

47  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UNA MESA DIDACTICA PARA  
EL ESTUDIO DE CONTROLES HIDRAULICOS Y NEUMATICOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
( AREA MECANICA )**

**P R E S E N T A N :**

**SERGIO MIGUEL DELGADO ACEVES**

**FLAVIO MANUEL HERNANDEZ PULIDO**

**DIRECTOR: Dr. FRANCISCO JAVIER SOLORIO ORDAZ**



**MEXICO, D. F.**

**1992**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

1. INTRODUCCION
  - 1.1 ¿ Qué es Potencia Fluida ?.
  - 1.2 Historia de la Potencia Fluida.
  - 1.3 Ventajas y Aplicaciones.
  
2. GENERALIDADES.
  - 2.1 Propiedades y Tipos de Fluidos Utilizados.
  - 2.2 Leyes y Ecuaciones que se Utilizan en la Potencia Fluida.
  - 2.3 Simbología.
  - 2.4 Sistemas de Distribución.
  - 2.5 Fuentes de Potencia Hidráulica: Bombas.
  - 2.6 Actuadores de Potencia Fluida.
  - 2.7 Componentes de Control en Sistemas Hidráulicos.
  - 2.8 Componentes de Circuitos Neumáticos.
  
  - 2.9 Mantenimiento y Seguridad en la Potencia Fluida.
  
  - 2.10 Mercado Nacional.
  
3. PROYECTO DE LA MESA DIDACTICA.
  - 3.1 Objetivos.
  - 3.2 Criterios de Selección y Diseño.
  - 3.3 Costos.

4. CIRCUITOS INDUSTRIALES BASICOS.
  - 4.1 Introducción.
  - 4.2 Resumen Teórico.
  - 4.3 Circuitos Neumáticos Básicos.
  - 4.4 Símbologia.
  - 4.5 Lista de Material Disponible.
5. CONCLUSIONES.
6. BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION

### 1.1 ¿ QUE ES POTENCIA FLUIDA ?.

La potencia fluida es la tecnología que trata con la generación, control y transmisión de potencia usando fluidos presurizados. Puede decirse que la potencia fluida es el músculo para mover la industria. Esto es por que la potencia fluida se usa para empujar, regular, traccionar o manejar virtualmente todas las máquinas de la industria moderna. Por ejemplo, la potencia fluida dirige y frena automóviles, mueve tierras de cultivo, recoge cosechas, maneja máquinas herramienta, acciona controles en aeroplanos, mueve instrumentos dentales, etc.

En efecto, es casi imposible encontrar un producto manufacturado en el cual no haya estado presente la potencia fluida en su elaboración o distribución.

Un fluido puede ser considerado como líquido o gaseoso, es por esto que actualmente la potencia fluida se usa en la hidráulica y en la neumática. Los sistemas hidráulicos usan líquidos tales como aceites derivados del petróleo, agua, aceites sintéticos y algunos metales líquidos. El primer fluido hidráulico en ser usado fue el agua ya que esta es facilmente aprovechable. De cualquier modo el agua tiene muchas deficiencias, ya que se congela facilmente, es pobre lubricante y tiende a oxidar componentes metálicos. Los aceites hidráulicos superan estas deficiencias, y de ahí que sean más usados que el agua. Los sistemas neumáticos usan aire como medio gaseoso debido a que el aire es muy abundante y puede ser facilmente regresado a la atmósfera después de haber realizado su función.

Existen dos tipos de sistemas de fluidos, los sistemas de transporte de fluidos y los sistemas de potencia fluida.

Los sistemas de transporte de fluidos tienen como único objetivo el entregar un fluido desde un lugar a otro para lograr un fin provechoso. Por ejemplo, en estaciones de bombeo para llevar agua a casas habitación, en líneas de gas y sistemas de procesamientos químicos donde son transportados varios fluidos al mismo tiempo.

Los sistemas de potencia fluida son asignados especificamente para funciones de trabajo. El trabajo es completado por un fluido presurizado conectado directamente a la operación de un cilindro o motor que al girar provee el músculo para realizar el trabajo deseado. Por supuesto los componentes de control son necesarios para que el trabajo sea ejecutado con exactitud y seguridad.

Los líquidos proveen un medio adecuado para transmitir potencia, y pueden proveer enormes fuerzas para mover cargas con mayor precisión y exactitud. Por otra parte los sistemas neumáticos exhiben características expansivas debido a la compresibilidad del aire.

Sin embargo, los sistemas neumáticos son menos costosos de construir y operar. En suma pueden hacerse para controlar la operación de los actuadores hidráulicos, los cuales manejan las cargas.

Los equipos de potencia fluida se clasifican en tamaños que van desde los que manejan grandes presiones hidráulicas, hasta pequeñas presiones usadas en componentes de lógica fluida para la construcción de computadoras y otros sistemas de control seguros.

En términos de potencia bruta, una grúa manejada por un operador puede controlar cientos de caballos de potencia y transmitir esta a algún lugar mediante mangueras o tuberías. En términos de precisión, tales como aplicaciones en la industria de máquinas herramientas se llevan a cabo, tolerancias de un diezmilésimo de pulgada conservándose invariablemente durante el proceso.

La potencia fluida no es meramente un músculo poderoso, es un controlador, un músculo flexible que provee potencia dosificada, eficiente, segura y precisa para llevar a cabo un trabajo.

## 1.2. HISTORIA DE LA POTENCIA FLUIDA.

La tecnología de la potencia fluida se inicia en 1650 con el descubrimiento de la ley de Pascal: *"La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones"*.

En 1750 Bernoulli desarrolló la ley de la conservación de la energía para un fluido a través de una tubería. Las leyes de Pascal y Bernoulli son la base de todas las aplicaciones de la potencia fluida y se usan para propósitos analíticos.

La era moderna de la potencia fluida tuvo su comienzo en 1906 cuando un sistema hidráulico fue desarrollado para reemplazar a un sistema eléctrico usado para la elevación y control de los cañones en el acorazado USS Virginia. Para esta aplicación el sistema hidráulico usó aceite en lugar de agua. Este cambio en hidráulica y la subsecuente solución en problemas de sellado fueron significativos en el renacimiento de la potencia fluida.

Las demandas de la segunda guerra mundial y la expansión económica que continuó, provocó un número ilimitado de aplicaciones de los fluidos de potencia. Hoy en día la potencia fluida se usa prácticamente en todas las ramas de la industria. Algunas aplicaciones típicas son en automóviles, tractores, aeroplanos, misiles, botes y máquinas herramientas. Nada más en el automóvil la potencia fluida se utiliza en los frenos hidráulicos, dirección hidráulica, transmisiones automáticas, aire acondicionado, sistemas de lubricación, agua de enfriamiento y sistemas de bombeo de gasolina.

Con el avance de la tecnología se tuvo la necesidad de desarrollar sistemas de control que no fueran afectados por factores como son: vibración, temperatura, choques y radiación. Por lo que se desarrolló dentro del campo de la potencia fluida la tecnología llamada fluidica. Esta tecnología además de desarrollar sistemas que no fueran afectados por los factores antes mencionados, también pretendía el eliminar o reducir el número de partes en movimiento en la interfase entre componentes eléctricos y mecánicos así como entre sistemas hidráulicos y neumáticos.

En la actualidad esta tecnología ha desarrollado componentes o circuitos que incluyen sensores, circuitos lógicos, memorias, reguladores e interfaces para otros medios de control. Cuando se usan estos componentes para el control de sistemas de potencia fluida, estos tendrán la función del cerebro y los sistemas de potencia fluida la función del músculo.

Otras de las ventajas de estos componentes es que no generan ruido eléctrico y por esto no interfieren con el equipo electrónico, y el ruido eléctrico no afecta a estos componentes.

### 1.3. VENTAJAS Y APLICACIONES.

Existen sólo tres métodos básicos de transmitir potencia: eléctrico, mecánico y potencia fluida. La mayor parte de las aplicaciones actuales usan una combinación de estos tres métodos para obtener la mayor eficiencia en todo sistema. Para determinar debidamente el método a usar es importante conocer las características de cada uno. Por ejemplo: los sistemas eléctricos pueden transmitir potencia más económicamente a través de grandes distancias mejorando a los sistemas hidráulicos. Sin embargo, los sistemas eléctricos están más restringidos para cortas distancias que los sistemas hidráulicos y mecánicos.

El secreto del buen éxito y difusión de la potencia fluida es su versatilidad y su manejo. Para la potencia fluida no es un obstáculo la geometría de la máquina como en el caso de los sistemas mecánicos. Se puede considerar que la potencia fluida puede ser transmitida casi ilimitadamente ya que es restringida solamente por la capacidad de resistencia del material que la conduce.

La industria tiende a depender más y más de la automatización para incrementar la productividad. Esta remota situación incluye el control directo de operaciones de producción, procesos de manufactura y conformado de materiales. La potencia fluida es el músculo de la automatización debido a las siguientes cuatro ventajas que se consideran de mayor importancia.

a) Fácil y exacto de controlar.

Con el uso de simples palancas y botones, el operador de un sistema de potencia fluida puede comenzar, parar, subir rápidamente o bajar lentamente y graduar la fuerza que provee la potencia decaída en tolerancias tan precisas como un diezmilésimo de pulgada. Por ejemplo, en el caso de hacer descender el tren de aterrizaje en un avión el piloto al mover una pequeña válvula de control en una dirección, acciona un cilindro hidráulico que hace descender el tren y moviéndola hacia la dirección opuesta el tren regresa a su posición original accionado por el cilindro hidráulico.

b) Multiplicación de fuerza.

Un sistema de potencia fluida puede multiplicar las fuerzas simple y eficazmente desde una fracción de libra hasta varios cientos de toneladas de capacidad. Por ejemplo, en un montacargas que se usa para manejar inmensos leños, donde una base giratoria es guiada por un motor hidráulico que puede soportar cargas de 9,072 Kg (20,000 libras) en un radio de 3.048 metros (10 pies) en duras condiciones de operación.

c) Fuerza constante o par de torsión.

Sólo los sistemas de potencia fluida son capaces de aplicar fuerzas constantes y de torsión sin importar los cambios rápidos. Esto es, el trabajo se realiza tanto a pocas pulgadas por hora como a varios cientos de pulgadas por minuto, o también a bajas revoluciones por hora o a miles de revoluciones por minuto. Por ejemplo, en el caso de un explorador oceanográfico donde es importante para el operador la aplicación de una fuerza controlada y constante para el uso de ganchos y mordazas en la recolección de muestras.

d) Simple, económico y seguro.

En general, los sistemas de potencia fluida usan pocas partes en movimiento en comparación con los sistemas mecánicos y eléctricos. Por lo tanto son simples de operar y mantener.

Además maximizan la seguridad, son confiables y compactos. Por ejemplo, los sistemas de dirección para vehículos destinados a trabajar en caminos montañosos y en vehículos para transportar cargas pesadas.

Viendo la importancia de la potencia fluida en la industria y la tendencia de depender cada día más de la automatización para incrementar la productividad, es necesario que el ingeniero tenga una visión más amplia del funcionamiento de los dispositivos básicos así como de los principales circuitos que pueden formarse para transmitir potencia y realizar un trabajo.

El objetivo de este proyecto es el de diseñar y construir una mesa didáctica con los dispositivos hidráulicos o neumáticos necesarios para formar algunos circuitos básicos que puedan simular el funcionamiento de los principales sistemas usados en la industria. De esta forma el estudiante de ingeniería al formar los circuitos básicos observará físicamente las principales ventajas de los sistemas de potencia fluida, como son, la multiplicación de la fuerza, fáciles y exactos de controlar, simples, y seguros.

## GENERALIDADES

### 2.1. Propiedades y Tipos de Fluidos Utilizados.

El material más importante en un sistema hidráulico es el mismo fluido de trabajo.

Las propiedades de los fluidos hidráulicos tienen un efecto crucial en el funcionamiento del equipo y en su vida útil. Es importante usar un fluido limpio y de alta calidad para tener una eficiente operación del sistema hidráulico.

Los fluidos hidráulicos más modernos son compuestos complejos que están cuidadosamente preparados para satisfacer las demandas requeridas. En suma, un fluido hidráulico básico contiene aditivos especiales que proveen las propiedades deseadas.

Esencialmente un fluido hidráulico tiene cuatro funciones primarias que son:

1. Transmitir potencia.
2. Lubricar partes en movimiento.
3. Sellado entre partes metálicas.
4. Disipar calor.

Para llevar a cabo estas funciones primarias, un fluido hidráulico debe tener las siguientes propiedades:

1. Buen lubricante.
2. Viscosidad ideal.
3. Estabilidad química y al medio ambiente.
4. Compatibilidad con los materiales.
5. Resistencia al fuego.
6. Buena capacidad de transferencia de calor.
7. Baja densidad.
8. Resistencia a la formación de espuma.
9. No tóxico
10. Baja volatilidad.

11. Incompresible.

...

12. Fácil de disponer.

Estas son las principales propiedades que deben tener los fluidos hidráulicos, sin embargo para cada aplicación particular el número de propiedades será diferente.

Los fluidos hidráulicos también deben ser cambiados periódicamente, la frecuencia no depende solamente de las condiciones del fluido, sino también de las condiciones de operación. El análisis de laboratorio es el mejor método para determinar cuando un fluido debe ser cambiado.

Generalmente, un fluido será cambiado cuando su viscosidad y su acidez se incrementa debido a la falla del fluido o a su contaminación.

Preferentemente el fluido debe cambiarse cuando el sistema esté a temperatura de operación.

La primer categoría de fluidos hidráulicos son los derivados del petróleo, que son los tipos más ampliamente usados. El aceite crudo es un refinado que generalmente se utiliza para el servicio de alumbrado. Sin embargo, los aditivos son incluidos para dar con los requerimientos convenientes de buena lubricación, alto índice de viscosidad y resistencia a la oxidación. Si los aceites derivados del petróleo no cumplen con las propiedades deseadas, estas deben ser obtenidas agregando aditivos.

La principal desventaja de un fluido derivado del petróleo es que es flamable. Esto da como resultado el desarrollo de una segunda categoría de fluidos: los fluidos resistentes al fuego. Estos reducen grandemente el peligro de un incendio. Sin embargo los fluidos resistentes al fuego generalmente tienen una gravedad específica alta en comparación con los derivados del petróleo. Esto puede causar problemas de cavitación en la bomba debido a la excesiva presión vacuométrica en la toma de admisión de la bomba. También los fluidos resistentes al fuego son mas expansivos y tienen más problemas relacionados con el sellado entre materiales. Por lo tanto, los fluidos resistentes al fuego serían usados solo si las condiciones de operación existentes son peligrosas.

Las condiciones de manufactura deben ser seguidas muy cuidadosamente cuando se cambia de un fluido derivado del petróleo a un fluido resistente al fuego y viceversa. Siempre es necesario cambiar sellos y empaques sobre los varios componentes hidráulicos.

Una tercer categoría son los aceites usados para trabajos pesados, como es el caso de los aceites para motores que impiden el desgaste de las partes metálicas en movimiento, incrementando con esto la vida útil de los motores.

La cuarta y última categoría de los fluidos es el mismo aire. El aire es el único gas comunmente usado en sistemas de potencia neumática. La razón es que el aire no es tan compresible y es abundante. Una de las ventajas significativas del aire es que no es flamable. El aire puede fácilmente ser limpiado por medio de filtros, y todas las fugas no ocasionan suciedad sino la simple disipación de este en la atmósfera. El aire también puede ser buen lubricante con la introducción de una fina niebla de aceite.

Las desventajas del aire son su compresibilidad y su corrosividad ya que contiene agua y oxígeno. Sin embargo el agua puede ser removida con el uso de secadores .

## 2.2. Leyes y Ecuaciones que se Utilizan en la Potencia Fluida.

### 2.2.1. Ley de Pascal.

La ley de Pascal nos dice que la presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas direcciones.

Esta ley se puede esquematizar de la siguiente manera.

a) Sobre los émbolos de área transversal  $A_1$  y  $A_2$  (figura 2.1), actúan los pesos  $W_1$  y  $W_2$

tenemos que:

$$P_1 = \frac{W_1}{A_1} \qquad P_2 = \frac{W_2}{A_2}$$

Por el principio de Pascal:

$$P_1 = P_2$$

Por lo tanto:

$$W_1 = \frac{A_1}{A_2} W_2$$

Si el volumen desplazado es igual tenemos:

$$l_2 = \frac{A_1}{A_2} l_1$$

Con lo que se demuestra que la fuerza es directamente proporcional a la relación de áreas, mientras que el camino recorrido es inversamente proporcional a la misma relación.

b) En la figura 2.2 se observa como se puede multiplicar la fuerza en base a una palanca.

Si en lugar de usar el cilindro pequeño se utiliza una bomba hidráulica y un almacén de aceite como se observa en la figura 2.3 tendríamos un esquema básico de transmisión hidráulica.

#### 2.2.2. Ecuaciones de transporte.

El conocimiento de los fundamentos que rigen el movimiento de los fluidos es necesario en el transporte de estos por tubería y en otras numerosas operaciones industriales, en las que ocurren fenómenos físicos de transporte, para el movimiento de fluidos a través de tuberías, donde interesa el aspecto macroscópico y global de transporte. Puede darse una teoría sencilla de directa aplicación en los casos prácticos basándose en las ecuaciones de la mecánica de fluidos.

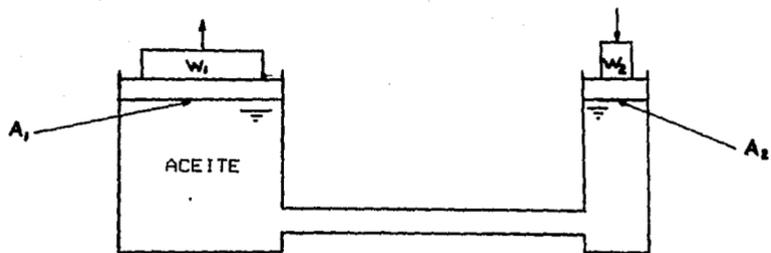


FIGURA 2.1

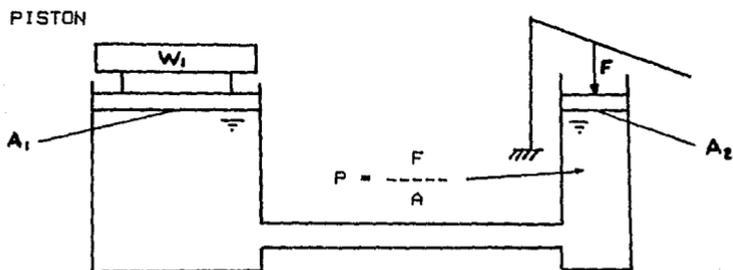


FIGURA 2.2

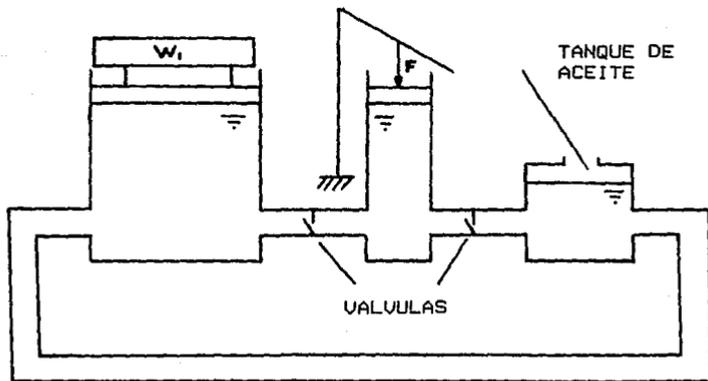


FIGURA 2.3

a) Ecuación de la conservación de la masa (continuidad).

Esta ecuación interpretada como balance de materia a lo largo de un tubo de corriente, se simplifica en el caso de transporte por tubería en el régimen estacionario, quedando reducida a enunciar que la masa de fluido que atraviesa cualquier sección por unidad de tiempo es constante.

$$\dot{m} = \rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$$

Donde  $V_1$  y  $V_2$  representan las velocidades medias sobre las secciones rectas  $A_1$  y  $A_2$ , y  $\rho$  es la densidad del fluido.

En términos de gasto y tratándose de un fluido incompresible la expresión queda:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

b) Ecuación de cantidad de movimiento.

Esta ecuación aplicada a un tubo de corriente con régimen estacionario tiene la expresión siguiente:

$$\vec{F} = \int_{A_2} \rho \vec{V}_2 dQ - \int_{A_1} \rho \vec{V}_1 dQ$$

Donde las integrales hay que calcularlas a lo largo de las superficies transversales teniéndose finalmente que:

$$\vec{F} = \rho Q ( \vec{V}_2 - \vec{V}_1 )$$

Siendo  $\vec{F}$  la resultante de todas las fuerzas exteriores que actúan sobre el fluido.

c) Conservación de la energía.

Esta ecuación se obtiene usando el principio de conservación de la energía o primer principio de la termodinámica. Y para flujo permanente unidimensional toma la forma:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 - h - w = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

Donde:

$h$  = Pérdidas por fricción en tubos y accesorios.

$V$  = Velocidad.

$z$  = Altura sobre una referencia. ...

$w$  = Trabajo en el eje de motores (+) y generadores (-).

$\gamma$  = Peso específico.

$P$  = Presión.

$g$  = Aceleración de la gravedad.

