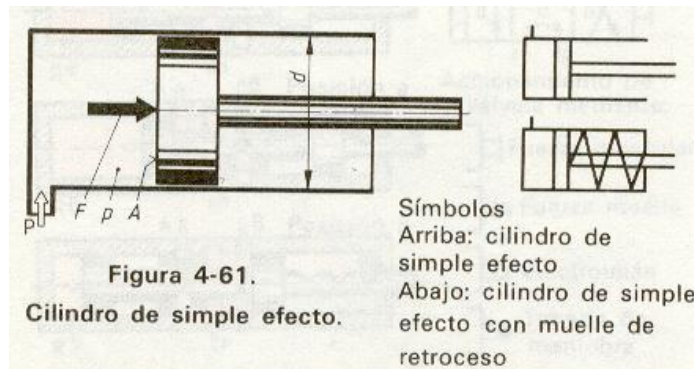
##### **2.1.4.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO.**

**Este tipo de cilindro sólo queda sometido a la acción del líquido a presión en un lado del émbolo. Por lo tanto, sólo se ejerce fuerza en un sentido. Cuando el émbolo alcanza la posición final en la carrera, ha de volver a su posición de partida mediante una fuerza externa (su propio peso cuando se trata de una disposición vertical, muelles de retroceso, etc.. En este caso ha de poder salir el líquido de la cámara del cilindro.**

---

<sup>7</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

La fuerza  $F$  producida en el vástago del émbolo se calcula multiplicando la presión del líquido  $p$  por el área del émbolo  $A$ . No son significativas las pérdidas del rozamiento.

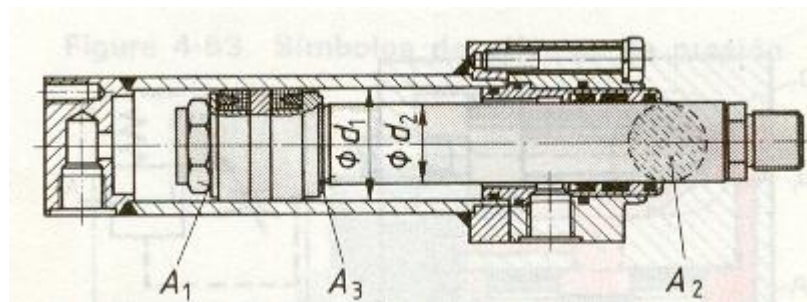
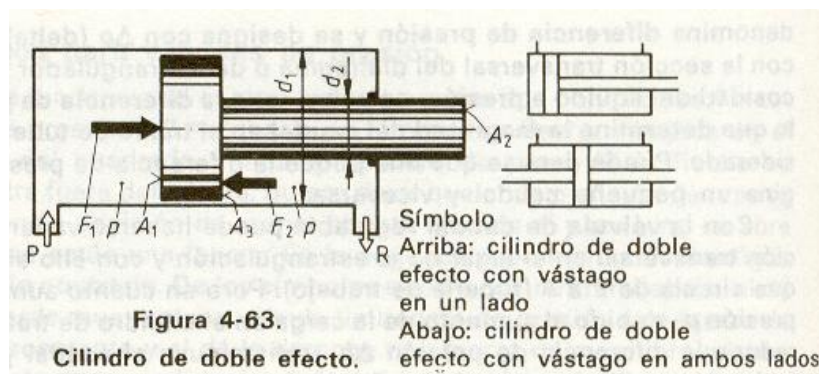


#### 2.1.4.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO.

Las áreas  $A_1$  y  $A_3$  del émbolo quedan alternativamente sometidas a la acción del líquido a presión, es decir que el émbolo retrocede a presión a la posición de partida. En los cilindros de construcción sencilla, que llevan vástago de émbolo sólo en un lado, tanto las fuerzas como las velocidades son diferentes en la ida y en el retroceso, aun siendo iguales la presión del líquido y el caudal. Durante la ida se impulsa el área de émbolo  $A_1$

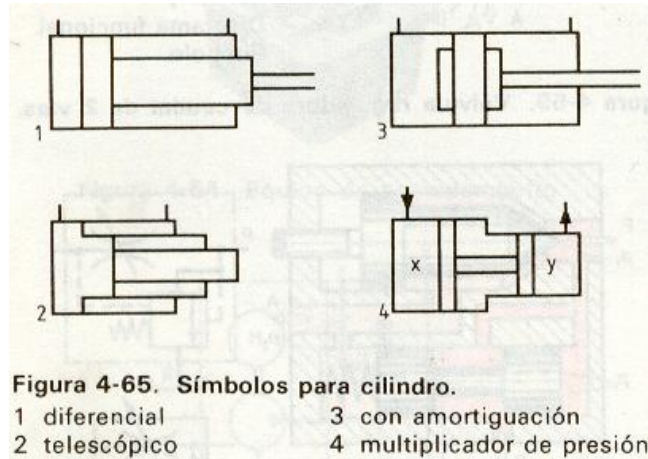
más grande, con lo cual la fuerza del émbolo es mayor. En cambio, la velocidad de ida es menor porque con el mismo caudal ha de llenarse una cámara de cilindro más grande. Durante el retroceso sucede exactamente lo contrario; el área de émbolo  $A_3$  es sólo el área de una corona circular, menor que el área  $A_1$  en la cuantía de la sección transversal del vástago de émbolo  $A_2$ .

La cámara del cilindro en el lado de vástago de émbolo es más pequeña en la cuantía del volumen del vástago, y por tanto se llena más rápidamente, o lo que es igual, el émbolo ha de desplazarse más rápidamente. En los cilindros de émbolo con vástago a ambos lados, las fuerzas y las velocidades son iguales en ambos sentidos.



### 2.1.4.3. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN ESPECIALES.

Los símbolos contiguos representan:



#### 2.1.4.3.1. CILINDRO DIFERENCIAL.

En este caso se alude especialmente a la relación de  $A_1$  a  $A_3$  y con ello a la relación de fuerzas y velocidades.

#### 2.1.4.3.2. CILINDRO TELESCÓPICO.

Los émbolos, guiados unos dentro de otros, proporcionan una longitud de carrera relativamente grande con una pequeña altura de construcción del cilindro. Se emplean frecuentemente en gatos elevadores.

#### 2.1.4.3.3. CILINDRO CON AMORTIGUACIÓN.



Es un dispositivo especial en el que unos cojines de muelles o líquidos impiden que el émbolo choque con dureza en las posiciones finales.

#### **2.1.4.3.4. LOS MULTIPLICADORES DE PRESIÓN**

Son así mismo cilindros, con los que se producen presiones máximas.

### **2.1.5. VALVULAS DIRECCIONALES.<sup>8</sup>**

**Una vez instalado un cilindro de doble efecto, ha de conducirse el flujo de líquido alternativamente a uno y otro lado del émbolo por medio de una válvula direccional.**

**Cuando la válvula está en la posición 0, el líquido retorna al depósito, el émbolo se encuentra inmóvil. En la posición A el líquido fluye hasta detrás del émbolo, impulsa a éste hacia fuera y la cantidad de líquido que hay delante del émbolo retorna al depósito. En la posición b el ciclo es a la inversa.**

**Las válvulas direccionales más empleadas son las de émbolo. Los símbolos muestran las conexiones, la circulación y las posiciones del émbolo o vías. El número de conexiones y el de vías determinan la denominación de la válvula.**

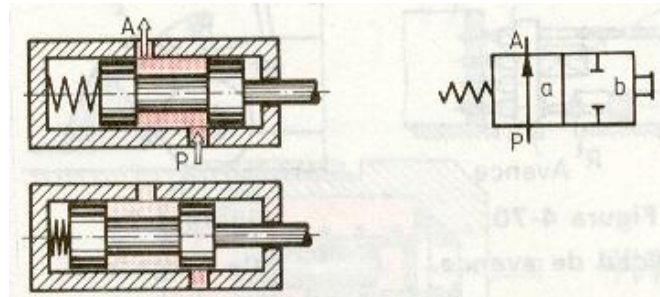
**El primer número indica las conexiones y el segundo las vías. Válvula direccional 3/2 significa: válvula con tres conexiones y dos vías.**

#### **2.1.5.1. VÁLVULA DIRECCIONAL 2/2. -**

---

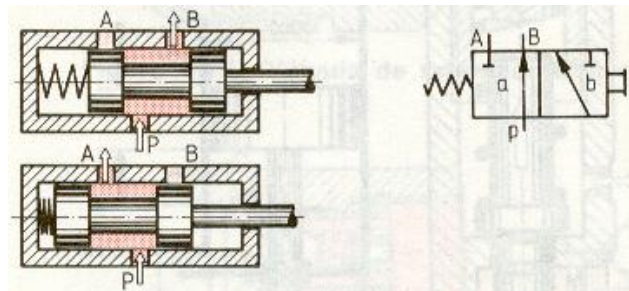
<sup>8</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

Las dos conexiones P (tubería de presión) y A (tubería de trabajo) tienen circulación (están abiertas) en la posición a y no la tiene en la posición b.



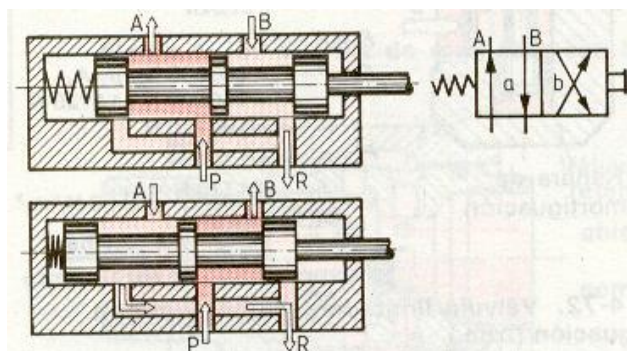
### 2.1.5.2. VÁLVULA DIRECCIONAL 3/2. -

Tres conexiones con dos vías. La conexión B es otra tubería de trabajo. En la posición A hay paso de P a B, en la posición b hay paso de P a A.



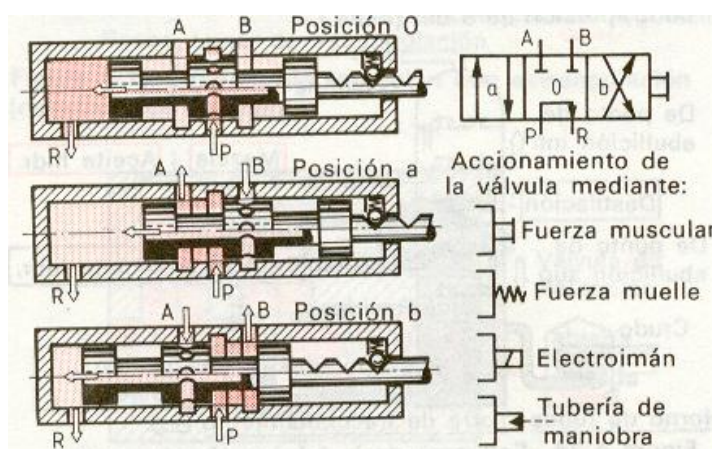
### 2.1.5.3. VÁLVULA DIRECCIONAL 4/2. -

Cuatro conexiones y dos vías. Por la conexión R retorna al depósito el reflujo del aparato de trabajo (cilindro de doble efecto o motor hidráulico).



#### 2.1.5.4. VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3.-

Cuatro conexiones y tres vías. La posición 0 bloquea las tuberías de trabajo y deja que el líquido de presión retorne al depósito, mientras que las tuberías de trabajo A y B están cerradas, de manera que en estas tuberías no se efectúa ningún movimiento.



#### 2.1.6. ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS.

Los émbolos de las válvulas pueden desplazarse a mano. El accionamiento por palanca manual se utiliza, por ejemplo, en las máquinas de obras públicas.

El retorno del émbolo de distribución a su posición de partida, se efectúa mediante la fuerza de muelle. El desplazamiento electromagnético se emplea en máquinas herramientas de control electro hidráulico. Cuando el desplazamiento se efectúa mediante una tubería de mando, se emplea el líquido a presión del propio sistema. Los émbolos distribuidores tienen entonces adosados un cilindro de accionamiento a la derecha y otro a la izquierda, por medio de los cuales se desplazan.

