

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS.

Propuesta de actualización en los Sistemas de Fluidos de
Potencia para Técnicos Mecánicos

Material Didáctico.

Volumen 1

Para optar al grado de:

TÉCNICO EN INGENIERIA MECÁNICA.



Elaborado por :

Maria Eugenia Martínez Rodríguez

José Luis Ponce Zotelo

Milton Arsenio Santos Rivas.

Octubre del 2001

Soyapango, El Salvador, Centroamérica.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

LIC. MARIO RAFAEL OLMOS

DECANO DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS

ING. VICTOR ARNOLDO CORNEJO MONTANO

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

TEC. MARCO VILLALTA

JURADO EVALUADOR

ING. JUAN CARLOS GARCÍA

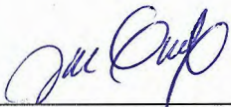
ING. JOSÉ FEDERICO MÉNDEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO

TRABAJO DE GRADUACIÓN:
“PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN EN
LOS SISTEMAS DE FLUIDOS DE POTENCIA
PARA TÉCNICOS MECÁNICOS”

PRESENTADO POR:
MARÍA EUGENIA MARTÍNEZ RODRIGUEZ
JOSÉ LUIS PONCE ZOTELO
MILTON ARSENIO SANTOS RIVAS

JURADO EVALUADOR



ING. JUAN CARLOS GARCÍA
JURADO N° 1



ING. JOSÉ FEDERICO MENDEZ
JURADO N° 2



TEC. MARCO VILLALTA
ASESOR

SOYAPANGO, OCTUBRE DE 2001

Secciones

Hidráulica

Apuntes de clases

Prácticas de laboratorio

Automatización

Apuntes de clases

Prácticas de laboratorio

Neumática

Apuntes de clases

Prácticas de laboratorio

Guía de circuitos

© FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS.

Apuntes de clases

Hidráulica

Elaborado por :
· Maria Eugenia Martínez ·
José Luis Ponze Zotelo
Milton Arsenio Santos Rivas
arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

El presente manual persigue llenar el vacío existente en la formación Técnica de la Universidad Don Bosco en el área de hidráulica.

La motivación de solventar esta problemática se debe a la necesidad de formación actualizada en esta rama de la mecánica, pilar en el desarrollo industrial. La evolución constante de la industria en búsqueda de solventar los procesos, cada vez más complejos, por medio de sistemas automatizados justifica la existencia de este medio como apoyo a los procesos de automatización hidráulicos.

No pretendemos proporcionar todos los elementos en el sector de la formación de la hidráulica, sino que se consideraron todos aquellos que sirven como bases a los conocimientos elementales de la hidráulica..

La estructura del presente manual se encuentra dividida en dos secciones, la parte A contempla el marco teórico y la parte B contempla ejercicios de practica de laboratorio.

Esperamos contribuir con los estudiante de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimientos de los fluidos.

Si en algo hemos logrado contribuir en su formación, nos sentiremos más que satisfechos.

Los autores:

Índice

Contenido	Página inicial
Prefacio	ii
Índice	iii
1. Introducción	4
2. Marco histórico	6
3. Generalidades	9
4. Fundamentos físicos	12
5. Simbología y normalización	18
6. Depósitos	25
7. Válvulas de presión	28
8. Acumuladores	37
9. Válvulas limitadoras de caudal	47
10. Válvulas anti-retorno	57
11. Mantenimiento básico en los circuitos	64
12. Bombas hidráulicas	69
13. Actuadores	87
14. Filtros.	91
15. Manómetros.	96