La aplicación de la ecuación energética exige la evaluación previa del sumando correspondiente a la fricción. Los métodos de análisis dimensional, junto con la ecuación de cantidad de movimiento llevan a la llamada fórmula de Darcy que es la expresión siguiente:

$$h = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

En donde L es la longitud total de la conducción, D el diámetro de la misma y f el coeficiente de fricción, magnitud adimensional que hay que determinar en cada caso.

Análogamente, la evaluación del término de pérdidas para un caso localizado, como un accesorio o una válvula intercalados en la conducción, deben llevar una expresión del mismo tipo del anterior, donde las pérdidas vendrán correctamente expresadas desde el punto de vista dimensional como una función proporcional al término de energía cinética.

En condiciones de transporte a mayores velocidades, el régimen laminar da paso a otro llamado turbulento, caracterizado por la formación de remolinos en la corriente y el intercambio lateral de cantidades finitas de masa y cantidad de movimiento.

El parámetro adimensional que gobierna el tipo de régimen y el factor de fricción es el número de Reynolds, definido por:

$$Re = \frac{L V \rho}{\mu}$$

Donde L es una dimensión característica, que en el caso de flujo en tuberías es el diámetro.

V = Velocidad media.

$\rho$  = Densidad.

$\mu$  = Viscosidad Absoluta.

Para números de Reynolds superiores a 2,100 se presenta el régimen turbulento, aunque la transición entre ambos regímenes no es nítida, y abarca una zona denominada de transición.

El número de Reynolds puede interpretarse como un parámetro que mide la relación de las fuerzas de inercia y las fuerzas debidas a la viscosidad.

En condiciones de flujo laminar extendido a la totalidad de tuberías circular, se puede deducir una expresión exacta de las pérdidas por rozamiento en función de la viscosidad del fluido, que es la conocida ecuación de Hagen-Poiseuille, de la que se obtiene el factor de rozamiento en función del número de Reynolds mediante la expresión:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Esta expresión indica una relación entre ambos parámetros adimensionales.

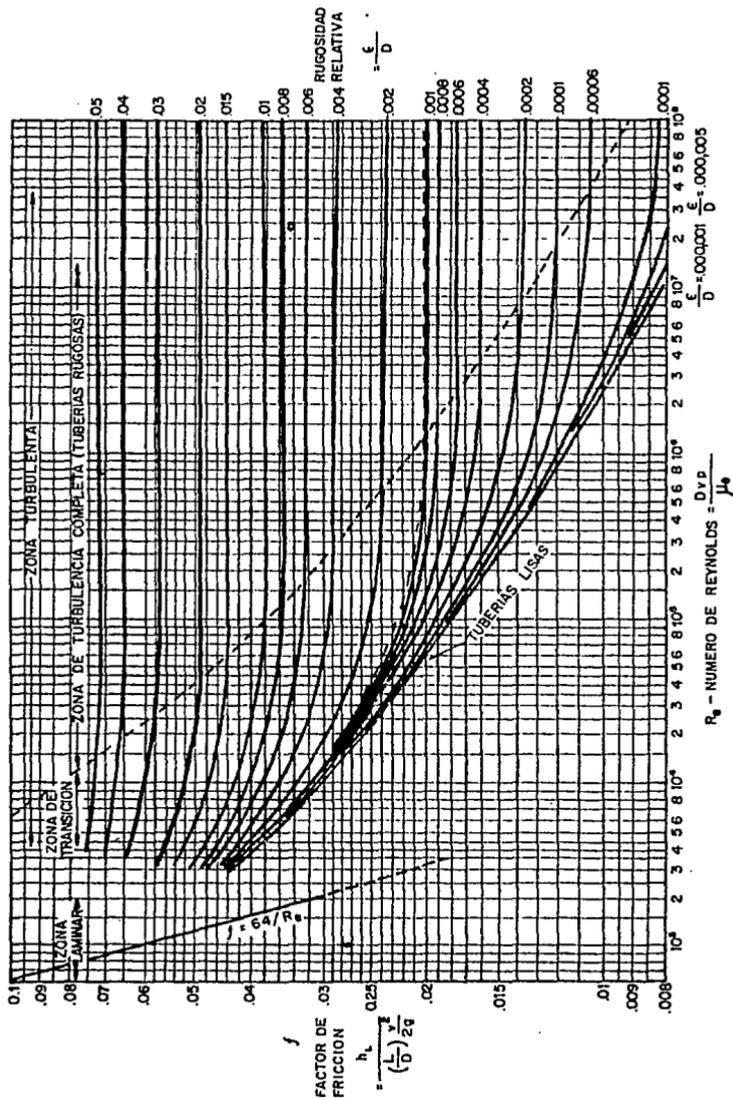
En el caso de régimen turbulento, inaccesible por su puesto al análisis teórico dada la naturaleza estocástica del mismo, la mencionada correlación experimental se recoge adecuadamente en el diagrama de Moody, donde se da el factor de rozamiento en función de  $Re$  y de la rugosidad relativa de la tubería como se muestra en los diagramas posteriores. La representación analítica del factor de rozamiento en la zona de transición viene expresada por la fórmula de Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{c / D}{3.71}$$

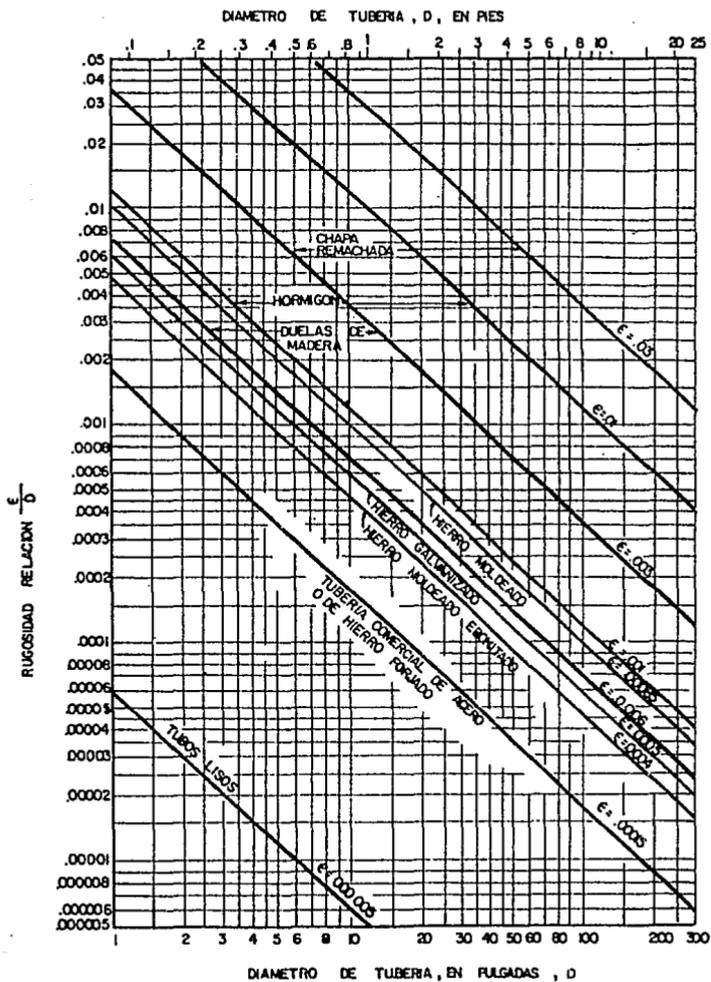
### 2.2.3. Las leyes del gas perfecto.

Durante el siglo XVI los científicos descubrieron las leyes que determinan la relación entre la presión, volumen y temperatura de un gas. Estas leyes son llamadas leyes del gas perfecto.

Transporte de fluidos. Gráfico del factor de fricción



Transporte de fluidos. Rugosidades relativas de tuberías



Aunque los gases perfectos no existen, la conducta del aire es muy cercana a lo predecido por las leyes de Boyle, Charles, Gay-Lussac y la ley general de los gases. Cada una de estas leyes deberá conocerse para poder definir y aplicarlas a un problema en particular.

La ley de Boyle dice que si la temperatura de una cantidad de gas dado se mantiene constante, el volumen del gas deberá variar inversamente con la presión absoluta del gas:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

La ley de Charles dice que si la presión de un gas dado se mantiene constante, el volumen del gas deberá variar en proporción directa a la temperatura absoluta:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

La ley de Gay-Lussac nos dice que si el volumen de un gas dado, se mantiene constante, la presión ejercida por el gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Las leyes de Boyle, Charles y Gay-Lussac, pueden ser combinadas dentro de una simple fórmula general definida por:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

### 2.3. Simbología.

Un circuito hidráulico es un grupo de componentes tales como bombas, actuadores, válvulas de control y conductores, arreglados de tal forma que puedan desarrollar una labor útil.

Cuando analizamos o diseñamos un circuito hidráulico deben seguirse las siguientes tres consideraciones:

1. Seguridad de operación.
2. Desempeño adecuado de su función.
3. Eficiencia de operación.

Es muy importante para la técnica o diseño de la potencia fluida, el tener conocimiento de como trabajan y como operan los componentes en un circuito. Los circuitos hidráulicos están completamente revelados mediante el uso de símbolos gráficos de todos sus componentes. Primeramente los circuitos hidráulicos deben ser comprendidos, para esto es necesario los símbolos utilizados en la potencia fluida. Esta simbología se presenta a continuación (figuras 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3).

A continuación se muestra un circuito (figura 2.3.4) que controla a un cilindro hidráulico de doble acción. La operación de este es descrita a continuación:

1. Cuando la válvula de cuatro vías tiene colocado su accionador de resorte en la posición central, el cilindro es cerrado hidráulicamente. Asimismo, la bomba descarga en el depósito a presión atmosférica.

2. Cuando la válvula de cuatro vías es accionada hacia el lado izquierdo de la configuración, el flujo de aceite irá del puerto P al puerto A, provocando que el cilindro se extienda contra la fuerza de carga. Asimismo, el aceite que llega al final del vástago del cilindro fluirá libremente al tanque pasando por la válvula de cuatro vías del puerto B al puerto T. Note que el cilindro no podrá extenderse si el aceite no fue admitido para salir al final del vástago del cilindro.

LOS SIMBOLOS MOSTRADOS CONFORMAN LAS ESPECIFICACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE NORMAS (ANSI). LOS SIMBOLOS PUEDEN SER COMBINADOS. NO SE PRETENDE MOSTRARLOS.			
LINEAS Y SUS FUNCIONES		BOMBAS	
LÍNEA DE TRABAJO		BOMBA DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE FIJO	
LÍNEA PILOTO			
LÍNEA DE DRENADO		BOMBA DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE VARIABLE	
CONECTOR			
LÍNEA FLEXIBLE		MOTORES Y CILINDROS	
LÍNEA DE UNIÓN		MOTOR ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO FIJO	
LÍNEA DE CRUCE		MOTOR ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO VARIABLE	
DIRECCIÓN DE FLUJO hidráulica neumática		MOTOR OSCILATORIO	
LÍNEA A DEPÓSITO arriba del fluido abajo del fluido		CILINDRO DE SIMPLE EFECTO	
LÍNEA DE MÚLTIPLE DESCARGA		CILINDRO DE DOBLE EFECTO	
CONEXIÓN A VALVULA O TAPON		CILINDRO DE VASTAGO DIFERENCIAL	
RESTRICCIÓN FIJA		CILINDRO DE DOBLE FIN DE VASTAGO	
RESTRICCIÓN VARIABLE		CILINDRO CON AMORTIGUADOR EXTREMO	

FIG. 2.3.1

METODOS DE OPERACION		METODOS DE OPERACION	
COMPENSADOR DE PRESION		PALANCA	
DENTADO		PRESION DE PILOTO	
MANUAL		SOLENOIDE	
MECANICO		CONTROL SOLENOIDE OPERADO POR PRESION PILOTO	
PEDAL		RESORTE	
ACCIONADO CON BOTON		ACTUADOR	

FIG. 2.3.2

DISPOSITIVOS MISCELANEOS		SIMBOLOS BASICOS DE VALVULAS	
DIRECCION DE ROTACION		TRAYECTORIA DE FLUJO SIMPLE NORMALMENTE CERRADA	
COMPONENTE CERRADO		VALVULA DE ALIVIO	
DEPOSITO ABIERTO		SIMBOLO BASICO DE VALVULA CON VARIAS TRAYECTORIAS	
DEPOSITO PRESURIZADO		BLOQUEO DE FLUJO EN LA PARTE CENTRAL	
MEDIDOR DE PRESION		MULTIPLES TRAYECTORIAS DE FLUJO	
MEDIDOR DE TEMPERATURA		EJEMPLOS DE VALVULAS	
FLUJO CONOCIDO (PROPOR. DE FLUJO)		VALVULA DE DESAHOGO, DRENADO INTERNO	
MOTOR ELECTRICO		OPERACION REMOTA	
ACUMULADOR CON CARGA DE RESORTE		VALVULA DE DESACELERACION NORMALMENTE ABIERTA	
ACUMULADOR CARGADO CON GAS		VALVULA DE SECUENCIA, OPERA DIRECTA, DRENADO EXTERNO	
FILTRO		VALVULA DE REDUCCION DE PRESION	
CALENTADOR		VALVULA DE CONTRAPESO CON VALVULA CHECK INTEGRADA	
ENFRIADOR		COMPARADOR DE PRESION Y TEMPERATURA	
CONTROLADOR DE TEMPERATURA		CONTROL DE FLUJO CON CHECK	
INTENSIFICADOR		VALVULA DIRECCIONAL DE 2 POSICIONES Y 3 PUERTOS	
INTERRUPTOR DE PRESION		VALVULA DIRECCIONAL DE 3 POSICIONES Y 4 PUERTOS	
SIMBOLOS BASICOS DE VALVULAS		VALVULA DE POSICION INDEFINIDAS (INDICADA POR BARRAS HORIZONTALES)	
VALVULA CHECK			
VALVULA DE CIERRE MANUAL			
VALVULA BASICA CUBIERTA			
TRAYECTORIA DE FLUJO SIMPLE NORMALMENTE CERRADA			

FIG. 2.3.3

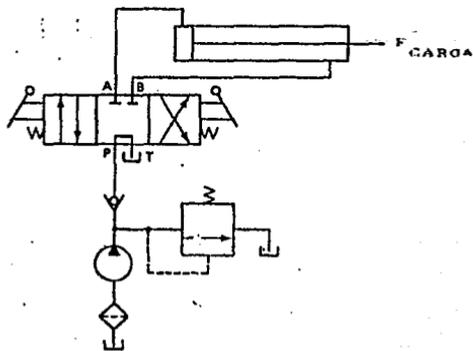


FIG. 2.3.4 CONTROL DE UN CILINDRO DE DOBLE ACCION.

3. Cuando el accionador de resorte de la válvula es regresado a su posición central, el cilindro se cierra hidráulicamente una vez más.

4. Cuando la válvula de cuatro vías es accionada hacia el lado derecho de la configuración, el flujo de aceite a través de la válvula irá del puerto P al puerto B, ocasionando con esto la retracción de el cilindro. A su vez el aceite que se encuentra en la parte superior del cilindro retornará al tanque al fluir del puerto A al puerto T.

5. Al final de la carrera del pistón, éste no demandará aceite al sistema. De esta manera el flujo de aceite que sale de la bomba pasará a través de la válvula de alivio ajustando el nivel de presión a menos que, la válvula de cuatro vías se desactive. En cualquier evento, el sistema está protegido de cualquier sobrecarga del cilindro.

6. La válvula check evita de sobrecargas al retraerse el cilindro, esto sucede cuando la válvula de cuatro vías se encuentra accionada hacia el lado izquierdo de la configuración.

#### 2.4. Sistemas de Distribución.

En un sistema de potencia fluida el fluido pasa a través de un sistema de distribución que consiste de conductores y accesorios que transportan el fluido desde un depósito hacia los componentes de operación y lo regresa al mismo depósito. De esta forma la potencia fluida es transmitida hacia los sistemas por medio de estas líneas conductoras. Estos deben ser elegidos adecuadamente según la función y tipo de sistema.

Los sistemas de potencia fluida hoy en día usan cuatro tipo de conductores, que son:

1. Tubería de acero con costura.
2. Tubería de acero sin costura.
3. Tubería de plástico.
4. Mangueras flexibles.

La selección de qué tipo de conductor debe usarse depende principalmente de las presiones de operación del sistema y del tipo de flujo usado. Además, la selección depende tanto de las condiciones ambientales como de la temperatura de operación, la vibración y en todo caso de que exista o no movimiento relativo entre los componentes del sistema.

Las líneas conductoras de acero están dispuestas para manejar presiones de trabajo arriba de los 697.5 Kg/cm<sup>2</sup> (10,000 psi). La tubería de plástico está incrementando su uso industrial porque no es costosa y los circuitos pueden ser ensamblados fácilmente debido a su alta flexibilidad.

Las mangueras flexibles son usadas principalmente para conectar componentes que experimenten movimiento relativo. Estas son fabricadas con un gran número de compuestos elásticos y son capaces de manejar presiones arriba de 697.5 Kg/cm<sup>2</sup> (10,000 psi).

Los conductores y accesorios de acero inoxidable son usados si el medio ambiente es excesivamente corrosivo. Sin embargo, estos se dilatan mucho y sólo deben ser usados si son necesarios. Los conductores de cobre no deben ser usados en sistemas hidráulicos ya que el cobre provoca la oxidación de los aceites derivados del petróleo. Los conductores de zinc, magnesio y cadmio no deben ser usados porque son rápidamente corroídos por fluidos de agua-glicol. Los conductores galvanizados también deben ser evitados porque la superficie galvanizada tiende a desprenderse dentro del fluido hidráulico. Cuando se usan tuberías de acero, los accesorios deben ser de acero excepto para las líneas de admisión, regreso y drenado donde el hierro maleable puede ser empleado.

#### 2.4.1. Tubería de Acero con Costura.

La tubería y accesorios de acero con costura son clasificados por tamaños nominales y número de cédula. Los números de cédula más utilizados en sistemas hidráulicos son 40, 80, y 160 como se muestra en la tabla 2.1.

Nótese que para todos los tamaños nominales el diámetro exterior no cambia.

Las tuberías de acero sólo pueden tener roscas macho, y no pueden ser dobladas alrededor de obstáculos. Existen por su puesto varios tipos de accesorios para terminar las conexiones así como para hacer cambios de dirección, estos se muestran en las figuras 2.4.1 y 2.4.2.

MEDIDA NOMINAL TUBO	DIAMETRO EXTERIOR TUBO	DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO		
		CEDULA 40	CEDULA 80	CEDULA 160
1/3	0.405	0.269	0.215	-
1/4	0.540	0.364	0.302	-
3/8	0.675	0.493	0.423	-
1/2	0.840	0.622	0.546	0.466
3/4	1.050	0.824	0.742	0.614
1	1.315	1.049	0.957	0.815
1 1/4	1.660	1.380	1.278	1.160
1 1/2	1.900	1.610	1.500	1.338
2	2.375	2.067	1.939	1.689

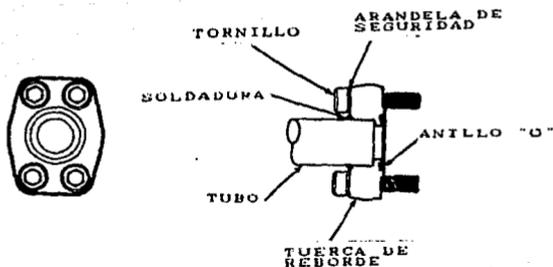
TABLA 2.1. (Medidas en pulgadas).

TUBO D.E.	ESPESOR DE PARED	TUBO D.I.	TUBO D.E.	ESPESOR DE PARED	TUBO D.I.	TUBO D.E.	ESPESOR DE PARED	TUBO D.I.
1/8	0.035	0.055	1/2	0.035	0.430	7/8	0.049	0.777
3/16	0.035	0.118		0.049	0.412		0.065	0.745
				0.065	0.376		0.109	0.657
1/4	0.035	0.180		0.095	0.310	1	0.049	0.902
	0.049	0.120	5/8	0.035	0.555		0.065	0.870
	0.065	0.120		0.049	0.527		0.120	0.760
5/16	0.035	0.243		0.065	0.495	1-1/4	0.065	1.120
	0.049	0.203		0.095	0.435		0.095	1.060
	0.065	0.183	3/4	0.049	0.652	1-1/2	0.120	1.010
3/8	0.035	0.305		0.065	0.620		0.065	1.370
	0.049	0.265		0.109	0.532		0.095	1.310
	0.065	0.245						

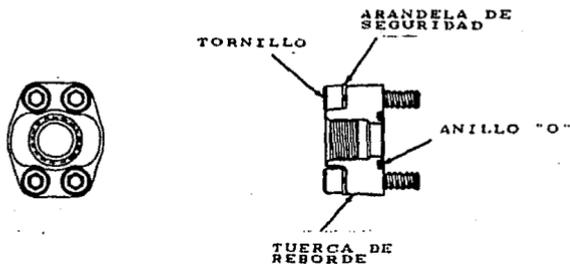
TABLA 2.2. (Medidas en pulgadas).