## **2.1.7. RETENCION/ACEITE HIDRÁULICO.**

**Durante el funcionamiento de los cilindros de trabajo puede ocurrir que por aparecer una fuerza que tire del émbolo, se vea éste forzado con un movimiento de salida, dando por resultado un efecto de aspiración de la tubería de presión y, al fluir el líquido sin retención, se crea un estado incontrolable, el émbolo «flota»**

### **2.1.7.1. RETENCIÓN.**

Este estado se produce, por ejemplo, al salir todas las brocas de una unidad de taladrado o al bajar la cuchara de una excavadora. Como contramedida se «sujeta» hidráulicamente el émbolo. En la tubería de salida del cilindro se monta una válvula reguladora de caudal o una válvula limitadora de presión. En ambos casos se frena el retorno y se sujeta el émbolo entre el líquido a presión y el líquido que sale lentamente con retención.

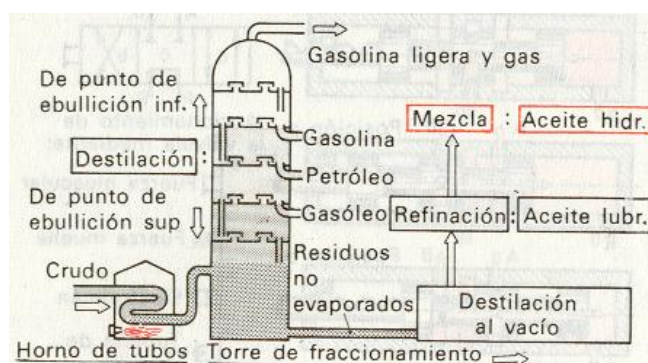
La válvula limitadora de presión empleada en este caso tiene que reaccionar con mucha más frecuencia que la que hay detrás de la bomba. Por medio de una ranura de amortiguación situada en la parte inferior del émbolo de distribución, se impide que se produzca una vibración

indeseada, ya que la presión efectiva de mando que actúa sobre el área  $A$  se va reduciendo lentamente.

### 2.1.8. ACEITE HIDRÁULICO.

**En los inicios de la hidráulica, los sistemas funcionaban con agua. Hoy día se emplea como líquido de presión aceites minerales (aceites hidráulicos) o líquidos especiales.**

**Los aceites hidráulicos se obtienen por destilación del petróleo crudo y se preparan mediante aditivos a las exigencias especiales de la hidráulica.**



Una viscosidad demasiado alta, o sea un aceite espeso, origina grandes resistencias por fricción, es decir, pérdida de potencia, y fuerte calentamiento.

La viscosidad baja, ósea el aceite muy fluido, hace que las piezas móviles se desgasten rápidamente y produce grandes pérdidas por fugas. El poder lubricante del aceite puede mejorarse mediante aditivos antidesgaste, al igual que la protección anticorrosiva y la protección de las empaquetaduras.

El calor ha de regularse mediante refrigeración o calefacción.

Demasiado aire en el líquido hidráulico hace que éste se comprima en forma elástica.

Cuando la cantidad de sustancias gaseosas es demasiado escasa resulta un líquido «duro». Los aceites hidráulicos no deben formar espuma.

Los líquidos especiales son por lo general líquidos difícilmente inflamables que se utilizan cuando es preciso por motivos de seguridad.



En el caso del aceite para este sistema, se escogió el aceite Pennzbell AW46, recomendado por Neumac para el funcionamiento de sistemas hidráulicos.



### **2.1.9. VALVULAS DE CIERRE.**

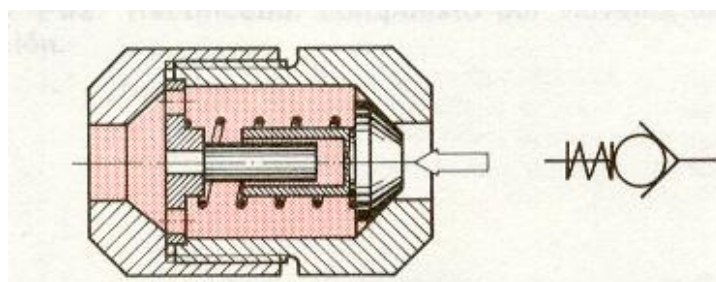
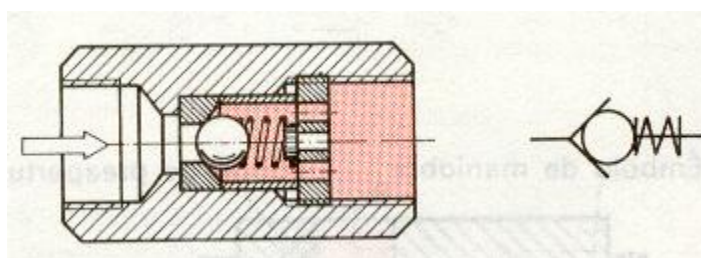
**En la carrera de ida del émbolo el líquido pasa por la válvula direccional 4/3 y luego por la válvula reguladora, con la que se ajusta el caudal deseado y con ello la velocidad del émbolo, y entra en la cámara posterior del cilindro, empuja al émbolo y éste desplaza el aceite que se encuentra en la cámara anterior del cilindro. Este aceite tiene que salir con una pequeña contrapresión, venciendo la resistencia que opone la válvula limitadora. Cuando retrocede el émbolo no deben actuar las dos primeras válvulas, para lo cual cada una de ellas dispone de una tubería de derivación con válvula de retención. Estas dos válvulas antiretorno, en la carrera de ida o de trabajo del émbolo, obligan al líquido a pasar a través de ambas válvulas de regulación y en la carrera de retroceso del émbolo dejan el camino libre, eludiendo el líquido el paso por las dos válvulas reguladoras.**

### **2.1.10. VÁLVULAS DE RETENCIÓN O VÁLVULA CHECK.**

**Son sencillos aparatos hidráulicos que tienen el cometido de permitir el paso de la corriente de aceite en un solo sentido y bloquear el paso**

en sentido contrario. Como órgano de cierre se emplea un cono o una bola. Los orificios de paso están calculados de tal manera que las válvulas tengan la misma sección transversal de paso que las tuberías a ellas conectadas, con lo cual no se produce efecto de estrangulación.

En las válvulas de retención para montaje vertical se prescinde del muelle, pues para que se efectúe el cierre es suficiente el propio peso de la bola o del cono.



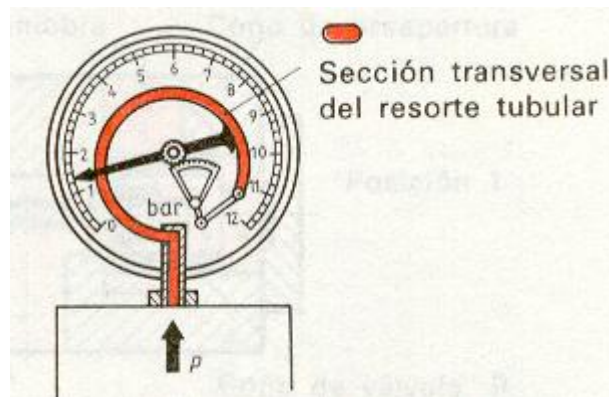
## 2.1.11. ACCESORIOS <sup>9</sup>

En accesorios se incluyen todos los aparatos necesarios para el funcionamiento de la instalación hidráulica.

### 2.1.11.1. MANÓMETROS.

Con los manómetros se miden e indican óptimamente las presiones de los líquidos o gases. En la figura se representa un manómetro de muelle tubular.

El muelle tubular es de una aleación de cobre tenaz y tiene una sección transversal ovalada. Cuando aumenta la presión del líquido en el interior del muelle, éste se abre y la aguja se mueve en sentido horario. Cuando cesa la presión, el muelle recupera su posición primitiva.



<sup>9</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

### **2.1.11.2. FILTROS.**

El desarrollo industrial, que impone cada vez mayores exigencias a las válvulas, cilindros y demás, conduce el empleo de holguras cada vez menores entre las partes móviles, con lo cual aumenta el peligro de desgaste por ensuciamiento.

El peligro de ensuciamiento desde el exterior tiene que evitarse desde que comienza a trabajar la instalación, por medio de filtros de aire en el depósito, retenes de eje perfectos en las bombas, anillos rascadores en los vástagos de émbolo, decapados de las tuberías nuevas y máxima limpieza posible en el montaje y proceso de lavado.

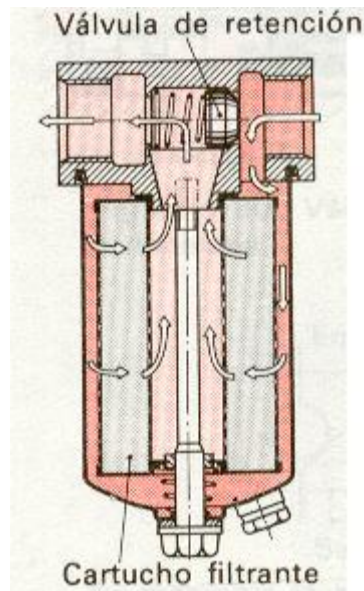
Durante el tiempo de funcionamiento se produce suciedad debido al desgaste metálico por fricción y al desgaste de las juntas. Estas partículas microscópicamente pequeñas pueden dar lugar a un ulterior desgaste por fricción y a obstrucción de los orificios de estrangulación pequeños.

Además, aceleran el proceso de envejecimiento del aceite.

Es necesario filtrar constantemente el aceite circulante.

Los filtros de retorno originan una estrangulación en relación al grado de ensuciamiento de los mismos. Por ello se instala una válvula de desvío con muelle, que se abre cuando hay mucha suciedad en el cartucho filtrante.

Los filtros de aspiración reducen la capacidad de aspiración de la bomba, por lo cual llevan indicadores que permiten efectuar oportunamente el cambio de filtro.



### 2.1.11.3. ACUMULADORES.

Puede ser necesario tener en reserva, en un lugar cualquiera de un sistema hidráulico, una determinada cantidad de aceite a presión de servicio. Para cantidades de aceite grandes (de 10 a 80 litros) se emplean acumuladores de émbolo. El aceite y el gas (nitrógeno) están separados por un émbolo. Cuando se

llena con aceite se utiliza como acumulador de energía el gas compresible.

Para cantidades pequeñas (de 1 a 30 litros) se emplean los acumuladores de recipiente flexible. El gas se encuentra encerrado en una cámara de goma.

#### **2.1.12. TUBERIAS**

**Las tuberías rígidas (fijas) o flexibles (móviles) transportan el líquido a presión desde el depósito hasta el lugar de aplicación (cilindro o motor hidráulico), y lo devuelven al depósito.**

**La disposición, tipo de construcción y orden de conmutación de los aparatos hidráulicos, así como el diámetro de las tuberías, se determinan en la oficina de proyectos, pero el tendido de las tuberías se decide frecuentemente durante la fabricación, por parte del personal del taller.**

**También el diámetro de las tuberías va en función de los diámetros de entrada y de salida de la válvula a usarse, los mismos que están dados por el fabricante.**

#### **2.1.12.1. RESISTENCIA DE LAS TUBERÍAS.**

Las moléculas del líquido en movimiento rozan unas con otras y con las paredes de las tuberías y a causa de este rozamiento se produce una pérdida de fuerza. La velocidad de las moléculas es mínima junto a las paredes y aumenta hacia el centro.

Se produce corriente laminar en las tuberías rectas y de paredes lisas. Las pérdidas por fricción son bajas. Se produce corriente turbulenta (remolinos) cuando se sobrepasa la velocidad de flujo crítica y cuando la tubería no es rectilínea, o sea en las curvas, codos, etc. La energía útil consumida por la fricción se transforma siempre en calor que se disipa por radiación en las tuberías o en el depósito, o hay que eliminarlo a través de un sistema de refrigeración.

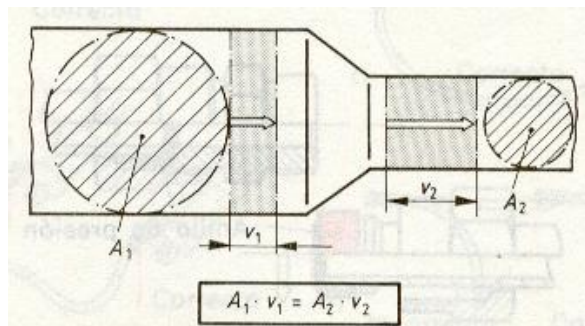
Cuanto mayor sea el calentamiento, peor será el rendimiento de la instalación.