MEDIDA DE MANGUERA	TUBO D.E.	TRENZADO SIMPLE				DOBLE TRENZADO		
		MANGUERA				MANGUERA		
		D. I.	D. E.	RADIO DE CURVATURA MINIMO		D. I.	D. E.	RADIO DE CURVATURA MINIMO
4	1/4	3/16	33/64	1-15/16	1/4	11/16	4	
6	3/8	5/16	43/64	2-3/4	3/8	27/32	5	
8	1/2	13/32	49/64	4-5/8	1/2	31/32	7	
12	3/4	5/8	1-5/64	6-9/16	3/4	1-1/4	9-1/2	
16	1	7/8	1-15/64	7-3/8	1	1-9/16	11	
20	1-1/4	1-1/8	1-1/2	9	1-1/4	2	16	

TABLA 2.3. (Medidas en pulgadas).



TUERCA DE REBORDE PARA CONEXIONES DE TUBERIA DE TIPO RECTO.



UNION SOLDADA PARA CONEXION DE TUBERIA DEL TIPO RECTO

FIG. 2.4.1 CONEXIONES PARA TUBERIAS LARGAS

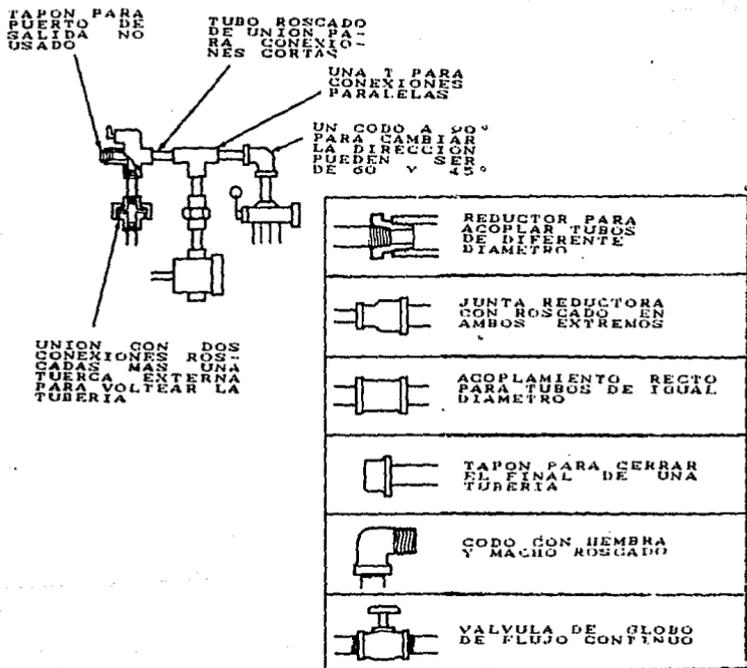


FIG. 2.4.2 UNIONES HECHAS PARA LA CONEXION ENTRE TUBOS Y COMPONENTES.

#### 2.4.2. Tuberías de Acero sin Costura.

La tubería de acero sin costura es el tipo de conductor más ampliamente usado para los sistemas hidráulicos ya que provee significantes ventajas sobre las tuberías con costura. Esta tubería puede ser doblada casi de cualquier forma, de tal modo que se reducen los accesorios requeridos. La tubería sin costura es fácil de manejar y puede evitar muchos problemas de sellado.

Para sistemas de bajo volumen esta tubería puede manejar las condiciones de presión y flujo con menos peso y menos volumen. Sin embargo este tipo de tubería y sus accesorios son más expansivos. La designación de este tipo de tubería siempre está referida a su diámetro exterior. Para tamaños más allá de una pulgada los incrementos son de 6.35 mm. (1/4 de pulgada) como se muestra en la tabla 2.2.

El tipo de material más usado para la fabricación de tuberías sin costura es el SEA 1010 rolado en frío. Este material es fácil de trabajar y tiene una tenacidad de 3836.25 Kg/cm<sup>2</sup> (55,000 psi). Esta tubería también puede ser fabricada con acero AISI 4130, que tiene una tenacidad de 5231.26 Kg/cm<sup>2</sup> (75,000 psi).

En la figura 2.4.3 se muestran algunos accesorios para este tipo de tubería.

#### 2.4.3. Tubería de Plástico.

La tubería de plástico está teniendo una rápida aceptación en la industria de la potencia fluida ya que es relativamente in expansiva. También puede ser fácilmente doblada para rodear apropiadamente los obstáculos. Esta es fácil de manejar y puede ser almacenada en carretes. Otra ventaja es que puede ser codificada en colores para representar diferentes partes de un circuito ya que está disponible en muchos colores. Siendo que la tubería de plástico es flexible, es menos susceptible al daño por vibración que la tubería de acero.

Los accesorios de la tubería de plástico son casi idénticos a los de la tubería de acero.

En realidad muchos accesorios de la tubería de acero son usados en la tubería de plástico.

La tubería de plástico es usada universalmente en sistemas neumáticos porque las presiones de aire están normalmente abajo de 6.97 Kg/cm<sup>2</sup> (100 psi). Por supuesto la tubería de plástico es compatible con los fluidos hidráulicos, y es por esto que se usa en aplicaciones hidráulicas de baja presión.

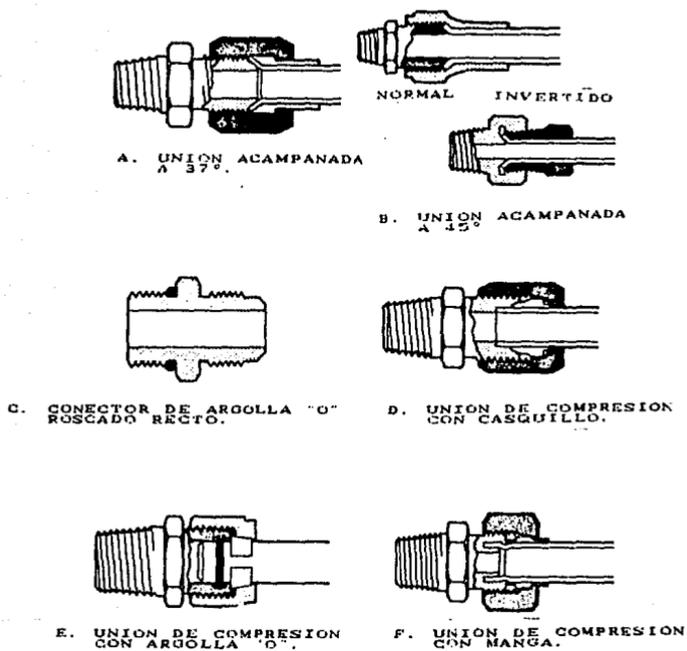


FIG. 2.4.3 UNIONES ROSCADAS Y CONECTORES  
USADOS EN TUBFERIAS.

Los materiales que se utilizan para la fabricación de esta tubería son el polietileno, cloropolivinil, polipropileno, y nylon.

#### 2.4.4. Mangueras Flexibles.

El cuarto tipo de conductor hidráulico es la manguera flexible, que es usada donde los componentes hidráulicos están sujetos a movimiento. Algunos ejemplos son las unidades de potencia portátil, equipos móviles, y máquinas herramienta con potencia hidráulica. Las mangueras son fabricadas en capas de elastomer (goma sintética) y malla industrial o malla de alambre, que permiten la operación a altas presiones.

Las mangueras pueden tener pocas capas para manejar bajas presiones o múltiples capas para manejar presiones muy elevadas como se muestra en la figura 2.4.4.

En la tabla 2.3 se representan algunos tamaños y dimensiones para mangueras de malla sencilla y malla doble comparado con el tamaño de la tubería de acero.

En la figura 2.4.5 se ilustran cinco diseños de mangueras flexibles así como su construcción.

Las características de estas mangueras son las siguientes:

a) Simple malla reforzada que trabaja con presiones que van de 26.15 a 191.81  $\text{Kg/cm}^2$  (375 a 2,750 psi) dependiendo del tamaño.

b) Doble malla reforzada que trabaja con presiones que van de 78.46 a 378.45  $\text{Kg/cm}^2$  (1,125 a 5,000 psi) dependiendo del tamaño.

c) Simple malla reforzada con malla de poliéster interior y exterior que trabaja con presiones que van de 24.41 a 209.25  $\text{Kg/cm}^2$  (350 a 3,000 psi) dependiendo del tamaño.

d) Con malla de textil interior reforzada y malla de textil exterior que trabaja con presiones de 17.43  $\text{Kg/cm}^2$  (250 psi) para todos los tamaños.

e) Con malla parcial de textil, cuatro capas de alhambreado en espiral y cubierta elástica que trabaja con presiones de 174.37  $\text{Kg/cm}^2$  (2,500 psi) para todos los tamaños.

Algunos accesorios utilizados para las mangueras flexibles se muestran en las figura 2.4.6.

1. LA CAPA EXTERIOR ES DE POLIVINILO USADO PARA PROTECCION.

2. LA SEGUNDA CAPA ES DE ALAMBRE O MALLA.

3. PARA LA ALTA PRESION SE UTILIZAN CAPAS ADICIONALES DE MALLA.



4. LA ULTIMA CAPA ES UN MATERIAL COMPATIBLE CON EL FLUIDO HIDRAULICO.

FIG. 2.4.4 LA MANGUERA FLEXIBLE ES CONSTRUIDA EN CAPAS.



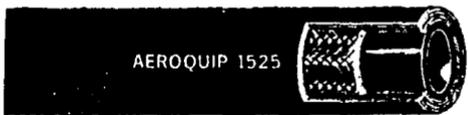
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

FIG. 2.4.5 DESIGNACION DE VARIAS MANGUERAS FLEXIBLES.  
(a)FC194: MALLA-SIMPLE, (b)FC195: MALLA-DOBLE, (c)  
FC300: MALLA SIMPLE, CON MALLA DE POLYESTER INTERIOR,  
(d)FC1525:CON MALLA TEXTIL SIMPLE, (e) 2791: CUATRO  
MALLAS EN ESPIRAL GRUESAS, CON MALLA TEXTIL PARCIAL.

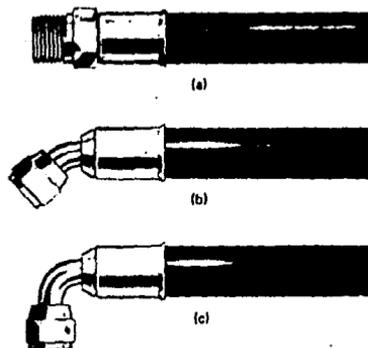


FIG. 2.4.6. MANGUERAS FLEXIBLES  
CON CONECTORES PERMANENTES, UNI-  
DOS AL EXTREMO DE ESTAS. (a) CO-  
NECTOR RECTO, (b) CONECTOR CON  
CODO A 45°, (c) CONECTOR CON CODO  
A 90°.

## 2.5. Fuentes de Potencia Hidráulica : Bombas.

Una bomba, que es el corazón de un sistema hidráulico, convierte la energía mecánica en energía hidráulica. La energía mecánica es entregada a la bomba vía, un movimiento principal semejante al de un motor eléctrico. Debido a la acción mecánica, la bomba crea un vacío parcial en la toma de admisión. Esto permite que la presión atmosférica force al fluido entrar a la bomba. La bomba entonces empuja al fluido hacia el sistema hidráulico (figura 2.5.1).

Hay dos amplias clasificaciones de bombas identificados por la industria de la potencia fluida.

1. Bombas de desplazamiento no positivo. Este tipo es generalmente usado para aplicaciones de baja presión y alto volumen de flujo. Ya que no son capaces de aguantar altas presiones, son poco usadas en el campo de la potencia fluida. Normalmente su capacidad máxima de presión está limitada para 17.43 a 20.92 Kg/cm<sup>2</sup> (250 a 300 psi). Por lo tanto estas bombas son usadas principalmente para el transporte de fluidos de un lugar a otro.

2. Bombas de Desplazamiento Positivo. Este tipo es universalmente usado para sistemas de potencia fluida. Como su nombre lo indica, una bomba de desplazamiento positivo expulsa una cantidad fija de fluido hacia el sistema hidráulico por cada revolución de la flecha de rotación de la bomba.

Estas bombas tienen las siguientes ventajas sobre las bombas de desplazamiento no positivo.

a) Alta capacidad de presión (arriba de 697.5 Kg/cm<sup>2</sup> o 10,000 psi).

b) Tamaños pequeños y compactos.

c) Alta eficiencia volumétrica.

d) Pequeños cambios en la eficiencia.

e) Gran flexibilidad de funcionamiento (puede trabajar sobre un amplio rango de presiones y velocidades requeridas).

Existen tres tipos principales de bombas de desplazamiento positivo, que son: de engranes, de paletas y de pistón. Se clasifican de la siguiente manera:

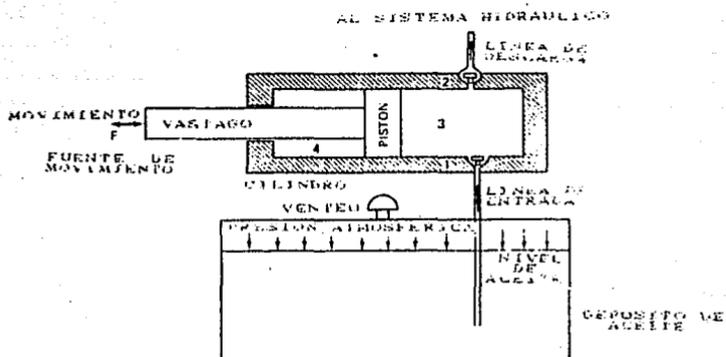


FIG. 2.5.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE PISTON.

1. Bombas de Engrane.
  - a) Bomba de engranes externos.
  - b) Bomba de engranes internos.
  - c) Bomba de lóbulos.
  - d) Bomba de tornillo.
2. Bombas de Paleta.
  - a) Bomba de Paletas con rotor excéntrico.
  - b) Bomba de paletas con rotor centrado.
3. Bombas de Pistón.
  - a) De diseño axial.
  - b) De diseño radial.

#### 2.5.1. Bombas de Engranés.

En la figura 2.5.2 se muestra el funcionamiento básico de una bomba de engranes externos. Al girar en el sentido de las flechas, en el lado de la admisión siempre hay dos dientes que se separan creando un vacío, con lo que el líquido penetra al estator, y es desplazado por los espacios entre los dientes de el estator hacia la impulsión, donde por el contrario siempre hay dos dientes que engranan y expulsan el líquido. Esta bomba se utiliza como bomba de combustible y lubricantes para presiones de 10.11 a 20.22 Kg/cm<sup>2</sup> (145 a 290 psi).

El siguiente análisis nos permite evaluar el flujo teórico de una bomba de engranes usando la nomenclatura específica.

Por la geometría del engrane el flujo volumétrico desplazado está determinado por:

$$V_d = \frac{\pi}{4} ( D_o^2 - D_i^2 ) L$$

Donde:

$D_o$  = Diámetro Exterior de los Dientes.

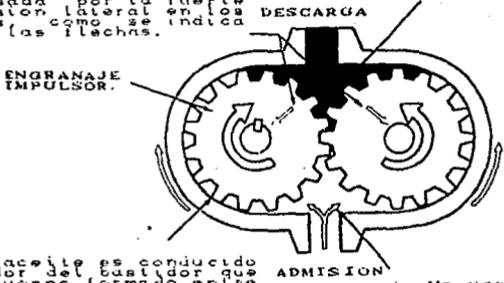
$D_i$  = Diámetro Interior de los Dientes.

$L$  = Ancho del Diente.

$V_d$  = Volumen Desplazado de la Bomba.

4. Presión de descarga  
 causada por la  
 presión lateral en los  
 ejes, como se indica  
 por las flechas.

3. Se fuerza la salida  
 por el puerto de des-  
 carga, vuelven a engranar.



2. El aceite es conducido  
 al interior del eje  
 por el eje impulsor que  
 está en el eje de  
 entrada.

1. Un vacío es creado  
 debido al movimiento de los  
 engranes. Entrando, aceite  
 del depósito.

FIG. 2.5.2. OPERACION EXTERNA DE UNA BOMBA DE ENGRANES.

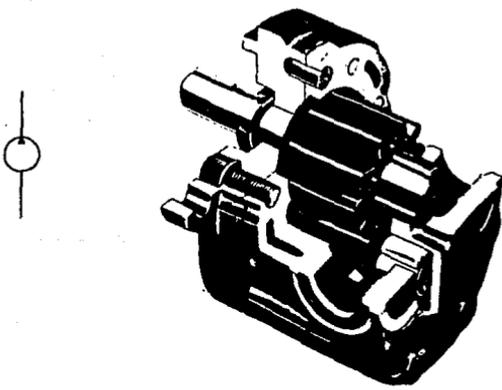


FIG. 2.5.3. FOTOGRAFIA MOSTRANDO A DETALLE PARTES DE UNA BOMBA DE ENGRANES EXTERIORES.

En la figura 2.5.3 se muestra físicamente una bomba de este tipo y su símbolo.

Dentro de las bombas de engranes como ya se mencionó se encuentran también las de engranes interiores, de lóbulo y tornillo las cuales se muestran física y esquemáticamente en las figuras 2.5.4 a 2.5.6.

#### 2.5.2. Bombas de Paletas.

En la figura 2.5.7 se muestra la operación de una bomba de paletas deslizantes con rotor excéntrico. La fuerza centrífuga mantiene a las paletas pegadas a la superficie del estator, durante una media rotación del rotor, el volumen entre este y la cámara del estator se incrementa. Esta expansión del volumen causa una reducción de presión. Este es el proceso de succión que ocasiona que el fluido entre y llene el vacío. En la segunda mitad de rotación, la superficie del estator empuja a las paletas dentro de las ranuras, y el volumen atrapado es reducido, ocasionando que el fluido sea arrojado en la toma de salida.

El siguiente análisis teórico nos dá los parámetros utilizados en este tipo de bombas.

La excentricidad máxima está dada por:

$$e_{\max} = \frac{D_c - D_r}{2}$$

El volumen máximo está dado por:

$$V_{d\max} = \frac{\pi}{4} (D_c^2 - D_r^2) L$$

Haciendo algunas sustituciones y considerando que el volumen real desplazado es cuando  $e_{\max} = e$ :

$$V_d = \frac{\pi}{2} (D_c + D_r) e L$$

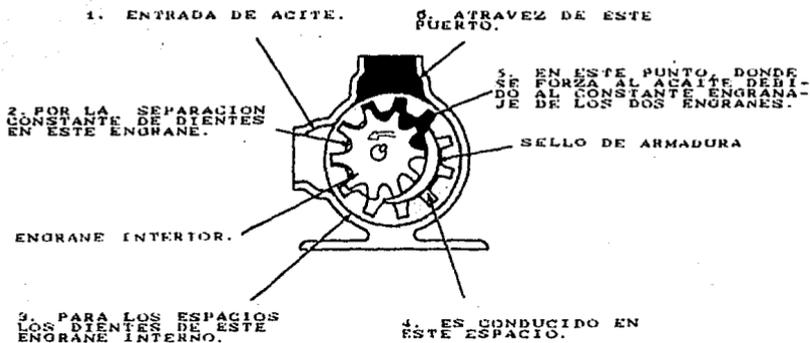


FIG. 2.5.4. OPERACION DE UNA BOMBA DE ENGRANES INTERIORES.



FIG. 2.5.5. OPERACION DE LA BOMBA DE LOBULO.

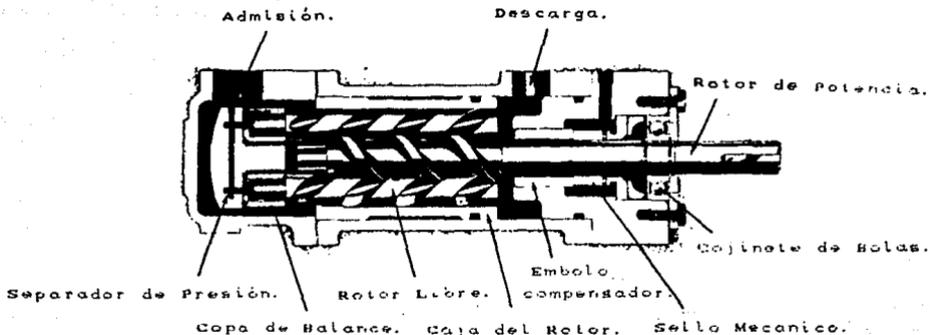


FIG. 2.5.6. NOMENCLATURA DE UNA BOMBA DE TORNILLO.

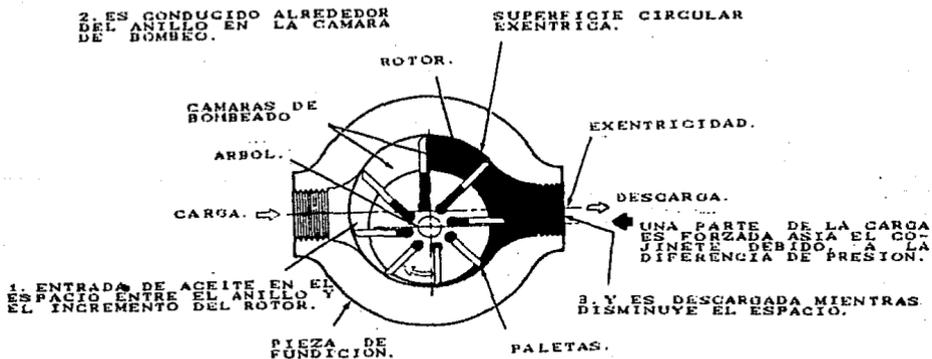


FIG. 2.5.7. OPERACION DE UNA BOMBA DE PALETAS.

Donde:

$D_c$  = Diámetro de la cámara del estator.