### 2.1.12.2. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN.

El caudal  $Q$  (en l/min) que necesita la instalación (cilindro o motor hidráulico) tiene que fluir por todas las tuberías y válvulas. Según la ecuación de continuidad, el líquido, en presencia de cualquier variación de la sección transversal, tiene que modificar también su velocidad de circulación.

Cuanto menor sea la sección transversal de la tubería o de un paso de válvula, mayor será la velocidad del líquido, y viceversa. El producto de multiplicar el área de la sección transversal  $A$  por la velocidad  $v$  es igual en todos los lugares de un sistema cerrado.



### 2.1.12.3. DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS.

Los diámetros pequeños aumentan la velocidad y con ello la fricción y el calentamiento (desfavorable). El caudal es menor y debido a ello se necesita menos energía de aceleración (favorable). Los diámetros grandes tienen ventajas e inconvenientes inversos a los anteriores.

### 2.1.12.4. LONGITUD DE LAS TUBERÍAS.

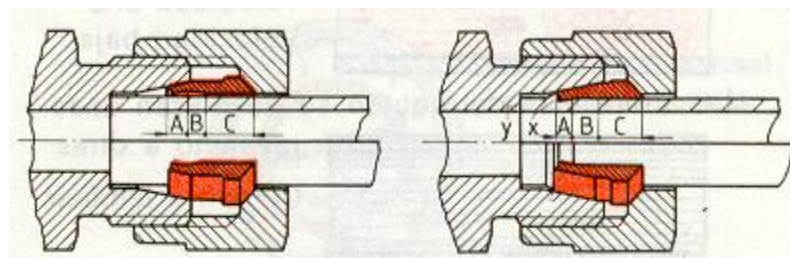
Las tuberías largas producen grandes pérdidas por fricción y exigen caudales mayores. Las tuberías cortas mejoran el rendimiento general. Cuantas menos variaciones de dirección presenten, menos turbulencias empeorarán la eficacia del sistema.

### 2.1.13. RACORERÍA.

**Los empalmes roscados de las tuberías hidráulicas están sometidos a altas exigencias. Tienen que ser absolutamente herméticos incluso a presiones máximas y solicitaciones mecánicas tales como vibraciones, dilatación o contracción por fluctuaciones de temperatura y otras.**

#### 2.1.13.1. RACOR CÓNICO CON FILO CORTANTE.

Una vez apretada la tuerca, la parte *A*, que tiene un filo hueco *x*, ha penetrado en la pared del tubo y ha practicado un reborde visible. La parte *B* se ha acuñado entre la pared del tubo y el cono interior, limitando de este modo el avance del anillo. El extremo de la parte *C*, que penetra en la tuerca, se ciñe firmemente alrededor del tubo, con lo cual amortigua las oscilaciones del tubo, con lo cual amortigua las oscilaciones del mismo en este lugar, que luego se absorben por parte de *B* y así no pueden llegar a la entalladura del tubo situada en *x*. El extremo del tubo queda firmemente sujeto entre el filo hueco *x* y el tope en el interior del racor y asegurado contra cualquier desplazamiento axial.



### **2.1.13.2. RACOR EN EJECUCIÓN A TOPE.**

La ejecución a tope posibilita montar y desmontar tramos de tubería sin necesidad de efectuar ningún desplazamiento axial. Cuando se aprieta la tuerca, el duro anillo cónico con filo cortante se desliza a lo largo del cono del anillo de presión, se estrecha, y entalla un reborde visible en el tubo. Al mismo tiempo la arista de obturación torneada en el anillo de presión se clava en el racor. Es absolutamente necesario que el tubo choque contra el tope que hay en el cono, ya que de otro modo no puede efectuarse el proceso de corte.

Mediante el apriete de la tuerca el tubo se une de modo firme, seguro y hermético con el racor, por medio del anillo cónico con filo cortante, así como del anillo de presión, dotado de arista de obturación.

### **2.1.13.3. UNIÓN EMBRIDADA.**

Se emplean bridas para unir tubos de gran diámetro y altas presiones, en los que los racores no son ya seguros, y donde lo exijan las condiciones del montaje. Al realizar el montaje hay que cuidar de que el apriete se efectúe «uniformemente a todo alrededor», con el fin de que la brida actúe uniformemente sobre el anillo cortante.

#### **2.1.13.4. PURGA.**

Las inclusiones de aire en las instalaciones hidráulicas (bolsas de aire) perturban el funcionamiento o dejan la instalación inoperante.

Es el riesgo típico en los sistemas de freno hidráulico de los automóviles.

Toda instalación ha de purgarse a conciencia antes de ponerse en servicio, o en su defecto disponer en el punto más alto de un purgador automático. Al poner en marcha la instalación, el aire acumulado escapa al exterior, hasta que el líquido llega al émbolo de purga y lo empuja hacia arriba, y el racor de salida de aire queda cerrado a prueba de presión.

Cuando cede la presión, el muelle desprende el émbolo, con lo cual queda libre el orificio de salida y puede repetirse el proceso.

#### **2.1.14. MONTAJE DE TUBERÍAS.**

**Para las tuberías, racorería y fijaciones son válidos los mismos principios que para las bombas, sistemas de distribución, cilindros y motores: esmero en la planificación, selección y montaje.**

##### **2.1.14.1. INDICACIONES DE MONTAJE PARA TUBOS.**

El montaje de los racores se hará siguiendo las instrucciones del fabricante. El tubo ha de cerrarse en ángulo recto, lo cual se consigue mejor utilizando un dispositivo de cerrar tubos. No deben utilizarse corta tubos, ya que éstos biselan las paredes del tubo y forman muchas rebabas. Hay que desbarbar cuidadosamente el tubo por dentro y por fuera.

Para las instalaciones hidráulicas se utilizan preferentemente tubos estirados en frío, sin costura, con buenas propiedades para la soldadura y el doblado, y exentos de cascarilla mediante recocido brillante en gas protector. Se doblan en caliente o en frío con ayuda de dispositivos curvadores. Los tubos doblados en caliente han de descascarillarse. El radio de curvatura no debe ser inferior al mínimo admisible.

Hay que evitar que puedan repercutir sobre las tuberías oscilaciones y vibraciones, para lo cual se intercalan tuberías flexibles, arcos de compensación, suplementos de goma (sobre todo si la tubería va por una pared), se evitan los haces de tubos, se deja una separación en los tubos que se cruzan, etc.

Las tuberías deben quedar exentas de tensiones una vez apretados los racores y las fijaciones. En caso de que sea inevitable una tensión residual, ésta ha de actuar en los racores. No «tirar» de las tuberías, ya que ello haría que perdiesen hermeticidad los racores. Cuando una tubería no esté bien alineada con el eje del racor, se desmontará y doblará correctamente.

#### **2.1.14.2. TUBOS FLEXIBLES.**

**Los tubos flexibles hidráulicos enlazan partes móviles de las instalaciones.**

**Pueden emplearse hasta la presión máxima debido a su refuerzo de acero.**

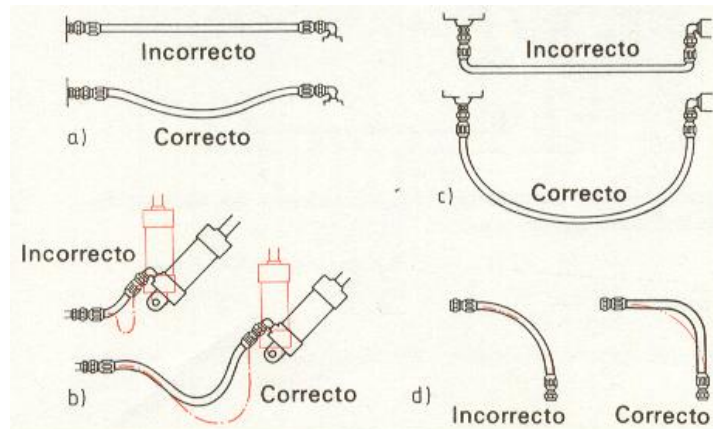


Los conductores de tubo flexible dispuestos en línea recta deben montarse con una cierta comba, con el fin de que puedan absorber las variaciones de longitud.

El radio de curvatura no debe quedar por debajo de un mínimo; el tubo flexible sólo debe moverse en el plano de montaje y ha de quedar suficiente tubo para permitir el movimiento.

Cuando los arcos son muy pequeños el tubo flexible se aplana e impide el libre paso. En casos extremos, puede acodarse y destruirse.

Cuando el tubo flexible está retorcido, lo cual puede reconocerse fácilmente por las inscripciones, el momento de retrogiro causado por la presión puede hacer que se desenrosquen las uniones e incluso que se destruya el tubo flexible.



### 2.1.14.3. ACOPLAMIENTOS ENCHUFABLES PARA TUBOS FLEXIBLES.

Con los acoplamientos enchufables pueden unirse fácilmente tubos flexibles para presiones de hasta 200 bar.

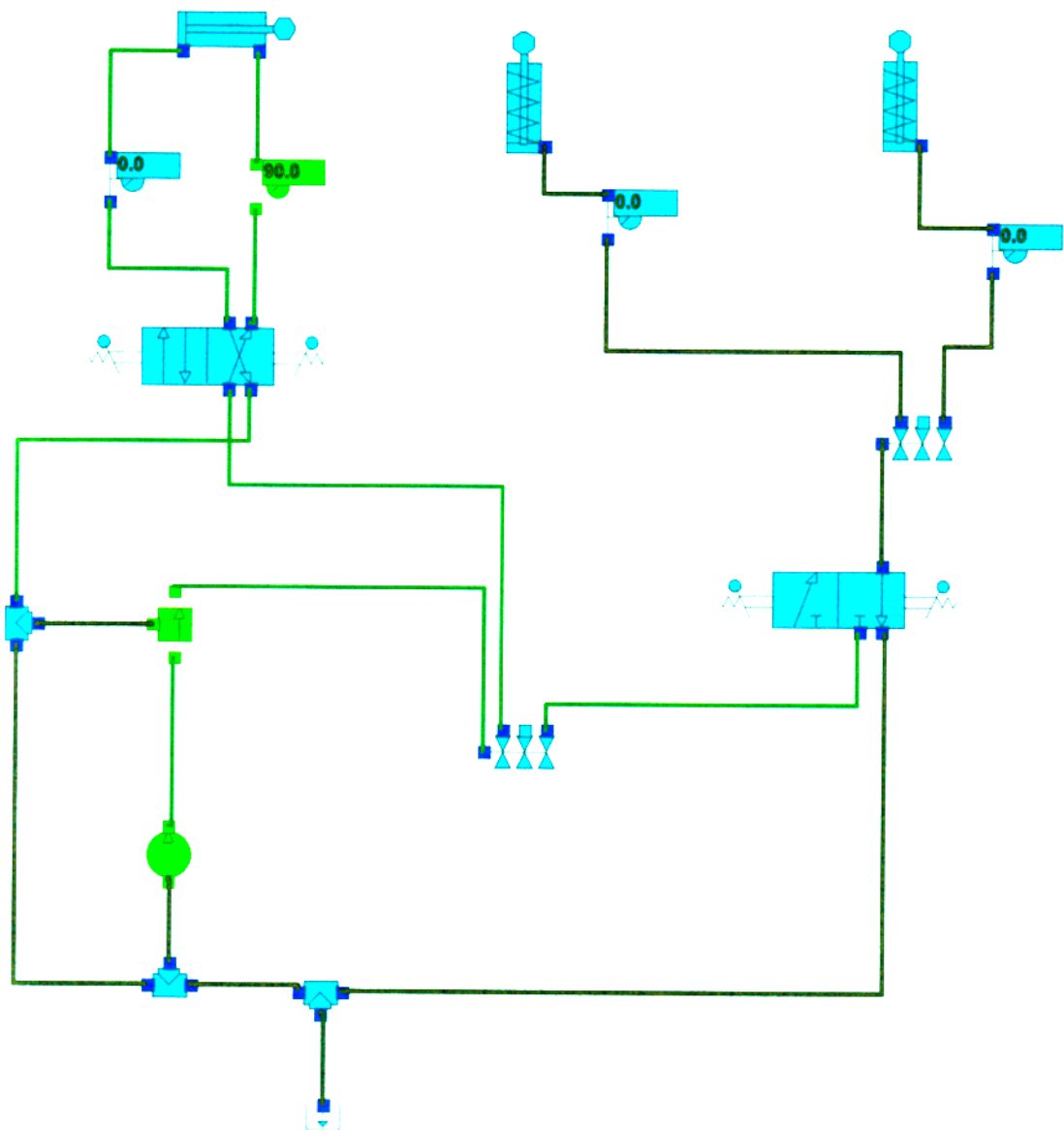
Para hacer y soltar la unión se retrae el casquillo de acoplamiento solicitado por muelle. Los conos de las válvulas de retención se abren recíprocamente, cuando se realiza la unión y se bloquean, cuando se suelta el acoplamiento.