$D_r$  = Diámetro del rotor.

$L$  = Ancho del rotor.

$V_d$  = Volumen desplazado.

$e$  = Excentricidad.

$e_{max}$  = Excentricidad máxima posible.

$V_{dmax}$  = Volumen máximo desplazado.

En la figura 2.5.8 se muestra la construcción física de este tipo de bombas así como las de rotor centrado.

### 2.5.3. Bombas de Pistón.

Las bombas de émbolo prácticamente no tienen límite de presiones, actualmente se construyen para presiones de 976.5 Kg/cm<sup>2</sup> (14,000 psi) y aún mayores; para aumentar la presión basta hacer la bomba más robusta y el motor más potente. Sin embargo sólo pueden adaptarse para caudales limitados.

Existen dos tipos básicos de bombas de pistón. Uno es el diseño axial, que tiene pistones que son paralelos al eje de la caja cilíndrica.

El segundo tipo de bomba de pistón es el diseño radial que tiene los pistones dispuestos radialmente en la caja cilíndrica.

En las figuras 2.5.9 y 2.5.10 se muestran esquemáticamente el primer tipo donde se observa que el volumen desplazado varía con el ángulo  $\theta$ , el valor de este ángulo normalmente debe estar entre 23° y 30°.

La obtención de los principales parámetros se hace de la siguiente manera.

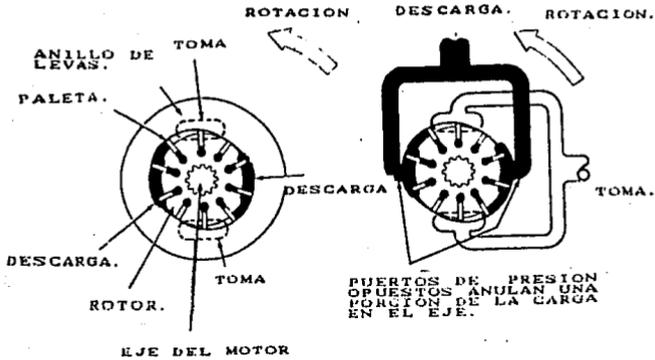


FIG. 2.5.8. PRINCIPIO DE BALANCEO DE LA BOMBA DE PALETAS.

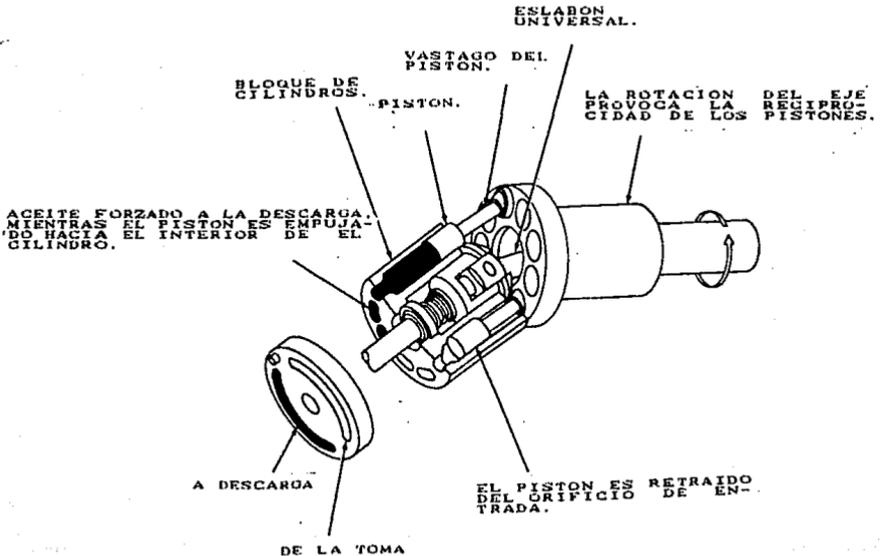


FIG. 2.5.9. BOMBA DE PISTON AXIAL.

Para la carrera del pistón tenemos que:

$$S = D \tan \theta$$

El volumen desplazado está dado por:

$$V_d = Y A D \tan \theta$$

Donde:

$\theta$  = Angulo de desplazamiento.

S = Carrera del pistón.

A = Area del pistón.

$V_d$  = Volumen desplazado.

Y = Número de pistones.

D = Diámetro del pistón.

En la figura 2.5.11 se muestran físicamente una bomba de pistón radial.

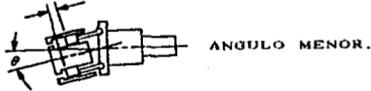
## 2.6. Actuadores de Potencia Fluida.

La función de las bombas es la de adicionar energía a un sistema hidráulico para transmitirlo a algún punto distante. Los actuadores de potencia fluida realizan justamente lo opuesto. Ellos extraen energía de un fluido y la convierten a potencia mecánica para desarrollar un trabajo útil.

MAXIMA CARRERA DEL PISTON.



REDUCCION DE LA CARRERA.



NO HAY CARRERA.

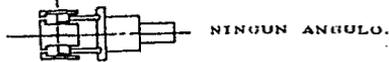


FIG. 2.5.10. DESPLAZAMIENTO VOLUMETRICO CAMBIANDO CONFORME VARIA EL ANGULO.

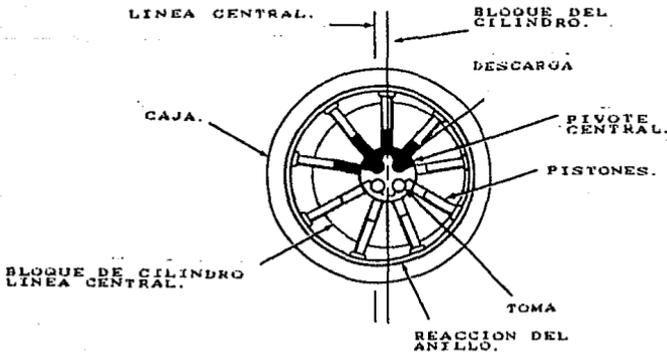


FIG. 2.5.11. OPERACION DE UNA BOMBA DE PISTON RADIAL.

La potencia fluida puede ser transmitida a través de tuberías o de rotores para aplicarse a actuadores lineales llamados cilindros hidráulicos o actuadores rotativos llamados también motores hidráulicos. Los cilindros hidráulicos se extienden y se contraen para realizar un ciclo completo de operación (figura 2.6.1). Algunas veces incluye amortiguador en la parte final de su armadura para prevenir choques por carga, lo cual puede dañar al pistón en movimiento o a la estructura que se encuentra inmóvil. Los actuadores rotativos pueden ser de rotación limitada o del tipo de rotación continua. Los motores de rotación limitada son frecuentemente llamados motores de fluido oscilatorio ya que ellos producen un movimiento recíprocante o alternativo. Los motores hidráulicos de rotación continua (o simplemente motores hidráulicos), en realidad, son bombas las cuales deberán diseñarse para manejar las diferentes fuerzas que están involucradas en las aplicaciones de motores. Los motores hidráulicos están compuestos por un mecanismo de transmisión de paletas o pistón. Un mecanismo de transmisión de un motor, al igual que el de una bomba, deberá tener una unidad de desplazamiento fijo. También, como en el caso de bombas, los motores de pistón pueden ser de unidad de desplazamiento fijo o variable.

Las transmisiones hidrostáticas son sistemas hidráulicos específicamente diseñados para tener como accionador de la bomba un motor hidráulico. De este modo, una transmisión hidrostática simplemente transforma potencia mecánica en potencia fluida y después, reconvierte la potencia fluida en potencia de eje o flecha. Las ventajas de la transmisión hidrostática incluye la transmisión de potencia a áreas distantes, control de velocidad de variación infinita, potencia de sobrecarga, capacidad de rotación inversa, frenado dinámico y un elevado número de caballos de potencia para la proporción de peso a manejar. Estos se usan en aplicaciones como son el manejo de materiales con equipo, tractores para labrado, locomotoras, autobuses, autos y máquinas herramientas.

#### 2.6.1. Actuadores Hidráulicos Lineales.

El tipo más simple de actuadores lineales es el cilindro de simple acción. Este consiste de un pistón que se encuentra alojado en el interior de un cilindro o camisa. Fijo al extremo del pistón está un vástago el cual se extiende hacia afuera del cilindro. En el otro extremo está un puerto para la entrada de aceite que viene de la bomba, como lo muestra la figura 2.6.1. Un circuito de accionamiento simple puede ejercer una fuerza solamente en la dirección de extensión cuando el fluido que viene de la bomba entra por el puerto llenando el hueco del cilindro. La retracción es realizada por gravedad o por la inclusión de un resorte en el extremo del vástago.

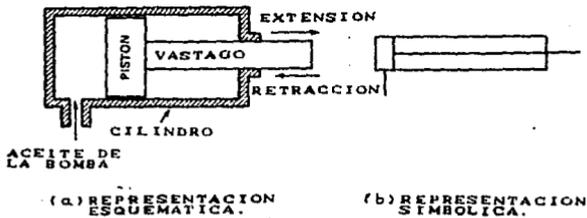


FIG. 2.6.1. CILINDRO HIDRAULICO DE SIMPLE ACCION.

Existen también cilindros hidráulicos de doble acción como el que muestra la figura 2.6.2. Dichos cilindros pueden extenderse o retraerse hidráulicamente. De esta manera una potencia útil podrá ser aplicada en dos direcciones ( extensión y retracción). Estos cilindros pueden trabajar rangos de presión de  $139.5 \text{ Kg/cm}^2$  (2,000 psi) para diámetros hasta de 28.5 mm (1 1/8 de pulgada) y presiones de  $55.8 \text{ Kg/cm}^2$  (800 psi) para diámetros hasta de 203.2 mm (8 pulgadas). La figura 2.6.3 muestra articulaciones mecánicas que pueden ser combinadas con cilindros hidráulicos.

### 2.6.2. Actuadores Hidráulicos de Rotación Limitada.

Este actuador proporciona capacidad de movimiento rotativo para un ángulo finito. También produce un alto par de torsión instantáneamente en una u otra dirección. Requieren solamente de un pequeño espacio y un montaje simple. Los actuadores rotativos consisten de un depósito o depósitos que contienen al fluido de trabajo y además de una superficie móvil para cuando el fluido actúe (figura 2.6.4). La superficie móvil es conectada a un eje para producir un movimiento total. La presión del fluido es directamente inducida en los engranes o paletas causando el movimiento de rotación. Este tipo está provisto con cerca de  $280^\circ$  de rotación. Los engranes o paletas tienen capacidad para soportar de tres hasta un millón de libras por pulgada (lb · in).

Los actuadores rotatorios son útiles para trabajar con presiones hasta de  $348.75 \text{ Kg/cm}^2$  (5,000 psi). Estos son típicamente montados en bases, rebordes y al final de terraplenes. La figura 2.6.5 nos muestra ejemplos de algunas aplicaciones.

### 2.6.3. Motores Hidráulicos.

Los motores hidráulicos son actuadores los cuales pueden rotar continuamente y como tal tienen una configuración básica parecida a las bombas. De esta manera, en lugar de impulsar al fluido como lo hacen las bombas, los motores son impulsados por el fluido. En esta forma, los motores hidráulicos desarrollan par de torsión y producen movimiento rotatorio continuo. Existen tres tipos básicos de motores hidráulicos: engranes, paletas y pistón.

Un motor de engranes desarrolla un par de torsión debido a la presión hidráulica que se ejerce en la superficie de los dientes del engrane. La dirección de rotación del motor puede invertirse si la dirección del flujo se invierte. Los motores de engrane están normalmente limitados para operar a presiones de  $139.5 \text{ Kg/cm}^2$  (2,000 psi) y velocidades de operación de 2,400 rpm.

LUMBRERA ADECUADA.

TUBO DE ACERO

TENSOR CONSTRUIDO PARA  
MAXIMA RESISTENCIA.

AUTOCELLADO MEDIANTE LAS  
TUERCAS DEL TENSOR.

TODOS LOS BARRENOS Y  
MARCOS SON DE ACERO

COMPUERTA DE CIERRE.

PISTON DE HIERRO DUCTIL ROSCADO  
Y ESPIGA ROSCADA PARA EL VASTAGO.

ZOPA-U MODIFICADA PARA  
EMPAGUE DEL PISTON.

BRONCE FACIL DE REMOVER CUYO  
VASTAGO ESTA CONTENIDO POR  
UN CARTUJO-RETENEDOR EN LU-  
GAR DE ACERO.  
PLACA ROSCADA QUE RETIENE A  
LA PARTE SUPERIOR.

BOQUILLA DE  
LA CREMALLERA.

AUXILIAR O RANURA DE  
REGISTRO PARA FACILIT-  
TAR EL REMOVER EL  
CARTUJO.

VASTAGO MOVIBLE DEL  
CILINDRO DE DOBLE  
ACCION.

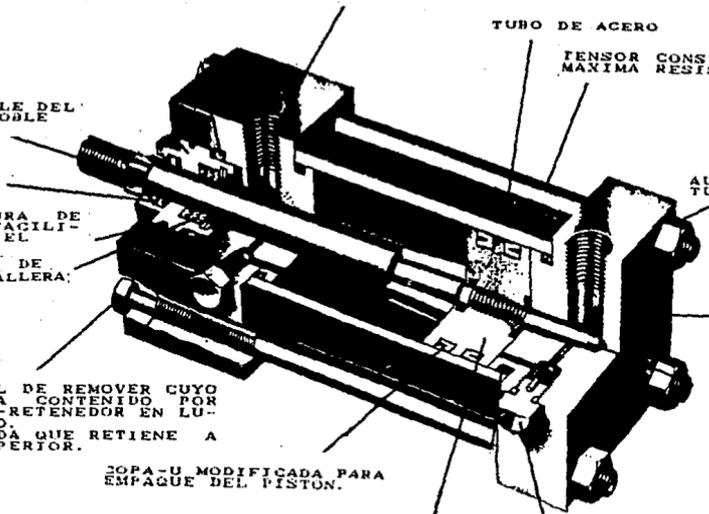
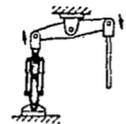
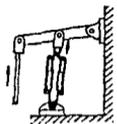


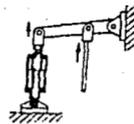
FIG. 2.6.2. ESQUEMA DE UN CILINDRO DE DOBLE ACCION.



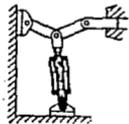
Palanca de 1er. clase.



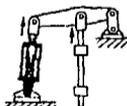
Palanca de 2a. clase.



Palanca de 3a. clase.



Palanca articulada.



Reductor de empuje lineal.



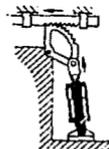
Movimiento lineal multiplicado.



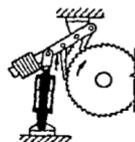
Movimiento lineal en 2 direcciones.



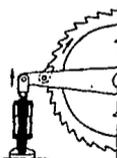
Impulsador lineal.



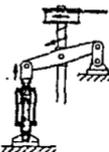
Mov. horizontal paralelo.



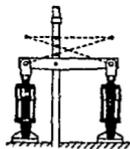
Mov. rotatorio semi-continuo.



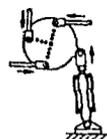
Enlace de motor.



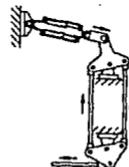
Mov. rotatorio cie. usando cuerda ros-cada.



Arreglo de 4 oscilaciones con 2 cilindros.



Union con elipsegrafo.



Mov. transferido a un punto distante.

FIG. 2.6.3. MECANISMOS TÍPICOS DE SISTEMAS ARTICULADOS QUE PUEDEN SER COMBINADOS CON CILINDROS HIDRAULICOS.

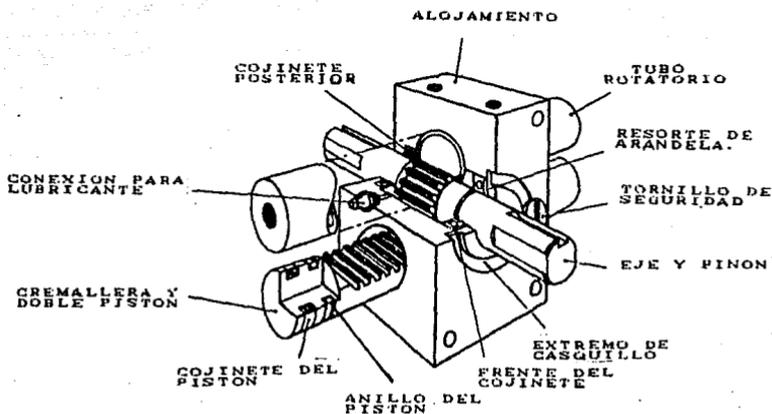
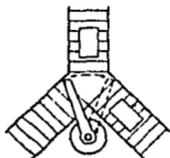
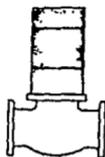


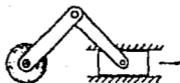
FIG. 2.6.4. CREMALLERA Y ACTUADOR ROTATORIO CON GUIA DE PINON.



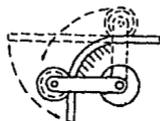
COMPUERTAS DE SELECCION Y TRANSPORTE



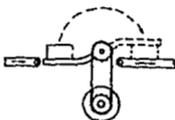
INVERSION DE POSICION EN VALVULA MARIPOSA



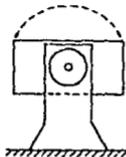
MOV. ARMONICA OSCILATORIO



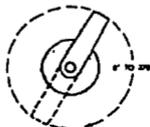
TODAS LAS OPERACIONES CURVAS



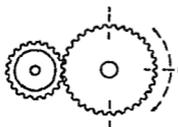
DISPOSITIVO REVERSIBLE ENTRE LINEAS DE TRABAJO



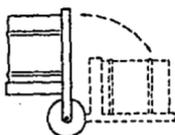
POSICIONADOR PARA MAQUINADO



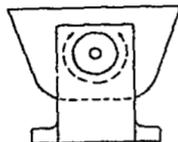
INVERTIDOR O OSCILADOR



ORDENADOR O COLOCADOR



ELEVACION O ROTACION



POSICIONADOR, ROTACION O DESCARGA

FIG. 2.6.5. APLICACIONES DE ACTUADORES ROTATIVOS.

## 2.7. Componentes de Control en Sistemas Hidráulicos.

Una de las más importantes consideraciones en cualquier sistema de potencia fluida es el control. Si los sistemas de control no son seleccionados apropiadamente, el sistema entero no funcionaría como se requiere. La potencia de un fluido es controlada primeramente a través del uso de dispositivos de control llamados válvulas. La selección de estos dispositivos de control no solo involucra al tipo, sino también al tamaño, funcionamiento técnico y capacidad para control remoto. Los tres tipos básicos de dispositivos de control son:

1. Válvulas de control direccional.- Estas válvulas determinan completamente la trayectoria que un fluido atraviesa dentro de un circuito dado. Por ejemplo, establecen la dirección de movimiento de un cilindro o motor hidráulico. Estos controles de la trayectoria del fluido se logran principalmente con válvulas check, válvulas de lanzadera y válvulas de control direccional de dos, tres y cuatro vías, como se muestra en las figuras 2.7.1, 2.7.2 y 2.7.3.

2. Válvulas de control de presión.- Estas válvulas protegen al sistema contra sobrepresiones, las cuales pueden ocurrir abriendo o cerrando válvulas. La formación gradual de presión es controlada por válvulas de seguridad, de reducción de presión, de secuencia de descarga y de compensación. Para compensar la presión también pueden usarse bombas. Los cierres bruscos pueden producir incremento instantáneo de ésta hasta cuatro veces la presión normal del sistema. La figura 2.7.4 es un ejemplo de estos tipos de válvulas.

3. Válvulas de control de gasto.- El gasto debe ser controlado en varias líneas o conductos de un circuito hidráulico. Por ejemplo, el control de actuadores de velocidad dependen de la proporción del gasto. Este tipo de control está acompañado del uso de válvulas de control de gasto. Las válvulas de control de gasto son requeridas donde se precisa rapidez en el control. Estas válvulas automáticamente se ajustan a cambios en la caída de presión, para proporcionar un gasto constante. Un ejemplo de este tipo de válvula nos lo muestra la figura 2.7.5.

Además de las válvulas otros componentes de control importantes en los sistemas hidráulicos son:

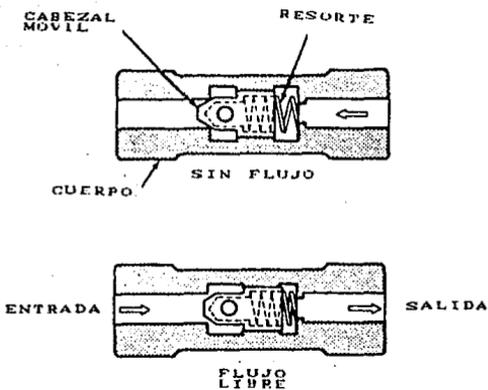


FIG. 2.7.1. OPERACION DE VALVULA CHECK.

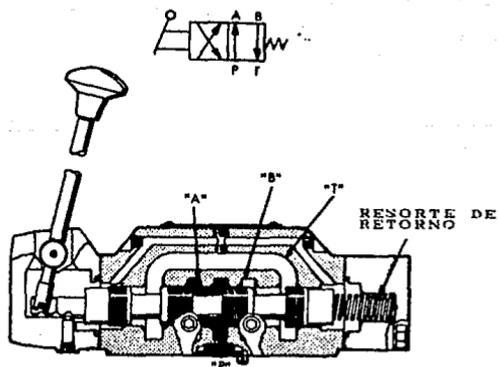


FIG. 2.7.2. VALVULA DE 2 POSICIONES, 4 VIAS, RETORNO POR RESORTE.



FIG. 2.7.3. VALVULA DE COMPUERTA.

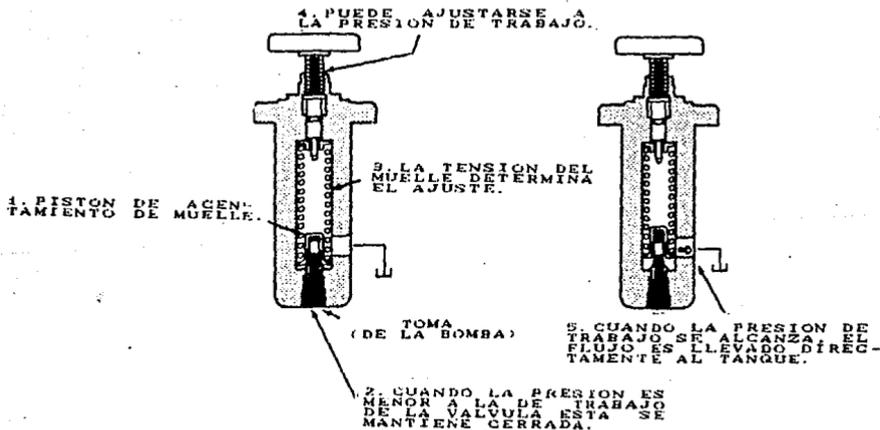


FIG. 2.7.4. VALVULA DE ALIVIO, REGULADA.

a) Fusibles Hidráulicos.- Este tipo de dispositivo es análogo al fusible eléctrico. Protege a los componentes de un circuito hidráulico, cuando la presión excede la tolerancia de estos. Esto es mediante la ruptura del fusible, que consiste de un disco de metal delgado. Al romperse este alivia la presión, haciendo que el aceite retorne al depósito. Se usan principalmente con compensadores de presión de bombas, para protección de sobrecargas en caso de que el control compensador en la bomba falle al operar.

b) Interruptor de presión y temperatura.- Un interruptor de presión es un instrumento sensible automáticamente a cambios de presión. Cuando la presión rebasa un cierto punto, se abre o se cierra un elemento de conmutación eléctrica. Este elemento abre o cierra un circuito eléctrico en respuesta a una fuerza actuante que recibe del elemento sensibilizador de presión.

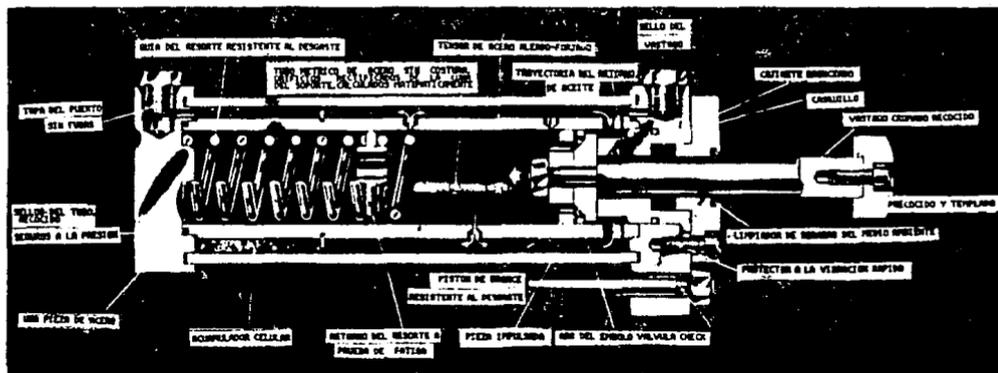
Un interruptor de temperatura es un instrumento sensible automáticamente a cambios en temperatura y abre o cierra un conmutador eléctrico, cuando un determinado punto de temperatura se alcanza. Estos interruptores pueden incorporar un dispositivo compensador para detectar las variaciones de temperatura del medio ambiente.

c) Absorbedor de choque.- Un absorbedor de choque es un dispositivo que lleva un fluido hidráulico de un movimiento de carga a un estado de reposo.

Estos absorbedores de choque son llenados completamente de aceite. Por tanto, pueden ser montados en cualquier posición o ángulo. La unidad de carrera de retorno es contenida por él mismo, es decir son elementos extremadamente compactos que no requieren mangueras externas, válvulas o uniones. Un ejemplo nos muestra la figura 2.7.6.

En este tipo de carrera de retorno un acumulador de celulosa construido dentro del absorbedor, recoge el aceite desplazado por el vástago del pistón cuando éste se mueve hacia adentro.

Otros tipos de elementos que se utilizan dentro de un circuito hidráulico son los acumuladores. Un acumulador hidráulico es un dispositivo el cual, almacena la energía potencial de un fluido incompresible, mantiene la presión proveniente de una fuente externa que aplica alguna fuerza dinámica. Esta fuerza dinámica puede venir de tres fuentes diferentes que son: Gravedad, fuente mecánica y compresión de gases. El almacenamiento de energía potencial en el acumulador es aprovechado por la potencia fluida, para realizar un trabajo útil cuando así lo requiera el sistema.

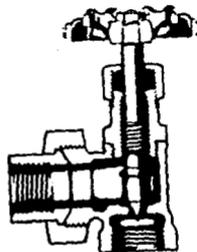


ACUMULADOR CONTRAIDO



FIG. 2.7.6. VISTA EN CORTE DE UN ABSORVEDOR DE CHOQUE.

57



  
 SIMBOLO

FIG.. 2.7.5. VALVULA DE AGUJA.

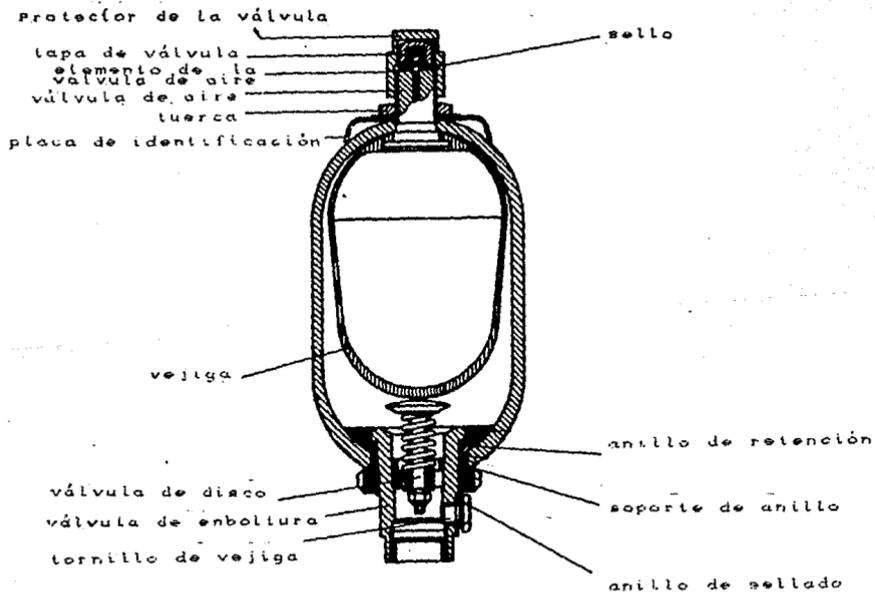


FIG. 2.7.7. ACUMULADOR TIPO VEJIGA.

Los tres tipos básicos de acumuladores usados en los sistemas hidráulicos son los siguientes:

1. Tipo gravitatorio o de carga con peso.
2. Tipo de carga con resorte.
3. Tipo de carga con gas.

Ejemplos de estos dispositivos nos lo muestra la figura 2.7.7.

### 2.7.1 Controles Eléctricos para Circuitos de Potencia Fluida.

Los dispositivos eléctricos han demostrado ser un importante medio de mejorar el control total de los sistemas de potencia fluida. En los años recientes se tiene la tendencia al uso de controles eléctricos en los sistemas de potencia fluida y alejarse de los controles manuales. Una de las razones para esta tendencia es que la mayoría de máquinas son diseñadas para operaciones automáticas y para ser controladas con señales de computadoras.

Estos son algunos de los dispositivos eléctricos básicos comúnmente usados en el control de sistemas de potencia fluida: interruptores manuales, interruptores limitadores, interruptor de presión, solenoides, temporizadores, relevadores e interruptores de temperatura (figura 2.7.8). Por el simple hecho de que un operador presione un botón, se puede iniciar el complejo funcionamiento de algún sofisticado equipo. Esta operación de oprimir un botón se usa principalmente para iniciar o parar la operación de alguna maquinaria cuando surja alguna emergencia.

Los solenoides mantienen una fuerza a distancia para la operación de válvulas de potencia fluida.

Los relevadores son interruptores cuyos contactos abren o cierran cuando su correspondiente bobina es energizada. Estas bobinas son comunmente usadas para la energización de solenoides ya que estos operan con un alto nivel de corriente. En esta forma un interruptor con actuador que trabaja con un alto nivel de voltaje, sirve para proteger al operador. Este circuito de alto voltaje puede ser usado para energizar las bobinas de los relevadores que controlan contactos con alto voltaje, usados para abrir o cerrar circuitos que abarcan a los solenoides. El uso de relevadores también tiene la capacidad de sincronización lo cual previene de la energización accidental de dos solenoides a la terminal opuesta de una válvula. Esta pieza de seguridad puede por tanto, evitar la quemadura de uno o ambos solenoides.

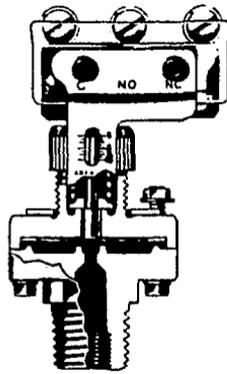


FIG. 2.7.8. INTERRUPTOR DE PRESION.

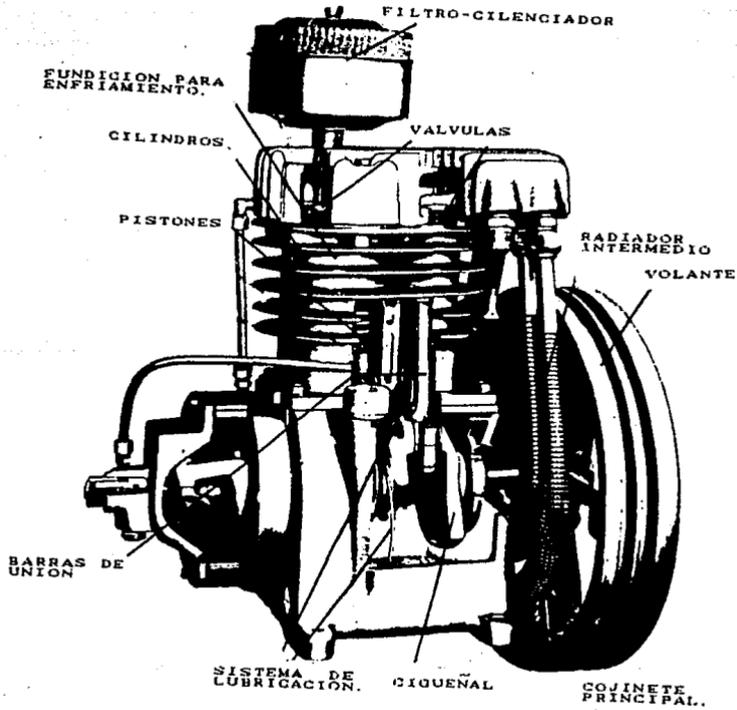


FIG. 2.8.1. COMPRESOR DE TIPO PISTON.

Los interruptores de presión abren o cierran sus contactos en base a la presión del sistema. Estos generalmente tienen una alta presión de montaje y una de baja presión de montaje. Por ejemplo, ellos pueden ser necesarios para parar o encender una bomba, para mantener una presión dada. El montaje de baja presión puede encender la bomba y el de alta presión pararla.

Los interruptores de límite abren o cierran circuitos, cuando se está llevando a cabo el fin de la extensión o retracción del golpe producido por un cilindro hidráulico o neumático. El interruptor de límite en la parte final del cilindro es operado por medio de una leva interna, cuando el vástago es retraído internamente. La leva hace contacto con el interruptor de límite a 4.76 mm (3/16 de pulgada) de el final del golpe. Al final del golpe del cilindro, la leva se ha movido para sumir el vástago del interruptor de límite 1.58 mm (1/16 de pulgada) para una operación completa.

## 2.8. Componentes y Circuitos Neumáticos.

Los sistemas neumáticos usan gases presurizados para la transmisión y control de potencia. Como el nombre lo indica, los sistemas típicos neumáticos usan como fluido el aire. El aire es seguro, de bajo costo y muy abundante en el medio ambiente. Este es particularmente seguro en medios donde una chispa eléctrica puede provocar un incendio debido a una fuga en algun componente del sistema.

En los párrafos siguientes se indican algunas razones para usar los sistemas neumáticos en lugar de los hidráulicos.

Los líquidos muestran mayor inercia que los gases, por lo tanto, en los sistemas hidráulicos el peso del aceite es un problema potencial cuando los actuadores aceleran y desaceleran y cuando repentinamente se abre o se cierra una válvula. Cumpliendo la ley de Newton del movimiento ( $f = m a$ ), la fuerza requerida para acelerar aceite es siempre mayor que la requerida para acelerar un volumen igual de aire. Los líquidos también muestran mayor viscosidad que los gases. Esto resulta en una gran presión de fricción y decremento de potencia.

También los sistemas hidráulicos descargan fluido al exterior, esto requiere de cuidado en el diseño para no permitir fugas. Los sistemas neumáticos utilizan aire el cual es deshechado directamente al medio ambiente. Generalmente los sistemas neumáticos son menos costosos que los hidráulicos.

Sin embargo a causa de la compresibilidad del aire es imposible la obtención de controles precisos de actuadores de velocidad y de posición con sistemas neumáticos.

Los sistemas neumáticos tienen en sus compresores limitaciones en la cantidad de presión (menores a  $17.43 \text{ Kg/cm}^2$  o 250 psi), no así los hidráulicos que pueden llegar a presiones hasta de  $697.5 \text{ Kg/cm}^2$  (10,000 psi), por esta razón los sistemas neumáticos son asignados a trabajos donde se aplica poca potencia.

Los sistemas neumáticos pueden aplicarse fácilmente para manejar actuadores rotativos tales como : taladros, troqueles, fresas, tornillos de banco y remachadoras. También se aplica a la producción en serie y a operaciones con controles lógicos.

En los sistemas neumáticos los compresores son usados para abastecerlos de grandes cantidades de aire (figura 2.8.1). El tipo de compresor más empleado es el de pistón o el de paleta. Básicamente un compresor incrementa la presión de un gas reduciendo el volumen como lo describe la ley del gas perfecto. Los sistemas neumáticos normalmente usan una fuente centralizada de abastecimiento de aire, la cual se considera como infinita, similar a un sistema eléctrico, donde también puede tener tomas para alimentación. De esta manera el aire presurizado puede llevarse por tubería, para alimentar a toda una planta industrial, teniendo una sola fuente de alimentación. El aire comprimido es entubado para cada circuito y es pasado a través de filtros para remover impurezas (figura 2.8.2), las cuales pueden provocar daños al tapar partes de uniones de componentes neumáticos como son válvulas y cilindros. El aire también fluye por un regulador de presión al nivel deseado para la particular aplicación del circuito. Debido a que el aire no es un buen lubricante (contiene aproximadamente 20% de oxígeno), se le inyecta una muy fina llovizna de aceite por medio del regulador de presión. Esto previene desgastes de las partes en movimiento y uniones de los componentes neumáticos.

El aire libre de la atmósfera contiene una humedad variable. Esta humedad puede ser dañina ya que remueve a los lubricantes ocasionando excesivo desgaste y corrosión, de aquí, que para algunas aplicaciones es necesario secarlo para quitarle esa indeseable humedad. Como los sistemas neumáticos desechan directamente a la atmósfera, esto puede generar ruido en exceso. Por este motivo se colocan silenciadores en partes de escape de aire, válvulas y actuadores para reducir el ruido y prevenir daños personales a los operarios, no sólo de ruido, sino también de partículas que salen a alta velocidad.

### 2.8.1. Válvulas de control de aire.

Las válvulas de control de aire son usadas para controlar la presión y la proporción de aire en circuitos neumáticos, las cuales son instaladas a la entrada de cada separación del circuito neumático. Como tal, estas establecen la presión de trabajo de cada circuito en particular. Algunas veces los reguladores de las tuberías de aire son instalados dentro de un circuito para proveer dos o más niveles de presión diferente para partes distintas del circuito (figura 2.8.3).

### 2.8.2. Actuadores neumáticos.

Los actuadores neumáticos realizan una función similar a los de los sistemas hidráulicos. Debido a que el fluido es aire y no aceite las presiones empleadas son más bajas, y de aquí que los actuadores neumáticos son de construcción ligera. Por ejemplo, los cilindros de aire se hacen de aluminio y otras aleaciones no ferrosas para reducir peso, mejorar características de transferencia de calor y minimizar la acción corrosiva del aire.

## 2.9. Mantenimiento y Seguridad de la Potencia Fluida.

En los primeros años de los sistemas de potencia fluida, el mantenimiento se llevaba a cabo en forma muy irregular. Esta actitud prevalecía hasta que el sistema se dañaba totalmente. Sin embargo, en la actualidad al irse desarrollando maquinaria altamente sofisticada y el advenimiento de más producción, la industria no podía seguir operando en estas bases. El costo de periodos de paralización de trabajo es prohibitivo.

La siguiente es una lista de las causas más comunes de averías en los sistemas hidráulicos y neumáticos:

1. Filtros de aceite obstruidos o sucios.
2. Inadecuado abastecimiento de aceite en el depósito.
3. Fugas en los sellos.
4. Flujo bajo a la entrada de la toma de aire.
5. Tipo incorrecto de aceite.
6. Excesiva temperatura de aceite.
7. Excesiva presión de aceite.

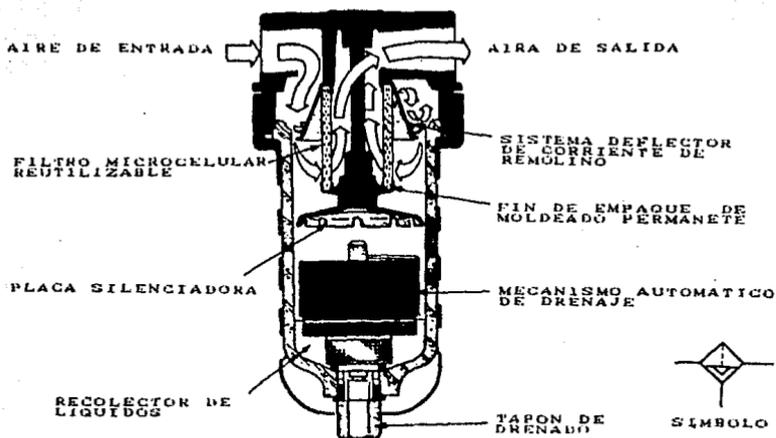


FIG. 2.8.2. OPERACION DE UN FILTRO DE AIRE.

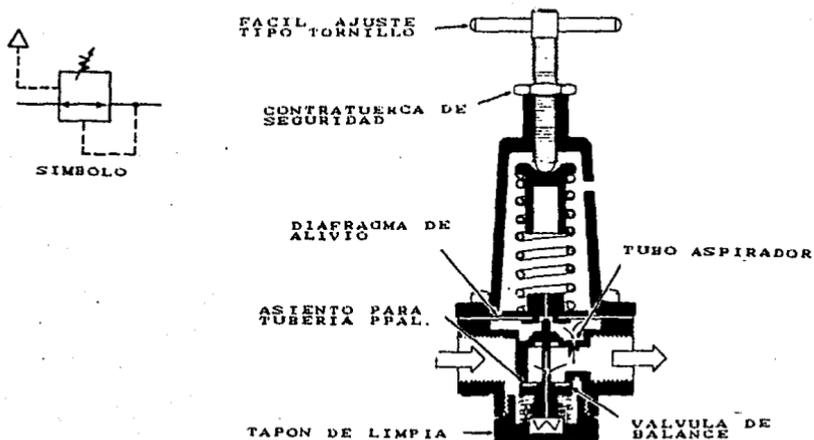


FIG. 2.8.3. REGULADOR DE PRESION DE AIRE.

La mayor parte de estos problemas pueden ser eliminados si se lleva a cabo un programa de mantenimiento preventivo. Esto inicia con el pleno conocimiento del sistema tanto en su funcionamiento, como de sus componentes. El siguiente paso es propiamente el ensamble de los varios componentes. Esto incluye aplicar la cantidad correcta de momento de torsión para los adecuados tipos de tubo, para prevenir fugas y con el tiempo no distorsionar la conexión de tubería. Las partes deberán ser limpiadas cuando son ensambladas y el sistema deberá ser completamente lavado con un chorro de aceite limpio antes de ponerlo en servicio. Esto es importante para proveer al sistema de un fácil acceso a la inspección periódica requerida en sus componentes como son: filtros, tamiz, alcantarillas, tapones, medidor de flujo, medidores de presión y temperatura.