Los acoplamientos y accesorios para tubos flexibles usados en este proyecto han sido tomados en base a los diámetros de las entradas y salidas de la válvula Prince, que son los que recomienda el fabricante de la misma.

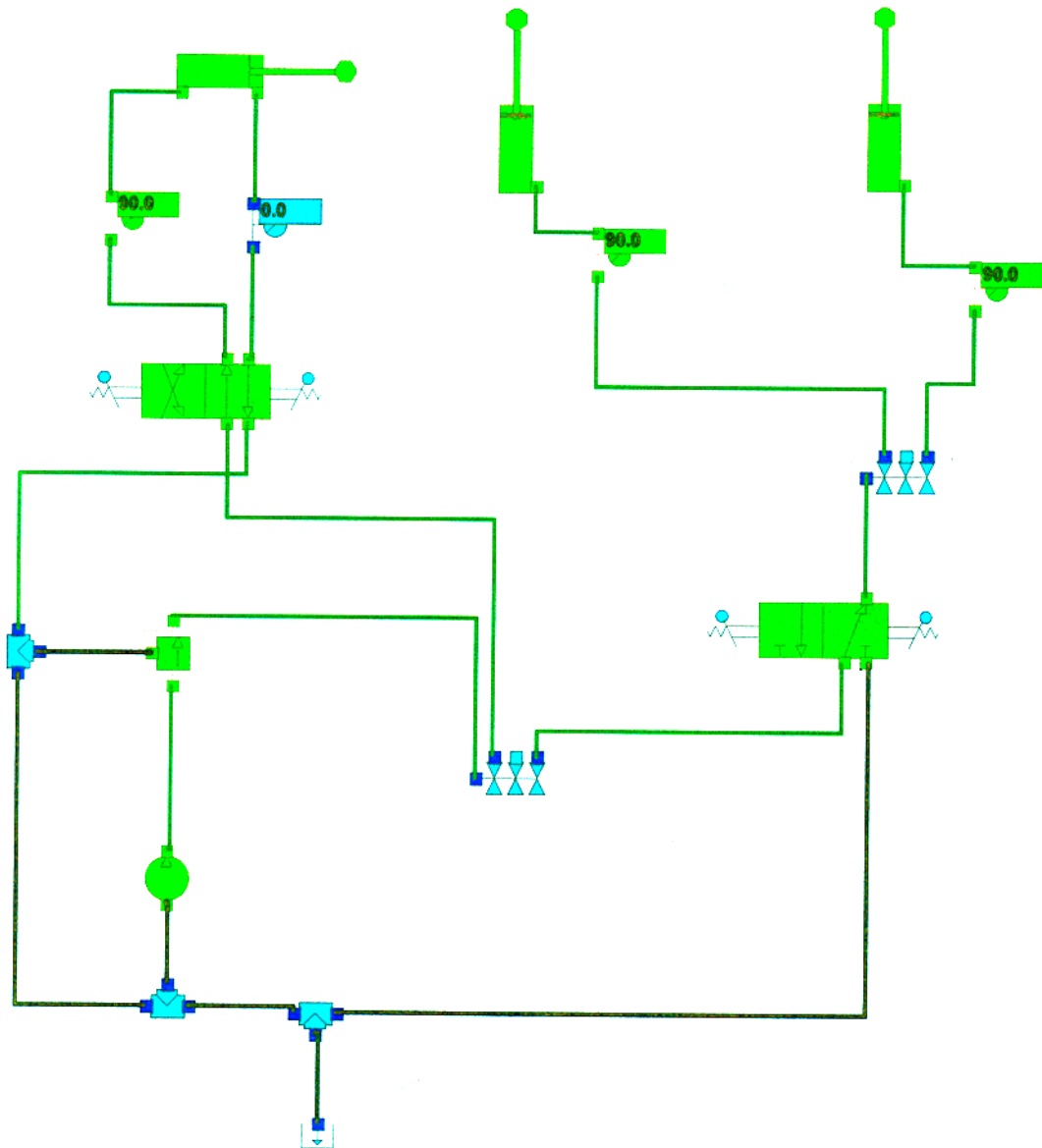


### 3.- DISEÑO DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS.

#### 3.1.- DISEÑO HIDRÁULICO EN STAND BY.



### 3.2.- DISEÑO HIDRÁULICO EN FUNCIONAMIENTO.



# DISEÑO MECANICO

## 1.- DISEÑO MECÁNICO

### 1.1.- TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE VERTICAL<sup>10</sup>

Una viga que soporta cargas transversales a su eje experimentara fuerzas de esfuerzo de corte que se denotan por medio de V. En el análisis de vigas es común calcular la variación en fuerzas de esfuerzo a lo largo de la longitud total de la viga y dibujar la grafica de fuerzas de esfuerzo de corte. Por consiguiente, la tensión por esfuerzo de corte vertical que resulta se puede calcular a partir de

$$\tau = VQ / It$$

En esta formula, I es el momento rectangular de inercia de la sección transversal de la viga y t es el espesor de la sección en el lugar donde se debe calcular la tensión por esfuerzo de corte.

Para la mayor parte de las formas de sección, la tensión máxima por esfuerzo de corte vertical se genera en el eje neutral.

Específicamente, si el espesor no es menor en un lugar lejos del eje neutral, entonces se asegura que la tensión máxima por esfuerzo de corte vertical se genera en el eje neutral.

---

<sup>10</sup> Robert L. Mott: Diseño de Elementos de Maquinas; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1995.

El termino Q, recibe el nombre de momento estático de la sección: el momento del área arriba de donde se debe calcular la tensión por esfuerzo de corte.

Esto es,

$$Q = A_p y$$

donde  $A_p$  es esa parte del área de la sección arriba del lugar donde se debe calcular la tensión y  $y$  es la distancia del eje neutral de la sección al centroide del área  $A_p$ .

Es necesario señalar que la tensión por esfuerzo de corte vertical es igual a la tensión por esfuerzo de corte horizontal porque cualquier pieza de material que se somete a una tensión por esfuerzo de corte en una cara debe tener una tensión por esfuerzo de corte en la cara adyacente de la misma magnitud para que la pieza este en equilibrio.

En la mayor parte de las vigas, la magnitud de la tensión por esfuerzo de corte vertical es pequeña si se le compara con la tensión por flexión. Es por ello que casi siempre se omite calcularla.

## 1.2.- FÓRMULAS ESPECIALES PARA TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE.

La ecuación  $\tau = VQ / It$  puede resultar difícil de manejar debido a la necesidad de evaluar el momento estático, Q. Existen numerosas secciones transversales, cuyo uso esta generalizado, que tienen formulas especiales, fáciles de usar, para la tensión máxima por esfuerzo de corte vertical.

Rectangular

$$\tau_{\max} = 3V / 2A$$

## 1.3.- FUERZAS EN LOS PINES DE LOS BRAZOS DE LA ESTRUCTURA.

### Análisis de tensiones.

V= Una viga que soporta cargas transversales a su eje experimentará fuerzas de esfuerzo de corte.

A = Área sobre la que se calcula la tensión.

Peso total de la carga = 1500 Kg.

$$V = 1500 \text{ Kg} = 14715 \text{ N}$$

$$\tau_{\max} = 4 (14715 \text{ N}) / 3 (0,096 \times 0,028) \text{ m}^2$$

$$\tau_{\max} = 7299107,143 \text{ Pa}$$

$$\tau_{\max} = 7,29 \text{ MPa}$$

#### 1.4.- FUERZA EN EL PIN CENTRAL DEL CILINDRO DE INCLINACIÓN.

Cálculo de la tensión por tracción directa en la barra.

**F= Fx, tomado del diseño hidráulico**

$$\mathbf{F= 258, 81 \text{ kg.f}}$$

$$\mathbf{F= 2536,42 \text{ N}}$$

$$\sigma = F / A$$

$\sigma =$  Esfuerzo

**A= área , D= 18 mm**

**F= fuerza**

$$\sigma = 2536,42 \text{ N} / ((0.018\text{m})^2 * \pi / 4)$$

$$\sigma = 2536,42 \text{ N} / 2.54 \times 10^{-4}$$

$$\sigma = 9967500.75 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 9.96 \text{ Mpa}$$

**La selección del material fue del apéndice 3, Propiedades de los aceros al carbón y con aleaciones.**

**Acero 1020 AISI rolando en caliente con una resistencia a la tracción de 379 Mpa o 55Ksi**

## 2.- SELECCIÓN DE MATERIALES.

Este no ha sido un capítulo difícil, puesto a que la estructura es Toyota, por lo tanto el material es japonés, y en cuanto a las piezas fabricadas, se ha debido adaptarse a lo que el mercado nacional de metales ofrece.

El acero que he utilizado para la fabricación de pines han sido varillas redondas de acero st-37.

Para los cálculos se ha escogido del libro “Diseño de elementos de máquinas”, del apéndice B, Propiedades de los aceros al carbón y con aleaciones, el acero 1020 AISI rolado en caliente con una resistencia a la atracción de 379 MPa o 55 Ksi.

### **3.- TIPO DE SOLDADURA<sup>11</sup>**

**La soldadura que se ha escogido debido al tipo de material encontrado en el mercado nacional como en la estructura que es de origen japonés ha sido la soldadura SMAW. Este tipo de soldadura por arco voltaico se produce por la acción de un arco voltaico que salta entre el electrodo y la pieza, así al fundirse el electrodo al mismo tiempo sirve como material de aportación.**

#### **3.1.- SOLDADURA AL ARCO CON ELECTRODO METALICO**

El arco voltaico salta entre un electrodo que se funde y la pieza.

El acceso del aire atmosférico al arco y al baño de soldadura solo lo impiden los gases y las escorias procedentes del electrodo.

#### **3.2.- ELECTRODOS DE VARILLA**

Para las soldaduras de unión de aceros no aliados o de baja aleación hay calidades de aceros fundidos semejantes se utilizan electrodos rellenos con un aditivo de materias minerales para estabilizar el arco voltaico o electrodos revestidos. Según la norma alemana DIN 1913 solo está normalizados los electrodos revestidos. Pueden ser componentes del revestimiento el óxido de titanio o revestimiento de rutilo, el ferro manganeso o revestimiento

---

<sup>11</sup> Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.

ácido, el carbonato cálcico o revestimiento básico, o la celulosa o el revestimiento de celulosa u orgánico.

Los electrodos usados para la realización de la tesis han sido electrodos normales como el E-6013 y E-7018.

Las funciones del revestimiento son:

1.- Formar una envoltura gaseosa que protege al material en fusión contra el aire circundante. Se impide la penetración de nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno causa fragilidad y el oxígeno produce inclusiones de óxido.

2.- Contiene elementos que acompaña al acero con lo que suple en parte, las materias eliminadas por combustión por ejemplo el manganeso y el carbono.

3.- Estabiliza el arco eléctrico por la ionización del aire.

4.- Forma escorias que se depositan encima del cordón de soldadura por lo que el enfriamiento se hará más lento y se reducirán las tensiones en el material.

5.- Las escorias absorben las impurezas del baño de infusión.

### **3.3.- PROCESO DE SOLDADURA**

A causa de la temperatura del arco voltaico, el electrodo, el revestimiento y una zona de la superficie de la pieza se funden.



El material del electrodo debe mezclarse íntimamente con el material base y a suficiente profundidad, o sea que la penetración ha de ser suficientemente profunda.

Puede influirse en la penetración por medio de la intensidad de corriente (A) y por medio del tipo de electrodo. Los fabricantes de electrodos dan en los paquetes de electrodos el intervalo de intensidades que pueden aplicarse a cada electrodo.