Los problemas que se tienen en los sistemas hidráulicos tienen vinculación directa con el aceite. Es por esto que, la toma de muestras y exámenes del fluido es una de las más importantes acciones de mantenimiento preventivo que se pueden llevar a cabo. La prueba de este puede ser aplicada en el lugar de trabajo, para determinar si sus cualidades permiten el continuar usándolo. Las pruebas que pueden ser realizadas incluyen la determinación de viscosidad, contenido de agua y nivel de contaminación por partículas. La viscosidad es medida usando un aparato que permite comparar la viscosidad del fluido que se está empleando contra la viscosidad que debe tener. La contaminación de partículas es evaluada por un filtrado en un punto determinado de una cantidad de fluido hidráulico, examinando las partículas atrapadas en el filtro por medio de un microscopio y comparando con una serie de fotos, lo que se observa nos indica el grado de contaminación. La prueba completa sólo requiere aproximadamente 10 minutos de tiempo.

Es de vital importancia para el mantenimiento que el personal y los operarios de máquinas sean capacitados para que reconozcan fácilmente los problemas del potencial hidráulico.

Para que el mantenimiento técnico preventivo sea realmente efectivo es necesario tener un buen reporte y sistema de registro. Estos reportes deberán incluir lo siguiente:

1. El tipo de síntoma encontrado, cómo lo detectaron y la fecha.

2. Una descripción de la ejecución de la reparación. Este deberá incluir las partes reemplazadas, la cantidad de tiempo que se tardo, y la fecha.

3. Registros del día cuando se probó el aceite, adicionó o cambió. Las fechas en que se cambiaron filtros deberán ser registradas.

También deberán ser prevenidas las fugas de la maquinaria que provoquen aceite regado alrededor de esta, ya que podría contaminar el producto final. Tan pronto como se detecten abrazaderas o soportes sueltos se deberán colocar correctamente.

La razón es que esto puede causar problemas en los ejes de los actuadores y bombas, lo cual puede ocasionar la obstrucción del eje o que se dañe totalmente.

## 2.10. Mercado Nacional.

Encontramos que en la industria nacional son realmente pocas las empresas que se dedican a la fabricación de dispositivos de potencia fluida. Además, la tecnología que emplean para su producción es importada, ejemplos de estas tecnologías encontradas son la alemana y estadounidense principalmente.

La producción de estas empresas depende principalmente de la demanda que existe dentro del mercado nacional.

La mayor producción de estas industrias es de dispositivos del tipo neumático ya que tienen más fuerte demanda dentro del mercado nacional, por lo que resulta costeable importar la tecnología necesaria para su producción.

Algunas de las industrias más importantes dentro de este ramo son: Festo, la cual utiliza tecnología alemana, Gushan & Rosh y Shrader Parker que emplean tecnología estadounidense, y Telemecanique de tecnología francesa. Sobresale dentro de este conjunto la empresa Festo como la más importante debido a su producción y Shrader Parker que fabrica también algunos dispositivos hidráulicos.

Existe una gran variedad de marcas extranjeras en el mercado de este tipo de dispositivos que son distribuidas por medio de sus representantes y trabajan solamente mediante pedidos. Es decir, son compañías que trabajan exclusivamente mediante la importación de estos productos. Algunas de estas marcas son: Miller, Bush, Telemecanique, etc.

Por lo que respecta a la producción nacional de dispositivos hidráulicos podemos decir que es muy precaria, ya que esta se limita a la fabricación de algunos tipos de bombas y cilindros de baja potencia. Generalmente este tipo de dispositivos que demanda el mercado nacional es importado ya que al contrario de los dispositivos neumáticos su demanda en el mercado nacional no hace costeable tener la tecnología para su fabricación.

Las principales industrias que distribuyen este tipo de dispositivo son: Vickers, Racine, Parker, Miller que trabajan tecnología estadounidense, Rex Roth que es tecnología alemana.

Muy esporádicamente se exporta a algunos países centroamericanos algunos dispositivos del tipo neumático principalmente.

Las empresas productoras nacionales abastecen a todo el mercado nacional ya sea directamente o mediante distribuidores. Cuando a estas empresas se les requiere algún dispositivo el cual no fabrican, entonces lo importan para satisfacer esa demanda.

## PROYECTO DE UNA MESA DIDACTICA.

### 3.1. Objetivos.

Dada la gran importancia que tiene en la industria la aplicación de la potencia fluida, es de gran utilidad para el Ingeniero el conocer el funcionamiento de los diversos dispositivos y sistemas que forman parte de esta. Ya que dentro de las funciones del Ingeniero estarán las de diseñar, modificar y dar mantenimiento a este tipo de sistemas. Es por esto que el objetivo principal de esta tesis es construir una mesa didáctica que muestre a los estudiantes el funcionamiento de los dispositivos y los circuitos básicos que se utilizan en los sistemas industriales de potencia fluida, ya sean hidráulicos o neumáticos.

Para la construcción de esta mesa se fijo que deberá cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Debe ser resistente al uso constante.
- b) La mesa podrá ser desplazada facilmente, ya sea para tomar linea de alimentación, o para ser guardada.
- c) Facilidad para que los alumnos puedan armar y desarmar diversos circuitos.
- d) Que todos los alumnos puedan visualizar perfectamente lo que se realiza en la mesa.
- e) Que en un futuro quede abierta la posibilidad de armar circuitos electroneumáticos y circuitos con controles lógicos programables.
- f) Que el alumno, en base al circuito mostrado le dé una aplicación práctica.

### 3.2. Criterios de Selección y diseño.

Se tuvieron dos opciones para el tipo de circuitos a montar sobre la mesa, una los de tipo neumático y la otra de tipo hidráulico.

Siendo el funcionamiento y utilización de estos circuitos muy similar en ambos tipos, no afectaría para el objetivo principal el elegir alguno de ellos. Con base en la evaluación de las dos alternativas se optó por montar circuitos del tipo neumático por las siguientes razones:

- 1.- Son más económicos.
- 2.- Se obtienen con facilidad en el mercado.
- 3.- Son de material más ligero.
- 4.- Ocupan menos espacio.
- 5.- No requieren líneas de retorno del fluido.
- 6.- Como fuente de alimentación sólo requiere de una toma de aire.
- 7.- La línea de alimentación puede estar distribuida en diferentes áreas.
- 8.- El laboratorio cuenta con fuente de alimentación para estos circuitos.
- 9.- Al armar y desarmar circuitos no existen residuos del fluido.

Pasaremos ahora a lo que es en sí, el diseño de la mesa en cada una de las partes por las que estará integrada, así como el material que se selecciono y sus dimensiones.

A la parte de la mesa donde se armarán los circuitos la llamaremos panel.

### 3.2.1. Diseño del Panel.

Este panel debe de satisfacer algunos de los objetivos que se mencionaron al inicio del capítulo, los cuales indican; la facilidad de los alumnos para armar y desarmar los circuitos así como, el visualizar claramente lo que se realiza en el.

De esta forma es necesario que el panel cumpla con las siguientes características:

- a) Que cuente con el área suficiente para armar cualquiera de los circuitos básicos propuestos en esta tesis (Cap.4).
- b) Los dispositivos podran ser colocados en la posición que sea requerida.
- c) Debe de ser de un material que no incremente en demasia el peso de la mesa.

Para cubrir lo mejor posible con los requerimientos mencionados anteriormente, el panel se fabricó de la siguiente manera:

Como material se escogio madera triplay de pino de 2 cm. de espesor que es un material relativamente ligero, económico y fácil de trabajar y que además cuenta con la resistencia adecuada para las condiciones de trabajo a las que será sometida. Las dimensiones del panel son de 0.70 m. de ancho por 1.10 m. de largo, medidas suficientes para poder armar cualquier circuito. Estas medidas se determinaron despues de realizar varias pruebas.

Para poder facilitar la exposición de los circuitos armados, el panel contará con articulaciones y brazos articulados de posición que permitan, colocar dicho panel a 0, 45, y 80 grados, segun se requiera y así cubrir con el objetivo de que sea claramente visualizado por todos los alumnos, . Posteriormente se detallarán los brazos articulados de posición. Para poner en posición los brazos articulados al panel ,se le colocaron dos elementos de apoyo por cada lado de este , y así dar los ángulos de trabajo especificados anteriormente.

Las articulaciones que sujetan al panel con su base y a la vez permiten el movimiento de este a las diferentes posiciones de trabajo, consisten de dos bisagras de laton de 3 pulgadas.

Para el montaje de los dispositivos se hicieron barrenos al panel de 1/4 de pulgada de diámetro, separados por una distancia de 5 cm. entre cada uno de ellos, formando una matriz de 1 x 0.60 mts., sumando un total de 286 perforaciones equidistantes y suficientes para poder colocar todos los dispositivos requeridos para armar cualquier circuito propuesto.

El panel se recubrió con dos capas de praimer automotivo y tres de esmalte, para evitar con esto deformaciones debido a la humedad. También las aristas del panel se protegieron con refuerzos de madera para evitar que las orillas se deterioren. La fig. 3.1., muestra el aspecto general de la mesa con el panel.

### 3.2.2. Diseño de la Base del Panel.

La base, que constituirá la superficie de la mesa en donde se soportará y sujetará el panel, se hizo del mismo material que este y los mismo acabados. Las dimensiones de esta base son de 1.32 X 0.75 mts., teniendo con esto el área suficiente para el panel y el material con el que se va a trabajar.

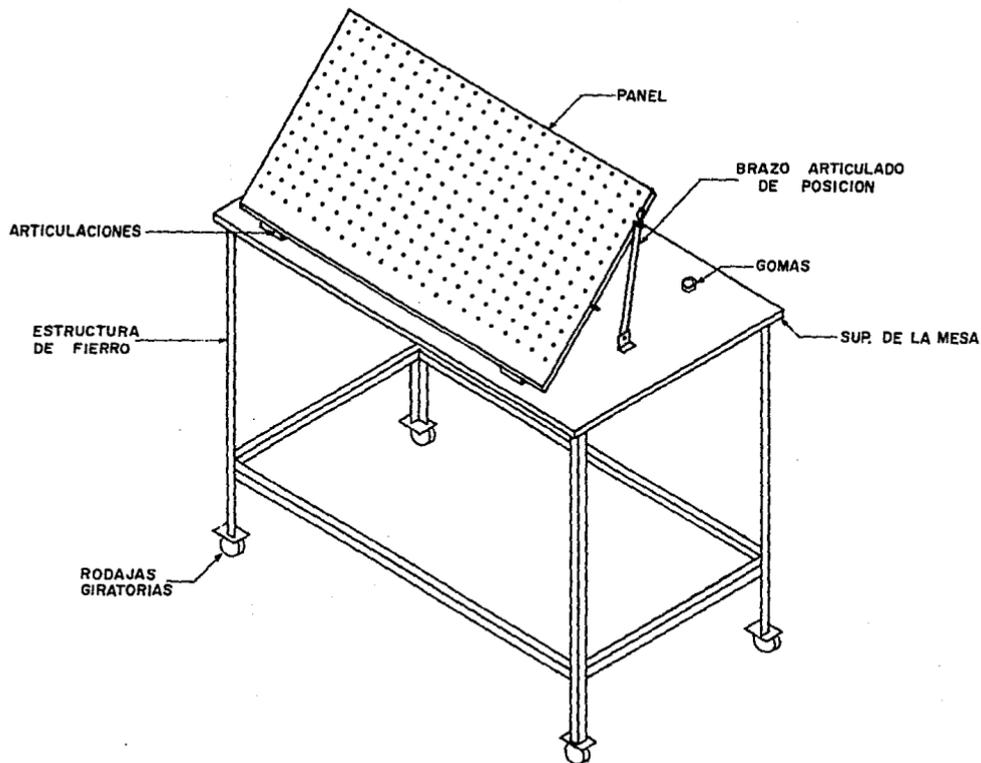
La base fue provista con dos aumentos de madera de 2 cms. de ancho, para fijar las bisagras del panel y dos gomas del mismo tamaño para así dar un espacio entre la base y el panel, evitando con esto que al trabajar con el panel completamente horizontal (0 grados), se dañen los sujetadores de los dispositivos o la superficie de la base de la mesa, ver figs. 3.1. y 3.2.

Esta base irá sujeta a una estructura metálica por medio de pijas de 3/4 de pulgada.

### 3.2.3. Diseño de la Estructura.

La mesa debe de ser resistente al uso constante, para satisfacer este objetivo, se eligió como material para la estructura ángulo de fierro de 1 X 1/8 de pulgada, una estructura formada con este material, soportará perfectamente el peso del panel, su base y todos los dispositivos que se monten sobre este, así como también el apoyo de los alumnos al estar armando los circuitos.

Las dimensiones de la estructura son determinadas por una parte por las de la base del panel y por otra el dar una altura adecuada a la mesa para que se trabaje en ella sin ningún problema. Por lo tanto las dimensiones de la estructura de la mesa son las siguientes: de altura 0.93 mts., de largo 1.27 mts., y de ancho 0.70 mts., ver fig. 3.2.



ESCALA. 1 : 7.5

DIB. M. DELGADO

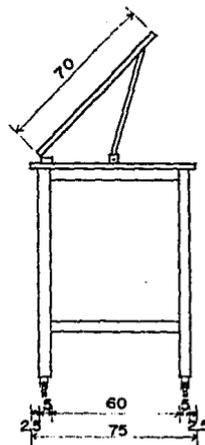
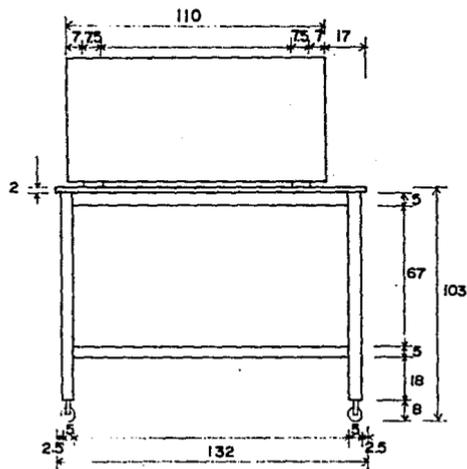
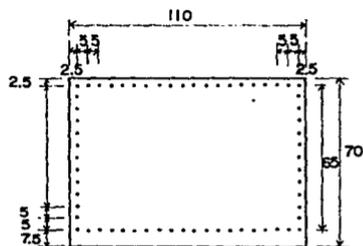
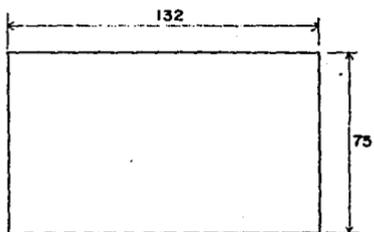
PROYECTO DEL DISEÑO  
DE UNA MESA DIDACTICA

VISTA GENERAL

3.1

ACOT. en Cm.

REV. F. HERNANDEZ



23

ESCALA. 1 : 20

DIB. M. DELGADO

PROYECTO DEL DISEÑO

VISTAS ORTOGONALES

3.2

ACOT. en Cm.

REV. F. HERNANDEZ

DE UNA MESA DIDACTICA

El ángulo de fierro fue unido mediante soldadura eléctrica para formar la estructura de la mesa, este tipo de unión se considero la más adecuada por su resistencia, debido a que forma una amalgama perfecta con el metal base en el momento de fundirse con el metal de aporte, quedando finalmente una homogeneidad entre estos. Con esto tambien la mesa soportará perfectamente que se le traslade a diferentes lugares, sin sufrir desajustes en su estructura.

Para poder facilitar el que la mesa se cambie de sitio se le colocaron a la estructura rodajas giratorias de 2 pulgadas de diámetro en cada pata, estas rodajas se soldaron a la estructura para que quedaran fuertemente sujetas a esta.

El material de las rodajas es de un plástico endurecido que soportan muy bien el desgaste a la fricción con el piso. Con esto se cumple con el objetivo de facilitar el desplazamiento de la mesa ya sea para guardarla o llevarla a una línea de alimentación.

#### 3.2.4. Diseño de las Bases.

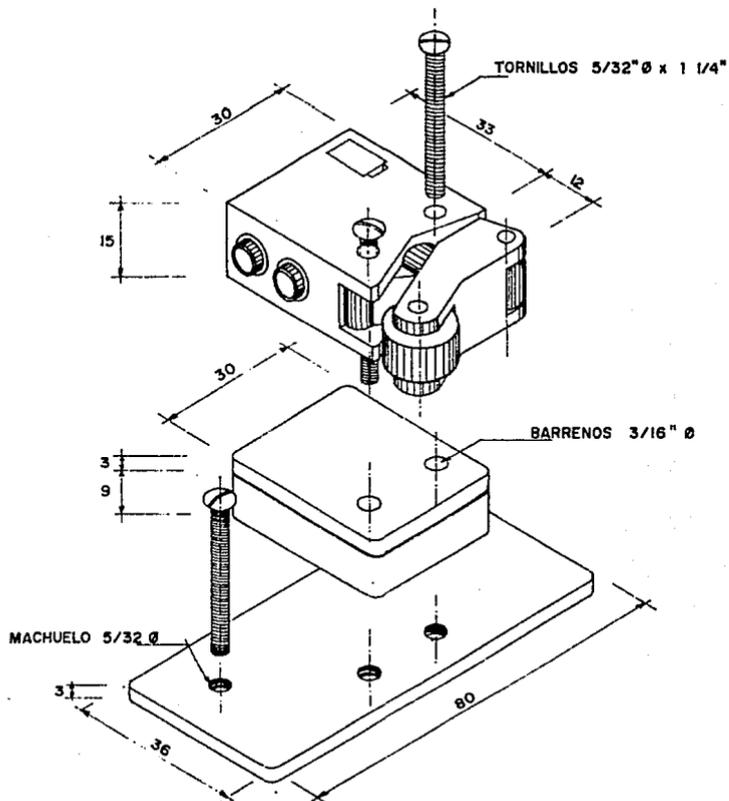
Para poder montar los dispositivos al panel se diseñaron diferentes tipos de bases, las cuales deben adaptarse a la forma y dimensiones de dichos dispositivos.

El material que se escogio para hacer estas bases fue aluminio laminado de 2 mm. de espesor, ya que es un material suave, fácil de trabajar y ligero.

Estas bases deben de cumplir con algo en común, todas contarán con tornillos de sujeción separados por multiples de 5 cm. para que puedan colocarse en los barrenos que se le hicieron al panel y así ser sujetos en cualquier posición de este. Para esto se emplearon tornillos de 5/32 de pulgada.

En algunos casos como el de los pistones, mediante un barreno en la base se podia sujetar facilmente el pistón a ésta, pero en otros casos se tuvieron que emplear dos bases de aluminio, una para poder fijar el dispositivo a la base y la otra para poder fijar el conjunto base-dispositivo al panel. Ejemplos de estas bases y sus dimensiones se muestran en las figs. 3.3, 3.4.

Para la sujeción de los tornillos de las bases al panel se emplearán mariposas que no requieren de herramientas para apretarlas, lo cual hace que el trabajo de montaje y desmontaje del conjunto dispositivo-base se realice en forma rápida.



ESCALA. 1 : 1

DIB. M. DELGADO

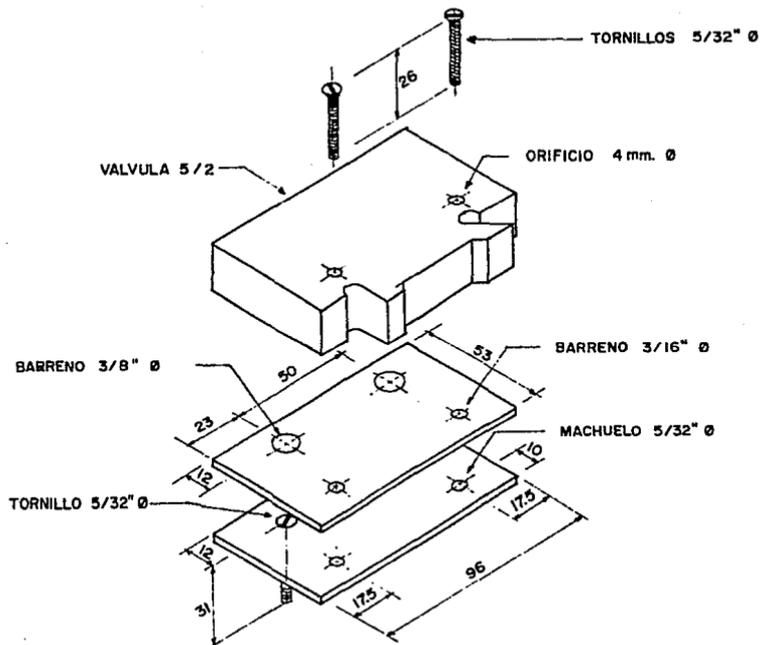
MESA DIDACTICA DE  
CIRCUITOS NEUMATICOS

ENSAMBLE DE UNA VALVULA  
DE RODILLO

3.4

ACOT en mm.

REV. F. HERNANDEZ



ESCALA. 1:1.8

DIB. M. DELGADO

MESA DIDACTICA DE  
CIRCUITOS NEUMATICOS

ENSAMBLE DE UNA VALVU-  
LA 5/2 CON SU BASE

3.3

ACOT. en MM.

REV. F. HERNANDEZ

### 3.2.5. Diseño de los Brazos Articulados de Posición.

El material usado para hacer los brazos articulados, fué de ángulo de aluminio perfilado de 3/4 de pulgada con una longitud de 0.46 mts.. Este material tiene la resistencia adecuada para soportar el peso del panel y de los dispositivos ahí montados al colocar el panel en las diferentes posiciones de trabajo (45 y 80 grados)

La articulación que permite el movimiento de la barra consiste de una base de ángulo de aluminio de 1 1/2 de pulgada y un barreno de 1/4 de pulgada. Para sujetar el brazo a la base y así formar la articulación se utilizó un tornillo con tuerca de 1/2 pulgada de largo.

Los dispositivos neumáticos seleccionados cuentan con la posibilidad de acoplarse con elementos eléctricos, electrónicos y lógicos sin ningún problema de compatibilidad. Con esto se pueden ampliar las posibilidades de simular otras aplicaciones que se dan en la Industria moderna. Así se cumple con el objetivo de que en un futuro puedan armarse circuitos electroneumáticos y circuitos con controles lógicos programables.

Con el objetivo de que los alumnos puedan dar una aplicación práctica, incluimos en el siguiente capítulo: la simbología, un resumen del funcionamiento de cada uno de los dispositivos utilizados, y una explicación detallada de algunos circuitos neumáticos empleados en la Industria. Cumpliéndose con esto el último objetivo planteado al inicio de este capítulo.

A continuación se muestran algunas fotografías de la mesa ya terminada, en la fotografía No.1., se da una idea de las dimensiones de esta, la fotografía No.2., es uno de los dispositivos (unidad de mantenimiento), en detalle montado sobre la mesa, las fotografías No.3., y No.4., nos enseñan un circuito (accionamiento sucesivo), primero sin ninguna conexión y luego con estas.

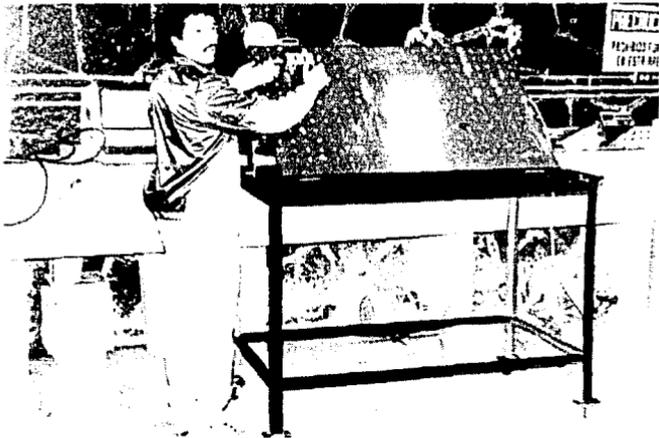


Foto. No. 1.

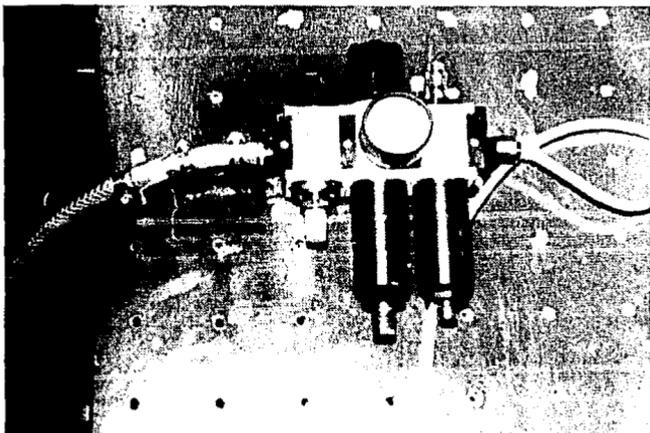


Foto. No. 2

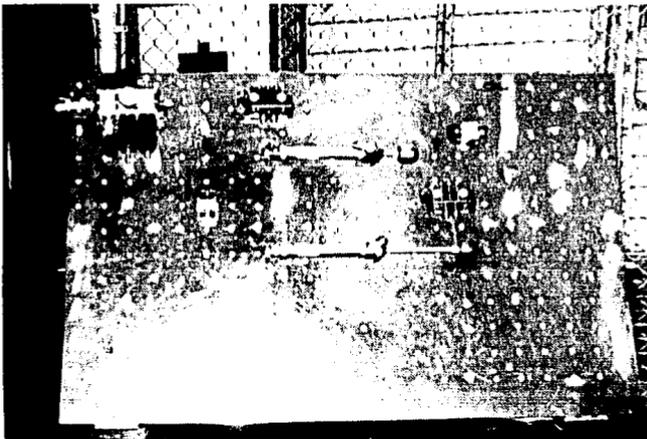


Foto. No. 3.

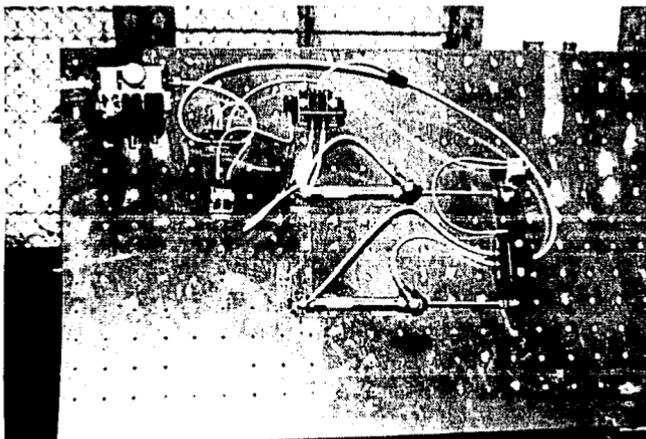


Foto. No. 4.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### 3.3. COSTOS.

En la investigación del mercado realizada, se muestra que las empresas que cuentan con los dispositivos necesarios para armar los circuitos básicos son: Telemecanique, Festo y Schrader Bellows Parker, de tecnología francesa, alemana y americana respectivamente.

En estas empresas se solícito la cotización de material y equipo necesario, quedando esta de la siguiente manera:

#### TELEMECANIQUE.

Descripción	Cant.	P.Unitario.	P.Total.
Cilindro de simple efecto.	1	112,160	112,160
Cilindro de doble efecto.	3	124,960	374,880
Válvula de boton 3/2 vías.	4	50,320	201,280
Válvula acc.neumática.5/2.	3	144,100	432,300
Válvula 4/2 vías retorno por resorte	1	144,000	144,000
Válvula de rodillo 3/2 vías	3	77,940	233,820
Válvula manual de seguridad	1	531,140	531,140
Válvula simultaneidad ("Y")	1	37,170	37,170
Válvula selectora ("O")	2	35,540	71,080
Regulador de caudal	3	36,200	108,600
Seccionador (corredera)	1	65,800	65,800
Unidad de mantenimiento	1	176,600	176,600
Tubo flexible 6mm.(rollo)	1	40,875	40,875
Tubo flexible 4mm.(rollo)	1	29,975	29,975
Conexiones rápidas.	40	4,360	174,400
Conexiones T.	21	8,940	187,740
Manómetros.	2	20,400	40,800
Conexiones múltiples	10	10,000	100,000
<b>SUBTOTAL</b>			<b>3,062,620</b>
<b>MENOS 30% DE DESCUENTO ESPECIAL</b>			<b>918,786</b>
<b>+ 15% IVA.</b>			<b>321,575</b>
<b>TOTAL</b>			<b>2,465,409</b>

## FESTO

Descripción	Cant.	P.Unitario.	P.Total.
Cilindro de simple efecto	1	259,896	259,806
Cilindro de doble efecto	3	321,052	963,156
Válvula pulsador 3/2 vías	4	148,513	599,052
Válvula accionamiento directo	1	277,365	277,365
Válvula acc. neumático	1	353,809	353,809
Válvula de rodillo 3/2 N.C.	3	264,261	792,783
Válvula 5/2 acc. neumático	3	253,348	760,044
Válvula bimanual seguridad	1	904,174	904,174
Válvula de simultaneidad	1	93,913	93,913
Válvula antiretorno	2	85,174	170,348
Regulador de caudal	3	93,913	281,739
Bloque distribuidor	1	275,183	275,183
Unidad de mantenimiento	1	364,730	364,730
Tubo flexible	25	4,235	105,875
<b>SUBTOTAL</b>			<b>6,107,067</b>
<b>+ 15% IVA</b>			<b>916,060</b>
<b>TOTAL</b>			<b>7,023,127</b>

## SHADER BELLOWS PARKER.

Descripción	Cant.	P.Unitario	P.Total.
Cilindro simple efecto	1	94,780	94,780
Cilindro doble efecto	3	100,580	301,740
Válvula de botón 3/2 vías	4	105,850	423,900
Válvula acc.neumática 4/2 vías	3	141,210	423,630
Válvula de rodillo 3/2 vías	3	141,210	423,630
Válvula check	2	46,660	93,320
Válvula reguladora de caudal	3	67,720	203,160
Unidad de mantenimiento	1	134,400	134,400
Válvula de botón	1	141,210	141,210
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2,239,270</b>
<b>-50% Descuento</b>			<b>1,119,635</b>
<b>+15% IVA</b>			<b>167,945</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1,287,580</b>

Como se puede observar en esta última cotización no se cuentan con todos los dispositivos necesarios para armar los circuitos básicos, además los dispositivos disponibles no son los adecuados, para fines didácticos ya que son muy voluminosos y difíciles de manejar.

De esta forma la empresa FESTO tiene alta su cotización, la opción más viable es la de TELEMECANIQUE ya que representa la tercera parte de la cotización hecha por FESTO y por tanto, se decide adquirir los dispositivos en TELEMECANIQUE empresa de tecnología francesa.

#### COSTO TOTAL

DISPOSITIVOS	2,469,409
MADERA	89,000
RODAJAS	30,000
ANGULO DE FIERRO	40,000
TORNILLOS	18,000
ALUMINIO	35,000
PINUTURA	20,000
BISAGRAS	7,500
TOTAL	2,708,909

Nota: Todas estas cotizaciones corresponden al mes de Marzo de 1990.

## CIRCUITOS BASICOS INDUSTRIALES

### 4.1. INTRODUCCION .

Este capítulo, contiene los circuitos básicos que se emplean en la Industria y que conforman las prácticas que se realizarán en la mesa didáctica. Con esto, se busca que el alumno comprenda el funcionamiento de los dispositivos empleados, así como el conjunto de estos formando un circuito. Y que posteriormente, pueda diseñar circuitos para alguna aplicación práctica con la ayuda de la mesa. Para esto, se da un resumen teórico donde el alumno recuerde lo visto en clase, pero para más detalles acerca del tema, deberá consultar alguna bibliografía especializada, o el capítulo de generalidades de esta tesis (Cap.2.).

Se incluye también, una lista de todo el material disponible, así como la simbología para armar los circuitos básicos propuestos.

Se recomienda a las personas que vayan a impartir las prácticas, entregar a los alumnos con anticipación la información correspondiente para el desarrollo de éstas.

### 4.2. RESUMEN TEORICO.

Un circuito de potencia fluida es un grupo de componentes tales como bombas, compresores, actuadores, válvulas de control y conductores, arreglados de tal forma que puedan desarrollar una labor útil.

Es muy importante para el diseño, el tener conocimiento de como trabajan y como operan los componentes en un circuito. Los circuitos estan completamente representados mediante el uso de símbolos gráficos de todos sus componentes. La simbología de los dispositivos neumáticos que se utilizan para formar los circuitos básicos al igual que su funcionamiento esta descrita en los siguientes puntos.

I.- ACTUADORES: La función de un compresor es la de adicionar energía a un sistema neumático para transmitirlo a un punto distante. Los actuadores realizan justamente lo opuesto. Ellos extraen energía de un fluido y la convierten a potencia mecánica para desarrollar un trabajo. Los actuadores se pueden clasificar de una manera sencilla de la siguiente forma:

ACTUADORES

- |   |           |                                                     |
|---|-----------|-----------------------------------------------------|
| } | Lineales  | { cilindros simple efecto<br>cilindros doble efecto |
|   | Rotativos | { rotación limitada<br>rotación continua (motores)  |

Por cuestiones prácticas nos basaremos a describir el funcionamiento de los actuadores lineales.

a).- CILINDROS DE SIMPLE EFECTO:

Estos consisten de un pistón que se encuentra alojado en el interior de un cilindro o camisa. Fijo a el extremo del pistón esta un vástago el cual se extiende hacia afuera del cilindro. En el otro extremo esta un puerto para la entrada del fluido que viene de la línea de alimentación, como lo muestra la figura(4.1).

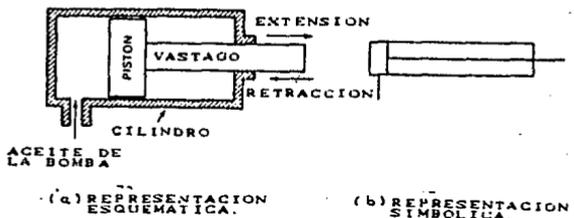


FIG. 4.1. CILINDRO DE SIMPLE ACCION.

Un actuador de este tipo puede ejercer una fuerza solamente en la dirección de extensión cuando el fluido entra por el puerto llenando el hueco del cilindro: La retracción es realizada por gravedad o por la acción de un resorte en el extremo del vástago.

## b).- CILINDRO DE DOBLE ACCION:

Estos cilindros pueden extenderse ó rehacerse neumáticamente. Como se muestra en la figura(4.2). De esta manera una potencia útil podrá ser aplicada en dos direcciones segun se requiera.

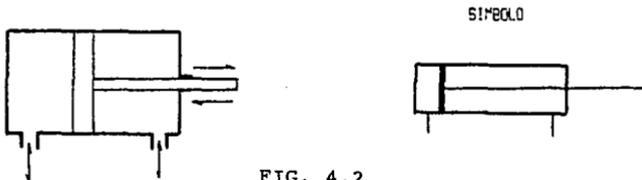


FIG. 4.2.

## II.- COMPONENTES DE CONTROL:

Una de las más importantes consideraciones en cualquier sistema de potencia fluida es el control. La potencia de un fluido es controlada principalmente a través de dispositivos de control llamados válvulas.

Existen tres tipos básicos de dispositivos de control, los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

1).- Válvulas de control direccional.- Estas válvulas determinan la trayectoria que un fluido realiza dentro de un circuito determinado. Por ejemplo, establecen la dirección de movimiento de un cilindro o motor.

2).- Válvulas de control de presión.- Estas válvulas protegen al sistema contra sobrepresiones. Estas sobrepresiones son causadas normalmente por cierres bruscos de alguna válvula que produce un incremento instantáneo de hasta cuatro veces la presión normal del sistema.

3).- Válvulas de control de gasto.- El gasto debe ser controlado en varias líneas o conductores de un circuito. Por ejemplo, el control de actuadores de velocidad depende de la proporción del gasto. Este tipo de control está acompañado del uso de válvulas de control de gasto, que son requeridas donde se procura rapidez en el control.

Las válvulas de control direccional también se pueden dividir segun la forma de accionamiento, como sigue:

- a).- Mando manual (botón, palanca, pedal, etc.).
- b).- Mando mecánico (levas, rodillos, palanca, etc.).
- c).- Mando por solenoide (directamente o piloteadas).
- d).- Piloteadas (por presión neumática).

Para describir gráficamente las funciones de las válvulas de control direccional se emplean símbolos normalizados apartir del código American JIC.

El símbolo de una válvula consta de un cuadro en el que se señalan las posiciones y los pasos de fluido. Si la válvula puede tener varias posiciones, cada una se indica con un cuadro adyacente con sus correspondientes pasos de fluido; como continuación se muestran:

A).- VALVULAS DE DOS VIAS:

En la figura(4.3), se muestra el símbolo de una válvula de dos vías.

Tiene dos vías y trabaja a la manera de un interruptor de una sola línea.

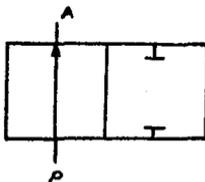


FIG. 4.3.

En la posición "normalmente cerrada" actúa como interruptor para cualquier dispositivo conectado en "A". Al accionar la válvula se suministra aire al dispositivo y al volver a su posición inicial se corta dicho suministro.

En la posición "normalmente abierta" es un interruptor de tal forma que al accionar la válvula se aísla la línea o el servicio conectado a "A".

B).- Válvulas de tres vías dos posiciones:

En la figura (4.4) se muestran dos configuraciones posibles de una válvula de tres vías dos posiciones (3/2)

En la posición "normalmente cerrada" se interrumpe el suministro de aire, pero la salida queda conectada hacia la tercera vía para que el aire a favor de esa corriente pueda escapar por la válvula. Al accionar la válvula, se conecta la entrada de presión de aire en "P" y se cierra el puerto de escape.

En la posición "normalmente abierta" el aire a presión fluye directamente a través de la válvula, con el puerto de escape cerrado. Cuando se cierra la válvula el suministro a presión queda desconectado y el aire a favor de la corriente puede volver a el escape a través de la válvula. Así este tipo de válvulas servirá para extender o retraer el cilindro de simple efecto con retorno por muelle.

C).- Válvula de cuatro vías y dos posiciones:

En la figura (4.5) se aprecia que esta válvula tiene dos conexiones posibles.



FIG. 4.5.

En una posición, "P" esta conectada con "A", y "B" puede enviar al escape el aire a favor de la corriente por "E". En la segunda posición "P" queda conectado con "B", y "A" puede enviar al escape el aire a favor de corriente.

Así, una válvula de cuatro vías y dos posiciones servirá para accionar un cilindro de doble efecto o cualquier otro dispositivo que requiera presión y escape alternos en dos líneas de conexión.

D).- Válvulas de cinco vías dos posiciones:

Es igual al anterior pero con otro puerto de escape. En la figura (4.6), se muestra el símbolo de este tipo de válvula.



FIG. 4.6.

Cuando "A" o "B" se conectan al escape, funciona por un escape independiente. Esto puede ser una ventaja en aplicaciones especiales.

E).- Válvulas de cuatro vías y tres posiciones:

En la figura (4.7) se muestran las modalidades posibles de este tipo de válvulas, en forma simbólica.

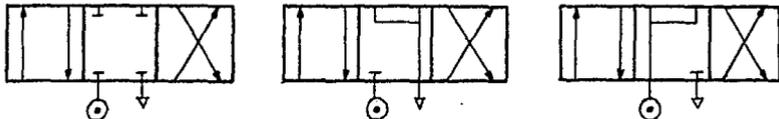


FIG. 4.7.

En la primera (fig.-izquierda), la función es similar a la de una válvula de cuatro vías y dos posiciones (4/2) pero con una posición adicional disponible con todos los puertos cerrados; es decir, sin posibilidad de flujo a través de la válvula en ningún sentido. Esta suele ser la posición normal. Una aplicación básica es el control de un cilindro de doble efecto en la que se tiene la posibilidad de retención al poder mantener la presión de aire en ambos lados.

En la segunda modalidad (fig.-centro) se dispone de la conmutación clásica de cuatro vías en las dos posiciones externas, pero la central desconecta el suministro y conecta ambas líneas a favor de la corriente de escape a través de la válvula. Se emplea en el control de cilindros de doble efecto cuando se quiere liberar el émbolo al conectar a escape ambos lados del pistón.

En la tercera modalidad (fig.-derecha) se dispone de la conmutación normal para las dos posiciones extremas, pero la posición central suministra aire a presión a ambas líneas a favor de corriente, con el escape cerrado.

Con esto se dispone de otra posibilidad de retención para cilindros de doble efecto con doble vástago.

## Válvulas de control de presión.

El símbolo de una válvula de control y regulación de presión es el de las figuras (4.8 y 4.9).

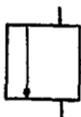


FIG. 4.8.

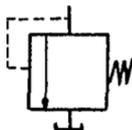
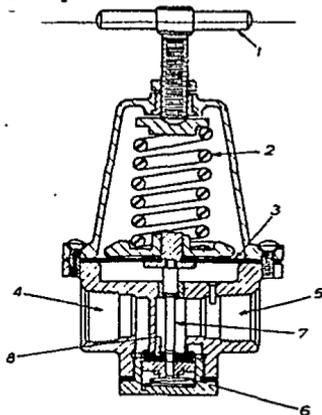


FIG. 4.9.

Existen varios modelos pero la figura (4.10) nos muestra uno de los más corrientes, con un diafragma presionado por muelle en oposición a la presión de aire. Para presión nula, el muelle mantiene la válvula abierta. Al admitir presión, esta actúa en el extremo de salida hasta que la fuerza engendrada sobre el diafragma iguala a la del muelle. Este es ajustable para reducir la presión efectiva de salida desde un máximo, con presión aceptable.

En la práctica, la válvula siempre queda lo suficientemente abierta para que el aire que la atraviesa se adapte a la demanda.



1. Mando regulador. — 2. Muelle. — 3. Diafragma de caucho. — 4. Admisión de alta presión. — 5. Descarga a presión reducida. — 6. Muelle de retorno. — 7. Vástago. — 8. Arandela sintética en caja metálica

FIG. 4.10.

## Válvulas de control de gasto.

Estas válvulas son básicamente de estrangulamiento o restricción y pueden ser desde simples orificios fijos (en que el grado de restricción es permanente y predeterminado con precisión), hasta las válvulas de aguja graduables. Algunas combinan varias funciones por ejemplo de retención y antirretorno.

Los símbolos de este tipo de válvulas se muestran en la figura (4.11).