### **3.4.- REGLAS ANTES DE SOLDAR**

Antes de soldar la pieza debe ser limpiada, del óxido, pintura, aceites, grasas y cualquier otro tipo de impureza. El electrodo debe inclinarse a unos 50° respecto al sentido de avance de la soldadura. A cada interrupción del arco el baño de fusión se solidifica formando un cráter. Antes de iniciar nuevamente el trabajo con un martillo y un cepillo de alambre hay que retirar las escorias y limpiar el cordón. El arco voltaico debe encenderse antes del cráter. El arco siempre debe dirigirse hacia la masa, es decir al punto donde se concentra la masa de la pieza. Los cordones angulares grandes se harán en varias pasadas.

#### 4.- CALCULO ESTRUCTURAL.

##### Tensión máxima en la estructura.

Carga = 1000 Kg

Excentricidad = 50 cm = 0,5 m

Viga acanalada American Standard apéndice A-36

C6

6 x 2 Primera especificación

$P = 500 \text{ Kg} = 2200 \text{ lb.} / 2 = 1100 \text{ lb.}$

$A = 3,83 \text{ pulg}^2$

$e = 0,5 \text{ m} = 19,68 \text{ pulg.}$

$C = D / 4 = r / 8 = 2,13 / 8 = 0,266 \text{ pulg.}$

$r = (I / A)^{1/2} = (17,4 \text{ pulg}^4 / 3,83 \text{ pulg}^2)^{1/2} = 2,13 \text{ pulg.}$

$L = 2,50 \text{ m} = 98,42 \text{ pulg.} \Rightarrow L_e = L / 2 = 49,21 \text{ pulg.}$

##### 4.1.- COLUMNAS CARGADAS EN FORMA EXCÉNTRICA.

Una carga excéntrica es aquella que se aplica lejos del eje centroidal de la sección transversal de la columna. La tensión o esfuerzo máximo en la columna deflexionada se presenta en las fibras que están mas hacia fuera de la sección transversal en el punto medio de la columna en el que se genera la deflexión máxima,  $y_{\max}$ . Denotemos la flexión en este punto como,  $\sigma_{L/2}$ .

Entonces, para cualquier carga aplicada, P,

$$\sigma_{L/2} = P/A \left[ 1 + (ec/r^2) \sec \left( L/2r \sqrt{\frac{P}{AE}} \right) \right]$$

Observe que esta tensión o esfuerzo no es directamente proporcional a la carga. Cuando se evalúa la secante en esta fórmula, observe que su argumento dentro del paréntesis está en radianes. Recuerde que la secante es igual a 1/coseno.

P= peso

A= área

e= excentricidad

sec= 1/coseno

$$\sigma_{L/2} = 1100 \text{ lb.} / 3,83 \text{ pulg}^2 \Rightarrow$$

$$\left[ 1 + ((19,68(0,266))/2,13^2) \sec[(49,21/4,26)$$

$$(1100/3,83 \times 30 \times 10^6)^{1/2}]$$

$$\sigma_{L/2} = 54433,04 \text{ Psi}$$

## **IV. CONSTRUCCIÓN**

### **1.- REALIZACIÓN PRACTICA DE LA TESIS.**

En un inicio este proyecto era solo una idea nacida de la observación de la maquinaria que normalmente se utiliza en las haciendas agrícolas italianas. Allí las máquinas son versátiles y multifuncionales, con el fin de simplificar el manejo y reducir el costo de gestión y amortización de los equipos.

Aquí en el Ecuador no se da esta realidad y demasiados trabajos se realizan con el concurso exclusivo de la fuerza humana y animal.

Observando esta situación y el potencial que todavía puede desarrollarse aquí en el país, surgió la idea de hacer un intento para aplicar un equipo sencillo, pero muy útil a un tractor agrícola.

La idea se perfecciono todavía mas observando las actividades que diariamente se ejecutan en una hacienda de la provincia de Cotopaxi, en la cual, además de tareas agropecuarias, se realizan trabajos de carpintería y cerrajería.

Estas actividades con frecuencia requieren la movilización de cargas pesadas (madera, perfiles metálicos, etc.).

En esta hacienda había un tractor agrícola que durante bastante tiempo pasa parado, porque se lo utiliza solo para labores de arado y de remolque.

Habiendo los propietarios hecho una inversión inicial bastante grande, no fue difícil convencerlos que permitieran utilizar su máquina para aplicarle un montacargas sin que esto les costara absolutamente nada.

Con la idea aceptada, se diseñó un perfil de proyecto de tesis que fue presentado a las autoridades de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Escuela Politécnica de Ejercito, sede Latacunga. El proyecto fue aprobado.

Entonces se empezó la búsqueda del material necesario para la construcción de dicho equipo, encontrándose la novedad de que el tipo de perfiles requeridos no se construyen, ni venden en el país.

Entonces se empezó a buscar un montacargas viejo, del cual se pudiera sacar todas las piezas que sirvieran, o sea el castillo completo, pistones, válvulas, etc.

Después de un largo periodo de buscar y recorrer Quito de extremo a extremo, finalmente se encontró una chatarrería en el norte, donde había algunos viejos montacargas. El que servía era un montacargas Toyota, casi desmantelado, pero tenía lo que era ideal para la realización del proyecto, o sea el castillo completo, dos pistones simple efecto de levante, un pistón doble efecto de inclinación, un pistón doble efecto aplasta pacas, un pistón doble efecto para movimiento horizontal de las uñas. No tenía las válvulas que permitirían accionar los pistones.

El precio acordado con el dueño, fue de 300 dólares por todo el montacargas. Se trasladó todo hasta la Casa Campesina de Pujilí, donde sería la base del trabajo.

Una vez en Pujilí, se comenzó el trabajo de desarmar todo el sistema mecánico del castillo para poder hacer una limpieza total y sacar la pintura vieja.



Fue necesario desarmar la parte hidráulica para llevar los pistones a Neumac (empresa especializada en hidráulica y sus varias aplicaciones) para que esta proceda a revisar los pistones. Allí hubo la sorpresa de que a los pistones de levante e inclinación había que repotenciarlos, es decir, cambiar todo el kit de retenedores, sellos, o-rings, o sea los componentes internos del pistón.

**Luego del primer chequeo, se supo que los repuestos no se encuentran en el país, por lo tanto había que importarlos, cosa que fue un hecho.**

**Una vez que los repuestos estuvieron en el país, los pistones fueron arreglados.**

Esta misma empresa vendió una válvula 4/2 doble, que permite comandar los dos sistemas hidráulicos, o sea el de levante y el de inclinación, que son circuitos independientes.

Mientras arreglaban los pistones, se adelantó todo lo que se refiere a la presentación en sí del proyecto.

Esto implica la limpieza de cada una de las piezas de la estructura, a las que se lijó para sacar todo el color tomate original, se sacó los anclajes de la estructura y se cortó el adaptador de la base de la estructura al eje del montacargas. Una vez hecho esto, se procedió a darle una mano de anticorrosivo para evitar que él oxido dañe el trabajo realizado.

**Una vez que Neumac entregó los pistones, y ya con la estructura lista para su nuevo montaje, comenzó el ensamblaje, o sea, hacer coincidir la estructura externa, con dentro la estructura interna y esta a su vez con dentro un carro desplazable por medio de cadena, ya que se necesitaba toda la estructura completa para poder tomar las medidas de donde deben ir los anclajes para el primer y segundo punto.**

**La estructura o castillo esta compuesta por las siguientes piezas:**

- **una estructura externa**
- **una estructura interna**
- **un carro desplazable porta uñas**
- **dos uñas**
- **dos cadenas**
- **rulimanes**
- **espaciadores**

**Estructura externa**



**Estructura interna**



**La estructura ya armada**





## 2.- IMPLEMENTACIÓN.

**Una vez armada la doble estructura y con la misma ya puesta de pie, se cuadró el tractor, para tomar una medida aproximada que serviría como guía para poder poner los dos anclajes que están en la parte inferior.**

**Para tener la altura correcta del levante hidráulico, se trabajó con el motor encendido, ya que solo así es posible mantener la presión de la bomba y los brazos están a la altura ideal para la aplicación del sistema montacargas.**

**Con la ayuda de un técnico italiano se dio unos puntos de suelda, para cerciorarse de que la altura dada sea la correcta una vez montado el sistema.**

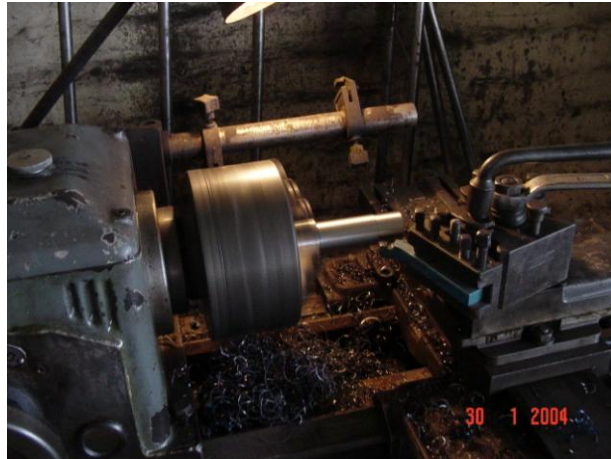


Se hizo un tentativo de ubicar el tercer punto, o sea el pistón que controlaría la inclinación.

Para esto fue necesario construir una pequeña caja de metal, donde se alojaría la parte fija del pistón y esta a su vez iría fija a la estructura interna por medio de tuercas y cordones de suelda en todos sus lados.



De la misma manera se modificaron el anclaje del tercer punto en el tractor, para así no tener que tocar el anclaje de la parte móvil del pistón. Para evitar tener juegos, hubo que fabricar los pines y bocines para este acople al tercer punto.



**Para la caja pequeña donde se aloja la parte fija del pistón, se hizo un pin de 28 mm, mientras que para el anclaje de la parte móvil del pistón tuve que hacer un bocin con un diámetro interno de 18,5 mm y un diámetro externo de 28 mm.**



**Ya teniendo los pines hechos, se probó todo el aparato, teniendo ya conectado al sistema hidráulico el pistón de inclinación que se acciona a**

**través de una válvula 4/2, que se encuentra en el tractor como equipo original.**



**Ya probado el sistema, se procedió a soldar definitivamente los anclajes del primer y segundo punto y a amolar o a dar un cierto acabado a estas soldaduras.**



**Se tomó la medida del ojo del brazo del tractor y se fabrico los pines.**

Se aprovechó para eso la misma seguridad que tenían ya estos anclajes, o sea la de una tuerca.



Cuando los tres puntos estuvieron bien reforzados en la estructura, se procedió con todo el montaje del sistema hidráulico.



**Esto consiste en montar, centrar y fijar los pistones de levante que están en paralelo, buscar la mejor ubicación para poner la válvula 4/2 doble y medir las distancias para las mangueras hidráulicas.**



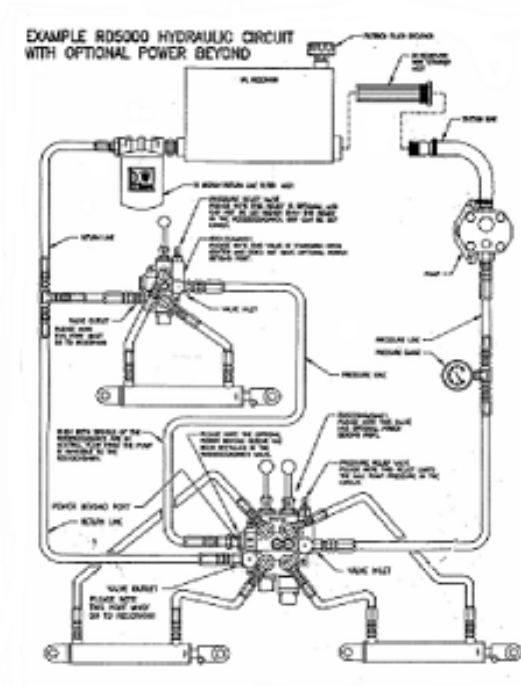
Para la válvula era mejor que estuviera fija en un solo lugar, así no causaría problemas a la larga en lo que se refiere a la manipulación de las mangueras.

Entonces la válvula iría fijada a la estructura interna con pernos y una platina soldada.

Antes de montar la válvula, se armó todo el circuito hidráulico, partiendo desde la misma.



La válvula es de 2 cuerpos pero en una sola, o sea es una 4/2 doble, cuenta con una entrada, una salida, una toma extra para cualquier otro sistema adicional, como puede ser el de movimiento horizontal de las uñas.



Con la válvula ya montada, la estructura se presenta en la figura siguiente



**A continuación fue necesario verificar si la fuente de fluido hidráulico es la adecuada. El tractor a disposición tiene un sistema hidráulico compartido, es decir que para todas sus funciones, menos la del motor, el aceite es el mismo.**

**Este se usa en el sistema de frenos, dirección hidráulica, caja de cambios, diferencial delantero y posterior y también para el circuito hidráulico del tractor, que es el que interesa. El aceite es único para todo el tractor, según indica el manual de reparación de John Deere.**





**Ya con casi todo (todo en el sentido de que en ese momento era suficiente para empezar a trabajar) el sistema hidráulico montado del montacargas, se colocó el tractor para empezar a realizar las primeras pruebas.**



### 3.- SEGURIDADES.

**El sistema montacargas está provisto de seguridades para impedir accidentes de trabajo y estas son:**

- **Pasadores de acero para asegurar los pines en el caso del cilindro de inclinación;**



- Cadenas que sujetan el carro desplazable y los tensores regulables.



- En el caso de los anclajes inferiores, están provistos de un perno que se asegura con una llave de 17 mm.



- Y en el caso de las uñas, están provistas de un pin con resorte que permite cuando está en su posición alta, mover las uñas hacia los extremos o hacia el centro,



- Y cuando esta en posición baja permite asegurar las uñas para que estas no se desplacen hacia ninguna dirección.



- En el caso del sistema hidráulico para impedir que circule el aceite al sistema montacargas, la válvula original del tractor hace la función de llave

de paso. Entonces, activando esta hacia atrás funciona el sistema, si se activa hacia delante invertirá el sentido de flujo del aceite, cosa que no se debe hacer porque la válvula Prince 4/2 doble tiene solo un sentido de entrada del flujo.



- También se aseguró con pasadores la válvula Prince 4/2 doble, para tener seguridad en el accionar de sus manillas.



## V.- ADAPTACIÓN Y PRUEBAS.

### 1.- INTRODUCCIÓN ACERCA DEL TRACTOR.

Esta pequeña introducción presenta el tipo de máquina que se ha utilizado para que el proyecto funcione.

Se trata de un tractor agrícola de llantas:

- Marca: John Deere
- Modelo: 2850 Synchron
- Año: 1990



Este tractor cuenta con:

- Motor diesel de 4 cilindros sobrealimentado.
- Bomba de inyección rotativa.



- Caja de cambio de 8 velocidades sincronizadas hacia adelante y 4 hacia atrás.
- Tracción en 2 o 4 ruedas por conexión eléctrica.
- Bloqueo de diferencial posterior.
- Frenos hidráulicos a las ruedas posteriores.
- Bomba hidráulica de 40 cm<sup>3</sup> por revolución con depósito de alimentación constante e intercooler para aceite.



- Sistema hidráulico compartido. (frenos, dirección, tomas hidráulicas, levante hidráulico)
- Conexión de tres puntos para arados
- Toma de fuerza para cardán
- Conexión para remolque



- Contrapesas delanteros.





- Tomas hidráulicas.



**Este tipo de máquina agrícola, aunque las marcas y los modelos puedan variar, es muy común en las haciendas y en las comunidades indígenas y campesinas del Ecuador, como también en las instituciones públicas, municipios, consejos provinciales, ministerios, etc.**

En si el proyecto está pensado para que el instrumento que se construye brinde un servicio rápido, ágil y eficaz, reduciendo el uso de mano de obra y los tiempos de operación, por lo tanto también los costos. El tractor sirvió para la tesis es utilizado en una vieja hacienda de la provincia de Cotopaxi, la que se dedica al trabajo de carpintería y metalmecánica, a parte de las labores habituales de una hacienda agrícola.

## 2.- INSTALACIÓN DEL PROYECTO EN EL TRACTOR AGRÍCOLA Y MANUAL DE FUNCIONAMIENTO.

La instalación del sistema de montacargas al tractor en si es bastante sencilla y rápida. Se ha calculado y comprobado que para poner el montacargas se necesita alrededor de 15 minutos y de dos personas.

Para instalarlo hay que seguir los siguientes pasos:

1. Se empieza con el sistema montacargas puesto de pie y en un lugar amplio, donde se pueda tener la comodidad suficiente para cuadrar el tractor y tener espacio requerido para la operación de acople.



2. Es necesario revisar siempre la presión de los neumáticos y el nivel del aceite hidráulico, porque el trabajo va a ser intenso.

3. Hay que cuadrar de retro el tractor frente al sistema montacargas, centrando el sistema mismo entre las llantas y regular la altura de los brazos hacia los anclajes, teniendo en cuenta de no pisar las mangueras y observando la posición del pistón doble efecto de inclinación.



4. Los pines en los lados deben ser puestos dentro de los anclajes inferiores con dentro el brazo del tractor ayudando, si es el caso, con un martillo y un cincel para que entre hasta el fondo y asegurando los pines a los anclajes con un perno y una llave de 17 mm.





5. Después se procede a conectar las mangueras a los acoples rápidos del tractor y a liberar la válvula 4/2 original del tractor, que se usa como llave de paso y como seguridad del sistema. Con esta liberada el aceite hidráulico empezará a circular libremente por el circuito y permitirá mover el pistón de inclinación para poder centrar y poner el pin.



- Finalmente se regula el levante hidráulico original del tractor, que permite accionar los brazos en altura para que el sistema montacargas no roce con el piso.



- El sistema está listo para ser utilizado y trabaja a la perfección en ralentí.



8. Para el uso del sistema montacargas, se debe tener una cierta experiencia en el manejo de maquinaria agrícola y conocer por completo cada función que esta posee y para que sirve.
9. El sistema montacargas en general no ha sido diseñado para altas velocidades. Como su nombre lo indica, este cumple una función de carga y desplazamiento de pesos o cargas como pueden ser palets de cemento, balanceados, insumos agrícolas, pacas de henolaje, y para cualquier aplicación que se le pueda dar a este aparato. Es importante una conducción segura y moderada a velocidad baja para asegurarse de que no se pierda la carga y/o se ocasionen accidentes o volcamientos.
10. La regulación de apertura de las uñas será con respecto al palet de soporte de la carga, pero por lo general estos ya vienen en medida estándar. El palet es útil pero no siempre es necesario, ya que algunos tipos de carga pueden moverse sin palet.

### **3.- PRUEBAS DEL PROYECTO.**

Una de las cosas más complicadas fue la regulación de la válvula 4/2 doble, ya que esta posee una válvula de alivio y sobrepresión interna.

Una vez calibrada dicha válvula, el funcionamiento fue rápido y perfecto para todos los movimientos que se había pensado.

Ya con todo el sistema montacargas instalado en el tractor, inicio la fase de pruebas, que consistió en:

- Probar el sistema en vacío, o sea sin carga, alzando en su totalidad los pistones de levante, los mismos que tienen una carrera de 1,9 m, y una altura total de levante de aproximadamente 5 m, con el fin de eliminar el aire de los mismos y del sistema. Igualmente se probó el funcionamiento del pistón de inclinación.



- Inicialmente se decidió probar cargando progresivamente tres palets con 10, 20 y 35 quintales de cemento de 50 Kg. cada uno.



- Antes de empezar las pruebas, se regula las uñas del montacargas y el operador de la máquina, para cuadrarse ante el palet debe tener presente las medidas del tractor y su capacidad de maniobra de acuerdo al radio de giro.



- Las primeras dos pruebas con 10 qq y con 20 qq de cemento fueron satisfactorias.



- Entonces se decidió hacer la prueba con 35 qq de cemento.





- Como se puede ver en las fotos toda esta carga se hizo sentir hasta en las ruedas posteriores del tractor, pero al montacargas no le faltó fuerza y el cemento pudo ser movilizado a otro lugar.



**Observaciones:**

- El sistema hidráulico ha sido diseñado para levantar 1000 Kg o sea 20 sacos de 50 Kg, que es el peso con el que se recomienda trabajar para no fatigar en si al tractor y también para no esforzar demasiado a las piezas mecánicas de sujeción, que en este caso son los brazos hidráulicos y el pistón que regula la inclinación.

#### 4.- MANTENIMIENTO.

En este tipo de tractor agrícola, el mantenimiento completo de todos los sistemas, se recomienda hacerlo cada 1200 horas de trabajo. Con la instalación del nuevo montacargas, en el que se usa mucho el sistema hidráulico del tractor, es prudente hacer el mantenimiento cada 600 horas, para que el aceite hidráulico, a pesar de sus propiedades, no dañe el sistema.

##### Mantenimiento del tractor y del sistema montacargas

Concepto	Horas
Cambio de aceite y filtro del motor.	200
Cambio de aceite de frenos, dirección, caja, ejes, sistema hidráulico.	600
Cambio de filtro de aire.	300
Cambio de filtro de combustible.	300
Engrasado general de la máquina	48
Control de presión de los neumáticos	48
Control de niveles	8
Cambio de líquido refrigerante	1200
Lavado y limpieza	48
Limpieza y revisión de la bomba rotativa de inyección	1200
Limpieza y revisión de inyectores	1200
Control del sistema de freno	600

## **5.- TIPO DE MÁQUINAS A LAS CUALES ES ADAPTABLE EL MONTACARGAS.**

Este proyecto es aplicable a tractores agrícolas, que cuenten con 2 tomas hidráulicas, un reservorio de por lo menos 7 galones de aceite hidráulico, que es con lo que trabaja el sistema y contrapesos delanteros.

De preferencia el tractor debe tener doble transmisión, ya que el peso de toda la transmisión del eje delantero nos favorece en el sentido de que se puede manipular mayores cargas en peso, y tener un equilibrio, para que no se eleven las llantas delanteras.

En el caso de que estas se elevasen, como el trabajo de este equipo es pensado para distancias cortas su manejo será fácil, bajando la carga al mínimo para que no roce el sistema con el piso, manejando el tractor en marcha lenta y usando los frenos independientes en el caso de curvas.

Si el peso del montacargas y su carga en la parte trasera del tractor es demasiado elevado, se puede corregir el desequilibrio creado poniendo más contrapesas en la parte delantera.

## **6.- INICIO DEL PROYECTO EN SU TRABAJO.**

Actualmente el tractor con el montacargas acoplado ya está en condición de trabajar.

Por lo tanto es en proyecto que se transforma en realidad.

Es conveniente seguir observando el funcionamiento del aparato y mantener un dialogo frecuente con el operador del tractor, para recoger sus opiniones y observaciones y, si es el caso, aportar modificaciones que faciliten la operación, mejoren el funcionamiento y aumenten los rendimientos.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.- CONCLUSIONES

- Las válvulas reguladoras de caudal originan pérdidas de potencia.
- Una viscosidad demasiado alta, o sea un aceite espeso, origina grandes resistencias por fricción, es decir, pérdida de potencia, y fuerte calentamiento. La viscosidad baja, o sea el aceite muy fluido, hace que las piezas móviles se desgasten rápidamente y produce grandes pérdidas por fugas.
- La temperatura del aceite ha de regularse a través del paso de un intercooler.
- Solo deben utilizarse los aparatos imprescindibles para el cometido deseado.
- La disposición, tipo de construcción y orden de conmutación de los aparatos hidráulicos, así como el diámetro de las tuberías, se determinan en la oficina de proyectos, pero el tendido de las tuberías lo decide frecuentemente fabricación, o sea el personal del taller.
- Las tuberías largas producen grandes pérdidas por fricción y exigen caudales mayores, las tuberías cortas mejoran el rendimiento general.
- Cuantas menos variaciones de dirección presenten las tuberías, menos turbulencias empeorarán la eficacia del sistema.
- Las inclusiones de aire en las instalaciones hidráulicas perturban el funcionamiento o dejan la instalación inoperante.
- La recuperación de la inversión de este proyecto será bastante larga, pero la conveniencia de solo tener una persona para operarlo es muy grande.

- El sistema montacargas no afecta de ninguna manera al sistema hidráulico del tractor, debido a que este es completamente independiente y solo es usado cuando este está conectado.
- Es muy cómodo debido a que este puede ser usado sobre cualquier superficie inclusive en carretera ya que no tiene las limitaciones de un montacargas normal.
- El sistema trabaja a la perfección en ralentí, aún con carga.