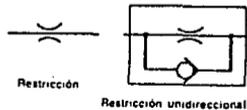
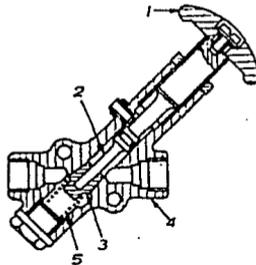


FIG. 4.11.

En la figura (4.12) se muestra la construcción de una válvula de aguja reguladora de gasto.

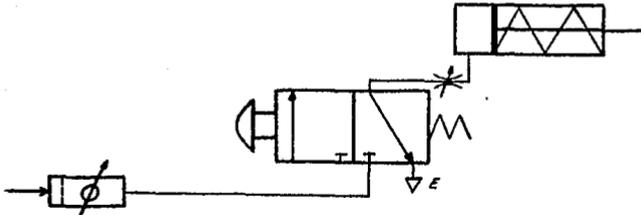


1. Regulador. — 2. Vástago. — 3. Retención y estrangulamiento. — 4. Cuerpo. — 5. Muelle ligero

FIG. 4.12.

### 4.3. CIRCUITOS NEUMATICOS BASICOS

#### 4.3.1.-OPERACION DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.



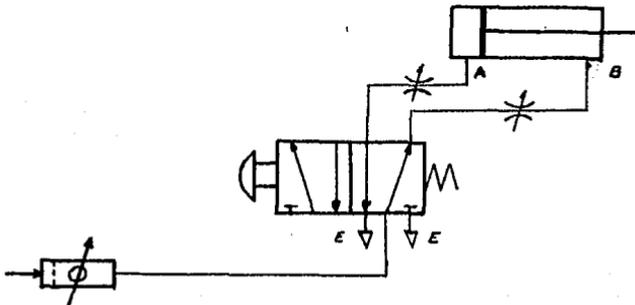
En este circuito el movimiento del cilindro es controlado por la válvula de botón de tres vías con dos posiciones también llamada pulsador. Para llevar a cabo el avance del cilindro basta oprimir el pulsador, cerrando el circuito entre la línea de aire y la cámara del cilindro, ocasionando con esto que el vástago avance hacia el exterior.

El retorno es efectuado mecánicamente por medio de un resorte interno en el cilindro.

La velocidad en el avance se puede controlar mediante un regulador de flujo como se muestra en el esquema.

El aire desplazado en la carrera de retorno es arrojado al medio ambiente por un circuito de escape creado al desactivar la válvula.

#### 4.3.2.- OPERACION DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO.



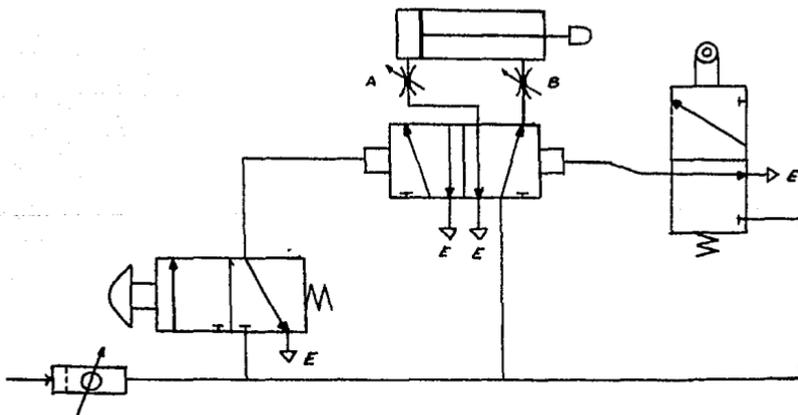
En este circuito el movimiento del cilindro es controlado por una válvula pulsadora de 5 vías y 2 posiciones.

Estando sin accionar la válvula se mantiene una presión de aire en la terminal "B" del cilindro ocasionando con esto que el conjunto émbolo-vástago este estático retraído.

Para llevar a cabo el avance de el vástago en el cilindro, basta accionar la válvula cerrando con esto un circuito entre la línea de aire y la terminal "A" del cilindro, provocando que la presión de aire desplace al conjunto émbolo-vástago hacia el exterior del cilindro. El aire desplazado por el émbolo sale por la terminal "B" hacia un circuito de fuga de aire que se crea a través de la válvula, este circuito de fuga se crea tanto en la carrera de avance como en la de retorno.

El movimiento de avance se efectua mientras se tenga accionada la válvula o se termine la carrera del vástago. La velocidad de avance y retroceso de el conjunto émbolo-vástago pueden ser controladas por medio de reguladores de flujo.

#### 4.3.3.- CICLO SENCILLO CON RETORNO AUTOMATICO.



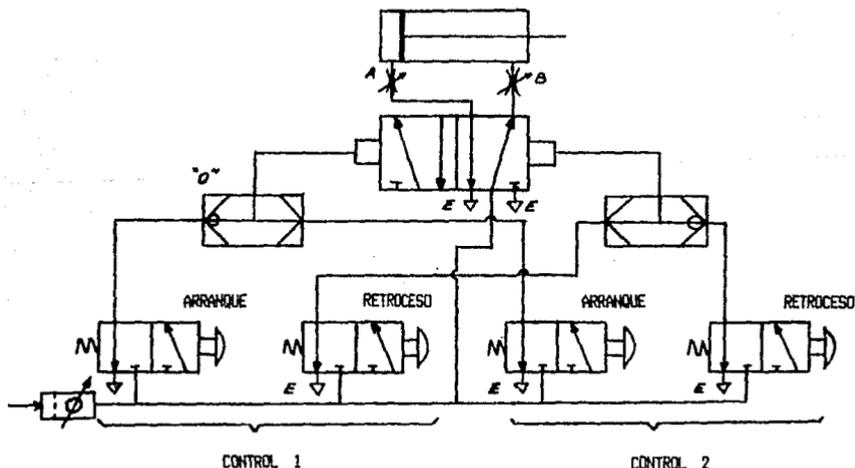
En este circuito el movimiento del cilindro es controlado por una válvula de 5 vías con 2 posiciones, accionada por impulsos neumáticos.

Estando sin accionar ninguna válvula se mantiene una presión de aire en la terminal "B" de el cilindro ocasionando con esto que el conjunto émbolo-vástago se mantenga estático y retraído.

Para llevar a cabo el avance del vástago en el cilindro basta accionar momentáneamente la válvula de 3 vías y 2 posiciones con accionamiento de botón, ocasionando con esto que se forme un circuito de presión de aire que acciona el actuador neumático de la válvula 5/2, haciendo que esta cambie de posición y se forme un circuito entre la línea de aire y la terminal "A" del cilindro, provocando que el conjunto embolo-vástago se desplace hacia el exterior del cilindro. El avance se mantiene hasta que en la carrera el vástago acciona una válvula de rodillo de 3/2 formando un circuito de presión de aire que acciona el actuador neumático de la válvula 5/2 regresando a esta a su posición original, ocasionando que el conjunto émbolo-vástago regrese automáticamente.

Como se puede observar basta con dar un pulso a la válvula de botón para que se realice toda la función del circuito. existen circuitos de fuga tanto para el aire desplazado en la carrera del cilindro, como el desplazado en el actuador de la válvula 5/2. La velocidad de avance y retroceso pueden ser controladas por reguladores de flujo.

#### 4.3.4.- CIRCUITO DE CONTROL MULTIPLE.



En este circuito el movimiento del cilindro esta controlado por una válvula de impulsos neumáticos de 5 vias con dos posiciones que a su vez esta manipulada desde dos puestos de control con dos válvulas de tres vias y dos posiciones en cada puesto.

Estando sin accionar ninguna válvula se mantiene una presión de aire en la terminal "B" del cilindro ocasionando con esto que el conjunto émbolo-vástago se mantenga estático retraído.

Para llevar a cabo el avance del vástago en el cilindro basta accionar la válvula de avance en cualquiera de los dos puestos de control, siempre y cuando solo se realice en uno de ellos. Al accionar esta válvula se forma un circuito de presión de aire a través de una válvula check tipo "OR" hacia el actuador neumático de la válvula 5/2 haciendo que esta cambie su posición y se forme un circuito entre la línea de aire y la terminal "A" del cilindro, provocando que el conjunto émbolo-vástago se desplace hacia el exterior del cilindro.

La reposición del cilindro se hace accionando la válvula de retroceso de cualquiera de los dos puestos de control de forma similar a como se hizo en el avance.

Existen circuitos de fuga tanto para el aire desplazado en el cilindro, como el desplazado en el actuador de la válvula 5/2 la velocidad de avance y retroceso pueden ser controlados por reguladores de flujo.

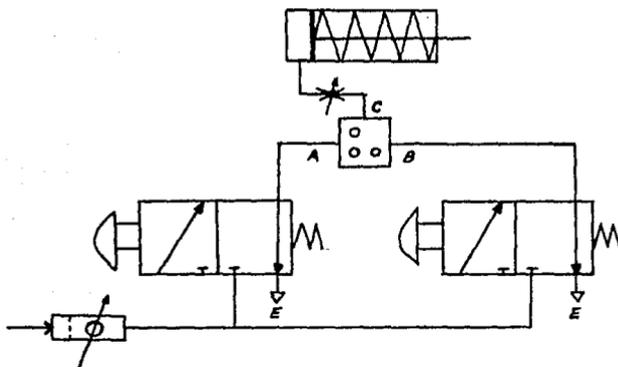


En la carrera de avance el cilindro No.1 acciona una válvula de rodillo 3/2 que a su vez acciona la válvula 5/2 de avance del cilindro No.2 este en su carrera acciona otra válvula de rodillo 3/2 y así seguirá el proceso hasta que el último cilindro del sistema al accionar la válvula de rodillo cambie la posición de la válvula 5/2 de accionamiento neumático biestable ocasionando que todas las válvulas 5/2 que dan avance a los cilindros cambien de posición haciendo que todos los cilindros se retraigan al mismo tiempo.

Existen circuitos de fuga al medio ambiente, tanto para el aire desplazado en la carrera de los cilindros, como el desplazado en los actuadores neumáticos de las válvulas.

Las velocidades de avance y retroceso en los cilindros se pueden controlar por medio de reguladores de flujo.

#### 4.3.6.- CIRCUITO BIMANUAL DE SEGURIDAD.

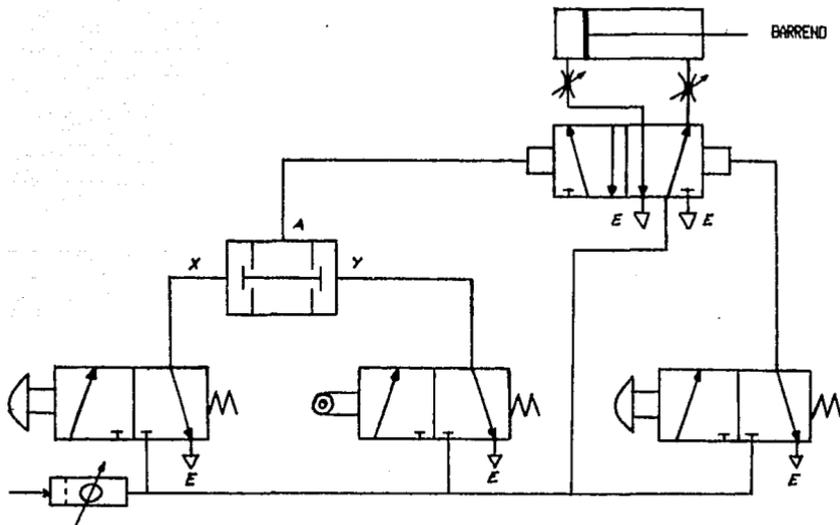


En este circuito se muestra el funcionamiento de una válvula bimanual de seguridad.

Como su nombre indica esta válvula se utiliza en sistemas donde se requiere que el operador tenga que utilizar ambas manos para llevar a cabo el trabajo, evitando con esto accidentes. Dicha válvula requiere de presión de aire en sus terminales A y B en forma simultánea, para que exista presión de aire a la salida por la terminal C. El circuito funciona de la siguiente manera:

Para llevar a cabo el avance del cilindro es necesario accionar las dos válvulas de botón 3/2 al mismo tiempo, ocasionando que en el mismo momento haya presión de aire en las terminales "A" y "B" de la válvula bimanual la cual da salida a la presión de aire por la terminal "C" provocando el avance del cilindro.

#### 4.3.7.- FUNCION DE LA VALVULA TIPO "Y".



El funcionamiento de esta válvula como su nombre lo dice se basa en el funcionamiento de una compuerta lógica del tipo "AND". Esto es, se necesita de presión de aire en ambas entradas (puertos X, Y) para que halla presión de aire a la salida (puerto A).

El comportamiento de este circuito se basa en una aplicación práctica de barrenado en una línea de trabajo en donde es necesario que la pieza a trabajar este en posición para poder ser barrenada.

La secuencia se inicia cuando la pieza a trabajar ya esta en posición y accionando la válvula de rodillo 3/2, cumpliendose esto se acciona la válvula de arranque dando las condiciones necesarias de funcionamiento en la válvula "Y". De esta forma existe presión de aire para activar la válvula de accionamiento neumático, la cual dará movimiento de avance al cilindro barrenador para efectuar el trabajo. Una vez que se realizó el barrenado se desactiva la válvula de arranque quitando con esto las condiciones necesarias de funcionamiento en la válvula "Y", y se activa la válvula de reposición dando con esto, la presión de aire para cambiar la posición de la válvula de accionamiento neumático y así, reponer el cilindro barrenador pudiendo realizar la operación nuevamente.

#### 4.4. SIMBOLOGIA.

DISPOSITIVOS MISCELANEOS		SIMBOLOS BASICOS DE VALVULAS	
DIRECCION DE ROTACION		TRAYECTORIA DE FLUJO SIMPLE NORMALMENTE CERRADA	
COMPONENTE CERRADO		VALVULA DE ALIVIO	
DEPOSITO ABIERTO		SIMBOLO BASICO DE VALVULA CON VARIAS TRAYECTORIAS	
DEPOSITO PRESURTIZADO		BLOQUEO DE FLUJO EN LA PARTE CENTRAL	
MEDIDOR DE PRESION		MULTIPLES TRAYECTORIAS DE FLUJO	
MEDIDOR DE TEMPERATURA		EJEMPLOS DE VALVULAS	
FLUJO CONOCIDO (PROPOR. DE FLUJO)		VALVULA DE DESAHOGO, DRENADO INTERNO OPERACION REMOTA	
MOTOR ELECTRICO		VALVULA DE DESACELERACION NORMALMENTE ABIERTA	
ACUMULADOR CON CARGA DE RESORTE		VALVULA DE SECUENCIA, OPERA DIRECTA, DRENADO EXTERNO	
ACUMULADOR CARGADO CON GAS		VALVULA DE REDUCCION DE PRESION	
FILTRO		VALVULA DE CONTRAPESO CON VALVULA CHECK INTEGRADA	
CALENTADOR		COMPARADOR DE PRESION Y TEMPERATURA CONTROL DE FLUJO CON CHECK	
ENFRIADOR		VALVULA DIRECCIONAL DE 2 POSICIONES Y 3 PUERTOS	
CONTROLADOR DE TEMPERATURA		VALVULA DIRECCIONAL DE 3 POSICIONES Y 4 PUERTOS	
INTENSIFICADOR		VALVULA DE POSICIONES INFINITAS (INDICADA POR BARRAS HORIZONTALES)	
INTERRUPTOR DE PRESION			
SIMBOLOS BASICOS DE VALVULAS			
VALVULA CHECK			
VALVULA DE CIERRE MANUAL			
VALVULA BASICA CUBIERTA			
TRAYECTORIA DE FLUJO SIMPLE NORMALMENTE CERRADA			

LOS SIMBOLOS MOSTRADOS CONFORMAN LAS ESPECIFICACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE NORMAS (ANSI). LOS SIMBOLOS PUEDEN SER COMBINADOS, NO SE PRETENDE MOSTRARLOS.

LINEAS Y SUS FUNCIONES		BOMBAS	
LINEA DE TRABAJO		BOMBA DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE FIJO	
LINEA PILOTO			
LINEA DE DRENADO		BOMBA DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE VARIABLE	
CONECTOR			
LINEA FLEXIBLE		MOTORES Y CILINDROS	
LINEA DE UNION		MOTOR ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO FIJO	
LINEA DE CRUCE		MOTOR ROTATORIO DE DESPLAZAMIENTO VARIABLE	
DIRECCION DE FLUJO hidraulica neumatica		MOTOR OSCILATORIO	
LINEA A DEPOSITO arriba del fluido abajo del fluido			
LINEA DE MULTIPLE DESCARGA		CILINDRO DE SIMPLE EFECTO	
CONEXION A VALVULA O TAPON		CILINDRO DE DOBLE EFECTO	
RESTRICCION FIJA		CILINDRO DE VASTAGO DIFERENCIAL	
RESTRICCION VARIABLE		CILINDRO DE DOBLE FIN DE VASTAGO	
		CILINDRO CON AMORTIGUADOR EXTREMO	

METODOS DE OPERACION		METODOS DE OPERACION	
COMPENSADOR DE PRESION		PALANCA	
DENTADO		PRESION DE PILOTO	
MANUAL		SOLENOIDE	
MECANICO		CONTROL SOLENOIDE OPERADO POR PRESION PILOTO	
PEDAL		RESORTE	
ACCIONADO CON BOTON		ACTUADOR	

#### 4.5. LISTA DE MATERIAL DISPONIBLE

DESCRIPCION	CANTIDAD
Unidad de Mantenimiento.	1
Cilindro de Doble Efecto.	3
Válvula de Rodillo 3/2 Vías.	3
Conexiones Múltiples.	10
Válvula 5/2 Acc. Neumático Retorno por resorte.	2
Cilindro de Simple Efecto.	1
Válvula 4/2 Acc. Neumático Retorno por Resorte.	1
Válvula de Botón 3/2 Vías.	4
Válvula de Simultaniedad "Y".	1
Válvula Acc. Neumático 5/2 Vías Biestable.	1
Válvula Selectora "O".	2
Válvula Bimanual de Seguridad.	1
Conexiones T (6 mm).	20
Conexiones T (4 mm).	10
Conexiones rápidas.	30
Regulador de Caudal.	3
Manometro.	1
Tubo Flexible 6 mm (rollo).	1
Tubo Flexible 4 mm (rollo).	1

## CONCLUSIONES

Uno de los objetivos que nos impulsó a realizar una tesis teórico-práctico, es la reafirmación y búsqueda del conocimiento sobre la materia, que en este caso es la potencia fluida y por otra parte el conocer con que se cuenta en nuestra Industria, ¿qué se fabrica?, ¿qué se importa? y así poder visualizar que podemos hacer en beneficio de ésta. Otro de los aspectos de importancia de ésta tesis, es dejar a la facultad una herramienta práctica ( en este caso la mesa para el laboratorio de fluidos ), donde puedan los compañeros desarrollar prácticas que les deje una buena enseñanza de lo que son los circuitos neumáticos básicos que se emplean en la Industria.

En el desarrollo de la tesis nos dimos cuenta de algunas deficiencias: Una de ellas es la falta de bibliografía más actualizada sobre la potencia fluida; Otra muy importante, es que se importa un alto porcentaje de dispositivos hidráulicos y en neumática, aunque ya se fabrican dispositivos en el país, también se importa equipo de este tipo.

En la actualidad, existen Industrias como la empresa FESTO, que vende equipo didáctico de potencia fluida de buena calidad, pero el comprárselos, resultaría costoso a la facultad lo cual implica un gasto innecesario, tomando en cuenta que se puede adaptar equipo que existe en el mercado para este fin a un menor costo y servir a la vez como una herramienta para reafirmar los conocimientos de la potencia fluida y visualizar con lo que se cuenta en la Industria.

En un futuro otros alumnos podrán seguir trabajando sobre lo ya hecho para mejorarlo y actualizarlo con equipo más moderno.

## BIBLIOGRAFIA

ESPOSITO, ANTHONY, Fluid Power Whit Applications  
Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, C 1980.

KONRAD, ZIESLING., Circuitos Neumáticos. Editorial Blume,  
Barcelona, España, 1978.

CARNICER, E., Aire Comprimido y Neumática Convencional.  
Editorial Gustavo Gil, Barcelona, España, 1973.

CLAUDIO, MATAIX, Mecanica de Fluidos y Maquinas  
Hidráulicas, Ediciones del Castillo, S.A. , Madrid, 1980.

DANIEL, BOUTEILLE., Fluid Logic Controls, Jhon Wiley &  
Sons, Inc., New Yor, 1973.

RICHARD W. GREENE., Compresores: Selección, Uso y  
Mantenimieno, Mc. Graw-Hill/Ineramericana de México, S.A.  
de C.V., México, 1989.

W. H. SEVERNS, M.S., Steam, Air, And Gas Power, Editorial  
Reverte Mexicana, S.A., New Yor, 1976.

TYLER G. HICKS., Bombas: Su Selección y Aplicación, Mc.  
Graw-Hill Book Company Inc., New York, 1980.

HERBERT E. MERRIT., Hydraulic Control Systems, Jhon Wiley  
& Sons, Inc, New York, 1967.

LUIS Ma. JIMENES de CISNEROS., Manual de Neumática,  
Blume, Barcelona, 1979.

FRANK M. WHITE., Mecanica de Fluidos, Mc. Graw-Hill de  
México, S.A. de C.V., México, 1983.