## **2.-RECOMENDACIONES**

- Accione con cuidado el levante hidráulico, ya que este puede tener movimientos bruscos.
- Al mover las llantas delanteras, se mueve atrás todo el sistema montacargas, tome en cuenta esto al momento de cuadrarse.
- Controle siempre el nivel del aceite hidráulico y la presión de las llantas antes de empezar a trabajar.
- No viaje con las uñas en la carretera.
- En el caso de un sobre peso, o sea que se levanten las llantas delanteras, puede Ud. controlar con los frenos independientes de cada rueda posterior.
- El sistema debe ser utilizado en marchas lentas.
- La válvula propia del tractor, debe solo estar en la posición hacia atrás, así el flujo del aceite no se invierte con respecto a la entrada de la válvula Prince.
- Engrase la cadena cada cierto tiempo y revise los eslabones.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Simulador de circuitos hidráulicos. Software HYD 2000. Laboratorio de Hidráulica.
- Frank J. Blatt: Fundamentos de Física; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1991.
- Hans Appold, Kurt Feiler, Alfred Reinhard, Paul Schmidt: Tecnología de los metales; Editorial EDIBOSCO, Cuenca (Ecuador), 1984.
- Robert L. Mott: Diseño de Elementos de Maquinas; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1995.
- John Deere: Parts Catalog 2650, 2650 N, 2850 Tractors Synchronized Transmission; John Deere Werke, Manheim Alemania, 1989.
- David W. South, Boyce H. Dwiggin: Diccionario de Automoción; Editorial Paraninfo, España, 1999.
- Víctor L. Streeter: Mecánica de Fluidos; Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1995.

**ANEXOS**

## ANEXO A

### Gastos realizados para la ejecución práctica de la tesis

<b>Empresa</b>	<b>Concepto</b>	<b>Monto</b>
Chatarrería	Montacargas usado	330
Neumac	Repotenciación de tres cilindros	330,4
	Válvula Prince	328,44
Inverneg	Aceite hidráulico	40,02
Cucasa	Mangueras, racores y accesorios	200,13
Metalmecánica Cunas	Uñas	240
Oxicortes	Retazos de planchas de hierro	33,56
Varios	Movilización y peajes	300
Varios	Insumos de papelería	73,27
Varios	Varios y extras	75
Varios	Materiales de ferretería	57,9

**Total en US\$**

**2008,72**

**Latacunga** \_\_\_\_\_

## ANEXO B

### Utilidad y rentabilidad del montacargas

#### Cálculo del costo unitario de una hora de trabajo

1.- Operador	2
2.- Consumo de diesel del tractor por hora	3
3.- Amortización del tractor Costo de la maquina US\$ 28000 Horas de vida útil 20000	1,86
4.- Amortización del sistema montacargas Costo del sistema US\$ 2000 Horas de vida útil 10000	0,2
5.- Mantenimiento del tractor (llantas, lubricantes, filtros, reparaciones varias)	2,5
6.- Mantenimiento del montacargas (válvula, cilindros, rulimanes, cadenas, pintura)	0,5
7.- Imprevistos	0,44
<b>Total en US\$ x hora</b>	<b>10,5</b>

## ANEXO C

### Utilidad y rentabilidad del montacargas.

<b>Acciones</b>	<b>Utilizando mano de obra</b>	<b>Utilizando montacargas</b>
Carga y/o descarga de una plataforma de 600 sacos de cemento sobre palets	6 personas a \$ 0,15 x saco descargado $600 \times 0,15 = \$ 90$ en 2 horas	Una hora de montacargas a \$10,50

#### **Ventajas:**

- El tiempo de descarga es mas corto y el camión puede volver mas rápidamente a trabajar, por ende a ganar.
- Disminuye la posibilidad de tener gente enferma o accidentada.
- Disminuye la responsabilidad laboral.
- Con el trabajo manual hay mas posibilidades de dañar los productos que con el trabajo mecanizado.

## ANEXO D

**Fig.- 132**

**Cilindro de inclinación.**

A	Retenedor
B	Junta
C	Tuerca
D	Arandela de presión
E	Tapa de cilindro
F	Chaveta
G	Retenedor
H	Guía del sub eje
I	Anillo
J	o-ring
K	Bocín
L	Anillo
M	Empaque
N	Arandela plana
O	Chaveta
P	Perno
Q	Pasador
R	Perno con arandela de presión
S	Eje roscado
T	o-ring
U	Pistón
V	Empaque
W	Tuerca de castillo
X	Pasador
Y	Arandela
Z	Espaciador
AA	o-ring
AB	Espaciador
AC	Cilindro
AD	Bushing
AE	Abrazadera
AF	Pasador

## ANEXO E

**Fig.- 135**

### **Mástil y uñas**

A	Mástil interno
B	Espaldar
C	Perno
D	Arandela de presión
E	Pin
F	Resorte
G	Pin
H	Pin
I	Sujetador
J	Espesor rectangular
K	o-ring
L	Rulimán
M	Espesor circular
N	Mástil externo
O	Arandela de presión
P	Perno
Q	Grasero
R	Bushing
S	Rulimán
T	Carro porta uñas
U	Uña
V	Rulimán
W	Rulimán
X	Anillo

## ANEXO F

**Fig.- 151**

**Cilindro de elevación.**

A	Cilindro derecho
B	Eje del cilindro derecho
C	Anillo
D	Empaque
E	Anillo
F	Guía del eje del cilindro
G	Bushing
H	Empaque
I	o-ring
J	Retenedor
K	o-ring
L	Válvula de de seguridad para descenso
M	Cilindro izquierdo
N	Eje del cilindro izquierdo
O	Anillo
P	Empaque
Q	Anillo
R	Guía del eje del cilindro
S	Bushing
T	Empaque
U	o-ring
V	Retenedor
W	Perno
X	Arandela
Y	Sujetador del cilindro
Z	Bushing
AA	Espaciador
AB	Perno
AC	Arandela de presión
AD	Perno
AE	Arandela plana
AF	Espaciador



## ANEXO G

**Fig.- 153**

**Cadenas y ruedas.**

A	Cadena de frente
B	Sujetador para cadena y perno
C	Arandela
D	Pasador
E	Soporte
F	Rueda guía para cadena
G	Chaveta
H	Tuerca
I	Tuerca
J	Perno
K	Anclaje de la cadena por perno
L	Anclaje de la cadena por perno
M	Anclaje de la cadena por ojo
N	Tapa guía
O	Perno con arandela de presión
P	Tapa guía
Q	Perno con arandela de presión

## ANEXO H

**Fig.- 163**

**Juego de herramientas.**

A	Bolsa para herramientas
B	Playo
C	Destornillador estrella-plano
D	Juego de llaves
E	Llave inglesa
F	Engrasador
G	Llave de ruedas
H	Llave de fuerza
I	Llave de bujía

## ANEXO I

### TYPICAL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES PENNZBELL® AW HYDRAULIC OILS

Test	Method	Typical results			
ISO Viscosity Grade		22	32	46	68
SAE Viscosity Grade		5W	10W	20	20
AGMA Grade		-	-	1	2
API Service Classification		SA-SB	SA-SB	SA-SB	SA-SB
ASLE IDENTIFICATION NUMBER		S-105AW	H-150AW	H-215AW	H-315AW
Cincinnati Machina Number		-	P-68	P-70	P-69
Gravity Specific, 60/60°F	ASTM D-1298	0.863	0.871	0.876	0.880
°API	ASTM D-287	32.5	30.9	30.1	29.2
Flash Point, °C(°F)	ASTM D-92	190(375)	208(405)	208(405)	210(410)
Pour Point, °C(°F)	ASTM D-97	-33(-30)	-30(-22)	-30(-22)	-30(-22)
Viscosity @ 40°C, cSt	ASTM D-445	22	32	46	68
Viscosity @ 40°C, cSt	ASTM D-445	4.3	5.4	6.9	8.8
Viscosity @ 100°F, SUS	ASTM D-445 & D-2161	105	265	237	352
Viscosity @ 210°F, SUS	ASTM D-445 & D-2161	39	44	49	56
Viscosity Index	ASTM D-2270	100	103	101	102
Color	ASTM	0.5	0.5	<1.0	<1.0

	D-1500				
<b>Copper Strip Corrosion Test</b>	ASTM D-130	1b	1b	1b	1b
<b>Vickers Vane Pump Test</b>	ASTM D-2882	PASS	PASS	PASS	PASS
<b>Foam test, All Sequences Stability, ml</b>	ASTM D-892	0	0	0	0
<b>Rust test</b>	ASTM D-665 A & B	PASS	PASS	PASS	PASS
<b>Dielectric Strength</b>	ASTM D-877	35kV	35kV	35kV	35kV
<b>Demulsibility Test</b>	ASTM D-1401	5	5	10	10

## **DICCIONARIO TECNICO**

**Aceite** (*oil*). Lubricante líquido que se utiliza para reducir la fricción entre piezas móviles.

**Acoplador rápido** (*quick coupler*). Tipo de acoplador que permite la conexión y desconexión rápida de los latiguillos o tubos flexibles. Casi todos los tubos flexibles de aire poseen este tipo de acopladores.

**Arandela** (*washer*). Dispositivo metálico redondeado con un orificio en su centro que se usa para asegurar la posición de una tuerca o un tornillo.

**Bomba de aceite** (*oil pump*). Bomba accionada de forma directa o indirecta por el árbol de levas que extrae el aceite del cárter y lo impulsa, bajo presión, a lo largo del sistema de engrase del motor.

**Bomba de paletas** (*vane pump*). Bomba dotada de pequeñas aletas dispuestas en una carcasa de forma elíptica.

**Carga** (*load*). 1. Demanda de potencia de un motor. 2. Cargamento de un camión u otro vehículo. 3. Magnitud del peso aplicado sobre un neumático. 4. Cantidad de calor impuesta en un equipo de aire acondicionado. 5. Combustible de un automóvil de carreras; por ejemplo, nitro.

**Carrera** (*stroke*). Distancia recorrida por el pistón desde su *punto muerto superior* a su *punto muerto inferior*.

**Conjunto desmontado** (*knocked-down set*). Paquete de piezas, estructuras y subestructuras de automóviles que se empacan en un lugar y se montan en otro.

**Consumo** (*consumption*). Término aplicado generalmente al *consumo de combustible*.

**Consumo de combustible** (*fuel consumption*). Cantidad de combustible que consume o utiliza el vehículo. También se refiere como *consumo de gasolina*.

**Contrapeso** (*counterweight*). 1. Peso situado en el lado opuesto al gorrón de la biela para equilibrar el movimiento conjunto. 2. Peso que se añade a un eje de rotación para compensar posibles vibraciones.

**Cordón de soldadura** (*weld bead*). Soldadura que se obtiene en un solo paso.

**Cuatro cilindros** (*four banger*). 1. Motor de cuatro cilindros. 2. Por extensión, vehículo equipado con un motor de cuatro cilindros.

**Cuatro por cuatro** (*four by*). Vehículo de cuatro ruedas con tracción en las cuatro.

**Cuatro tiempos** (*four cycle*). Ciclo de funcionamiento de un motor en el que la combustión tiene lugar en cada cilindro para cada revolución del cigüeñal.

**Cuatro velocidades** (*four speed*). Transmisión manual con cuatro marchas.

**Cubicaje del motor** (*engine displacement*). Volumen desplazado dentro de un motor cuando sus cilindros completan una carrera; en general, se expresa en centímetros cúbicos, litros o pulgadas cúbicas (en el sistema británico).

**Cubicar** (*cc-ing*). Medir o calcular el volumen de una *cámara de combustión* en centímetros cúbicos.

**Depósito** (*tank*). Recipiente que contiene una sustancia líquida o en estado de vapor; por ejemplo, el *depósito de expansión* o el *depósito de alimentación*.

**Depósito de bomba** (*pump reservoir*). Recipiente situado en la bomba o en sus proximidades que suministra el líquido para un funcionamiento adecuado del sistema.

**Descarga** (*discharge*). 1. Liberación de parte o la totalidad de *refrigerante* desde un sistema mediante la apertura de una válvula para permitir que el líquido escape lentamente hacia un sistema de recuperación. 2. Purga del aire de un sistema hermético.

**Desplazamiento** (*offset*). 1. Desviación de la llanta de una rueda con respecto al centro de la brida de montaje. 2. Falta de alineación entre dos piezas.

**Desplazamiento del pistón** (*piston displacement*). Movimiento del cilindro por parte del pistón en su movimiento desde el fondo a la parte superior del cilindro durante una carrera completa.

**Diámetro** (*diameter*). Medida de la sección transversal de un objeto redondo o circular.

**Diámetro de perno** (*bolt circle diameter*). Diámetro de una línea imaginaria que pasa por el centro de los orificios de los pernos.

**Diferencial de bloqueo** (*locking rear end, locker*). Diferencial final que actúa como un tren de bloqueo en las rectas pero permite el giro libre de las ruedas durante las curvas.

**Eje** (*axis*). Línea de simetría en torno a la cual gira una pieza rotatoria.



**Electrodo** (electrode). 1. Componente del circuito eléctrico en cuyo extremo se dispone un espacio o hueco donde tienen lugar el arco de corriente. 2. Varilla usada en soldadura.

**Electrodo para soldar** (*welding rod*). Metal de relleno de soldadura, normalmente de forma rectilínea, que no conduce la corriente de soldadura.

**Elevación** (*lift*). 1. Magnitud de apertura de una válvula. 2. Cantidad de aumento generada por un lóbulo de un árbol de levas. 3. Fuerza ascendente originada por el flujo de aire que rodea a un vehículo en movimiento.

**Ensamblaje** (*assembly, assy*). Unidad formada por dos o más piezas.

**Equilibrar** (*balance*). 1. Mantener todas las piezas de un sistema rotatorio en un estado de equilibrio. 2. Ajustar de forma estática y dinámica todas las piezas de un motor para obtener un rendimiento máximo.

**Esfuerzo de flexión** (*bending stress*). Acción de flexión que incluye fuerzas de esfuerzo mecánico y de compresión distribuidas de forma desigual.

**Esfuerzo de tracción** (*tractive effort*). Fuerza de empuje ejercida por las ruedas de tracción del vehículo en su fricción con la superficie de la calzada.

**Espaciador** (*spacer*). Dispositivo que se utiliza para aumentar el espacio existente entre dos piezas o superficies acopladas; por ejemplo, una arandela o una cuña.

**Especificaciones** (*specifications, specs*). Datos, cifras, distancias y medidas técnicas utilizados para realizar diagnósticos y ajustes de los componentes de un automóvil suministrados por el fabricante.

**Fabricación** (*manufacturing*). Ciencia de la planificación, el diseño, la administración y la programación de tareas destinada a organizar el reparto de recursos humanos, bienes materiales y financieros, equipos y maquinaria con el fin de producir un artículo útil y susceptible de comercialización.

**Fabricante** (*manufacturer*). Persona, empresa o corporación que se encarga de la producción o ensamblaje en masa de vehículos u otros productos.

**Fatiga** (*fatigue*). Tendencia que muestra un material a romperse en condiciones de esfuerzos repetidos considerablemente inferiores a su resistencia nominal de tensión.

**Filtro** (*filter*). 1. Sistema diseñado para eliminar partículas sólidas. 2. Dispositivo empleado conjuntamente con el secador o como una unidad independiente que se usa para eliminar material extraño del *refrigerante*. 3. Dispositivo utilizado para limpiar el aire que entra en el motor.

**Filtro de aceite** (*oil filter*). Componente situado cerca de la bomba del aceite que elimina las partículas abrasivas del lubricante del motor por un proceso de coladura aplicado durante el flujo del aceite por el sistema de lubricación.

**Fluido** (*fluid*). Cualquier líquido o gas.

**Frenos hidráulicos** (*hydraulic brakes*). Sistema de frenado que aplica una presión hidráulica para acuar las *zapatillas de freno* sobre los tambores.

**Grasa** (*grease*). Lubricante que consta de una mezcla estable de aceite, espesantes (normalmente, litio, sodio o calcio) y otros ingredientes que permiten obtener las características físicas u operativas deseadas.

**HP.** Horse Power.

**Hueco** (*hollow*). 1. Zona cónica de un panel de la carrocería de un automóvil. 2. Parte inferior de un tubo o una línea de conducción.

**Inspección y mantenimiento** (*inspection maintenance (I/M)*). Labores periódicas y sistemáticas de examen de los sistemas de encendido, combustible y control de emisiones de un vehículo.

**Instalar** (*install*). Montar una pieza o un conjunto accesorio para su empleo en un vehículo.

**Intercambiador de calor** (*heat exchanger*). Aparato en el que se transfiere energía térmica de un medio a otro según el principio de que el calor se desplaza de los cuerpos de más calientes a los de menor temperatura.

**Intervalo de lubricación** (*lubrication interval*). Límites de tiempo y/o kilometraje recomendados por el fabricante cuando deben procurarse servicios de engrase periódicos como parte de un programa de mantenimiento preventivo.

**Kilogramo (kg)** (*kilogram (kg)*). Unidad métrica de masa, igual a mil gramos.

**Libras por pulgada al cuadrado** (*pounds per square inch (psi)*). Unidad inglesa de medida de la presión o la tensión.

**Libras-pie** (*pounds-feet*). Unidad inglesa de medida del *par de torsión*. Una libra (lb) elevada a un pie (ft) es igual a una libra-pie (lb-ft).

**Limpiar** (*clean*). 1. Lavar con un líquido. 2. Purgar, sangrar.

**Línea de alta presión** (*high-pressure line*). 1. Conducto o tubo flexible que va de la salida del compresor a la entrada del instrumento de medida de un equipo de aire acondicionado. 2. Cualquier tubo o conducto flexible que transporta líquido o gas a presión elevada.

**Litro** (*liter*). Unidad métrica de volumen, aplicada sobre todo a líquidos.

**Lubricante** (*lubricant*). 1. Sustancia, normalmente obtenida del petróleo, que se usa para recubrir las piezas móviles y reducir la fricción entre ellas. 2. Nuevo producto sintético basado en glicol polialcalino y éster que se utiliza en los refrigerantes más modernos. 3. Término utilizado frecuentemente para referirse a un producto aceitoso de composición orgánica.

**Manguera de retorno** (*return hose*). 1. Tubo flexible de baja presión presente en un sistema de dirección asistida que devuelve el líquido al depósito de la bomba después de salir de la válvula de control o del sistema de dirección. 2. Tubo flexible de retorno no presurizado presente en un sistema de aire o líquido a presión.

**Manómetro** (*manometer (u-tube)*). Tubo en forma de U provisto de una escala graduada que se usa para medir la presión de gases y vapores.

**Milímetro** (*millimeter*). Unidad métrica de distancia. Su símbolo es mm.

**Modificación** (*modification*). Cambio o alteración de un elemento con respecto a su estado original.

**Nivel** (*level*). Cantidad de líquido presente en un sistema.

**Orificio** (*orifice*). Pequeño agujero o abertura en un elemento.

**Palet** (*ballet*). Plataforma especial, normalmente hecha de madera, que se usa para sostener y transportar artículos y componentes en un local o para almacenarlos entre la fabricación y el ensamblado; se iza con grúas especiales.

**Pasador** (*dowel*). Perno insertado en un objeto o una pieza para facilitar su alineación con otro objeto o pieza.

**Pasador de seguridad** (*shear pin*). Clavija que atraviesa dos o más piezas cuya finalidad es evitar problemas en caso de sobrecarga; se usa, por ejemplo, para asegurar la posición de los engranajes en los ejes.

**Pie (ft)** (*foot (ft)*). Medida inglesa igual a 12 pulgadas (30,48 cm).

**Potencia** (*power*). 1. Medida del trabajo realizado. 2. Ritmo al que se efectúa un trabajo.

**Presión** (*pressure*). Fuerza por unidad de superficie, normalmente expresada en *kPa*, *kPa absolutos*, *psi*, *psig* o *psia*.

**Presión del aceite** (*oil pressure*). Presión desarrollada por la bomba de aceite para forzar su paso a través del sistema de lubricación; comúnmente, está comprendida entre 103 y 517 *kPa* (de 15 a 75 *psi*).

**Presión del sistema** (*system pressure*). Presión media existente en un sistema; por ejemplo, la de un sistema de inyección de combustible.

**Presión hidráulica** (*hydraulic pressure*). Presión ejercida a través del medio de un líquido.

**Psi.** Abreviatura de la expresión inglesa *pounds per square inca* (*libras por pulgada al cuadrado*).

**Purgar** (*purge*). 1. Eliminar la humedad y/o el aire de un sistema o un componente mediante el paso de un gas seco (por ejemplo, nitrógeno). 2. Extraer todo el refrigerante de un sistema de aire acondicionado.

**Refrigerador de aceite** (*oil cooler*). 1. Dispositivo utilizado para enfriar el aceite o el líquido de una transmisión automática. 2. Elemento que se utiliza para refrigerar los lubricantes de los mecanismos de transmisión manual de los vehículos deportivos.

**Regulador de presión** (*pressure regulador*). 1. Dispositivo que evita un exceso de presión dentro de un sistema. 2. Válvula de algunas transmisiones automáticas que se abre para descargar aceite de una tubería cuando la presión del líquido alcanza un valor máximo predeterminado.

**Revoluciones por minuto** (*revolutions per minute*). 1. Número de veces que un elemento, por ejemplo un eje, realiza un giro completo en un minuto. 2. Velocidad de desplazamiento de una pieza giratoria como, por ejemplo, un cigüeñal. En abreviatura, *rpm*.

**Sello** (*sea*). 1. Elemento que se dispone alrededor e un eje giratorio para evitar fugas de líquido o vapor. 2. Material que se interpone entre dos más piezas para evitar fugas de líquido o vapor.

**Soldadura con arco eléctrico** (*arc welding*). Proceso de soldadura que produce la fusión de las piezas de trabajo mediante su calentamiento con un arco eléctrico con o sin aplicación de presión y con ausencia o presencia de metal de relleno.

**Tractor** (*tractor*). 1. Vehículo de motor con un dispositivo de quinta rueda que le permite arrastrar un semirremolque. 2. Camión o vehículo con una batalla corta que se usa para tirar de un remolque o un semirremolque. 3. Vehículo autopropulsado sobre ruedas.

**Transmisión** (*transmission, tranny*). Dispositivo de engranajes de un vehículo que permite obtener relaciones variables de la salida del motor y la entrada del diferencial.

**Tubo flexible** (*flexible hose*). Conducto para el paso de líquido o vapor dotado de capacidad para transportar diversos componentes sin que se formen bloqueos ni restricciones.

**Tuerca** (*nut*). Pieza de sujeción que contiene muescas internas que se utilizan para asegurar con un tornillo una o más piezas unidas.

**Turbulencia** (*turbulence*). Perturbación violenta en el movimiento de un fluido, como la que se produce en rápidos movimientos de remolino de la mezcla aire-combustible que entre en una cámara de combustión.

**Válvula de cierre** (*shut down valve*). Válvula que se utiliza para detener el funcionamiento de un motor interrumpiendo el suministro de combustible; es un elemento de seguridad obligatorio en numerosos vehículos de competición.

**Válvula de control** (*control valve*). Mecanismo situado en el interior del tren de engranajes de dirección aislada o en la barra del relé asociado que controla la cantidad de potencia que se transmite a la articulación asistida a través de un pistón.

**Válvula de regulación** (*timing valve, throttling valve*). Dispositivo de la bomba del inyector de combustible que regula el suministro de carburante a los inyectores.

**Válvula de seguridad** (*safety valve*). Válvula que se abre para liberar el exceso de presión o calor existente en un sistema.

**Velocidad** (*speed, velocity*). 1. Medida del espacio recorrido por unidad de tiempo, que se expresa comúnmente en kilómetros por hora (o en millas por hora, en países anglosajones). 2. Cambio del movimiento en una determinada dirección.

**Viscosidad** (*viscosity*). Resistencia que ofrece un fluido al movimiento.

**Viscosidad nominal** (*viscosity rating*). Indicador numérico de la viscosidad de un aceite de motor, establecido por el organismo American Petroleum Institute (API).



**Realizado por:**

---

**DAVID TONELLO.**

---

**ING. JUAN CASTRO.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

---

**DR. WASHINGTON YANDUN.**

**SECRETARIO ACADEMICO**