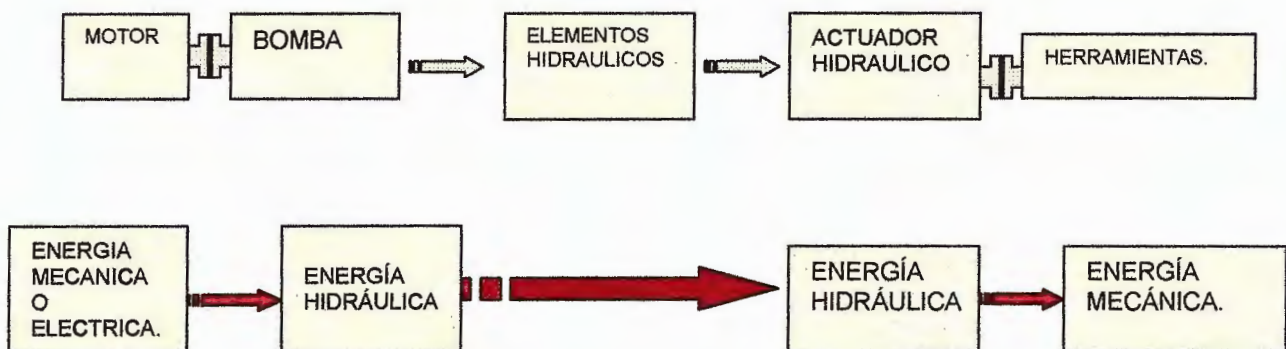


1. Introducción.

El estudio de la hidráulica con lleva el conocimientos de las características de los fluidos, la medición de estas, y el uso que se les puede dar a estos fluidos.

"La hidráulica es una ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos."

Actualmente cuando el instructor se refiere a la palabra "hidráulica" en presencia de los que se inician en el conocimientos de esta hermosa ciencia, es preciso remarcar que el concepto que debe de prevalecer es el de transformación de la energía, ya sea de mecánica ó eléctrica en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso.



La ventaja que implica la utilización de la hidráulica es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas, empleando para ello pequeños elementos y la facilidad de poder realizar maniobras de mandos y reglaje. Actuadores hidráulicos son capaces de emplearse con carga desde el reposo. Equipados apropiadamente permiten desarrollar cambios de dirección rápidamente.

A pesar de estas ventajas hay también ciertos inconvenientes debido al fluido empleado como medio para la transmisión. Esto debido a las grandes presiones

que se manejan en el sistema posibilitan el peligro de accidentes, por esto es preciso cuidar que los empalmes se encuentren perfectamente apretados y estancos.

La hidráulica tiene sus ventajas y sus centros de empleos como por ejemplo:

- ↗ construcción de barcos
- ↗ construcción de aviones.
- ↗ construcción de vehículos.
- ↗ construcción de prensas
- ↗ construcción de máquinas herramientas.

Combinando la hidráulica con la electrotécnica, la mecánica y la neumática se pueden obtener grandes soluciones para problemas de la industria.

Para poder aprovechar los conocimientos ofrecidos por la hidráulica, es necesario que el interesado tenga un conocimiento básico de :

- Las leyes física básicas de la hidrostática y de la hidrodinámica.
- Conocer las unidades y las magnitudes físicas de la hidráulica.

2. Marco histórico

Etimológicamente la palabra hidráulica se refiere al agua :

Hidros → *agua.*

Aulos → *flauta.*

Algunos especialistas que no emplean el agua como medio transmisor de energía, sino que el aceite han establecido los siguientes términos para establecer la distinción:

Oleodinámica

Oleohidráulica.

Oleólica.

El agua posee masa; si esta masa se desplaza, es capaz de realizar trabajo. Este hecho fue utilizado por los antiguos, algunas de las aplicaciones de la hidráulica pura son:

- *Tornillo de Arquímedes (para elevar el agua)*
- *Reloj de agua de Ctesibios*
- *Acueducto para el consumo de agua en Roma antes de J.C. ; este superaba el millón de metros cúbicos diarios.*
- *Ruedas de paletas para mover sistemas de drenaje para regadío*
- *La noria: unos cangilones unidos a una cadena sin fin, que se introducen boca abajo y se sacan llenos*
- *El chaduf: aparatos basculantes utilizados para extraer el agua de los pozos*

Los primeros datos de los pioneros en el desarrollo científico de la hidráulica se remiten a ha Arquímedes en su tratado de los cuerpos flotantes. En la que se encuentran plasmados los principios de la Hidrostática.

Durante varios siglos los enunciados de Arquímedes no obtuvieron ninguna contribución nueva. Hasta que Flamenco Stevin estableció el valor de la presión de un líquido ejercida sobre las paredes del recipiente que lo contiene.

En el siglo XVII pascal enunció el principio de igualdad de las presiones, que sirve de base para hidrostática; los términos empleados por Pascal fueron:

“Si en barco lleno de agua, cerrado por todas partes, tiene dos aberturas, una de las cuales es 100 veces mayor que la otra y en cada una de ellas se ajusta un pistón, resultara que un hombre, empujando el pistón pequeño, igualara la fuerza de cien hombres que estén empujando el otro pistón, cien veces mayor, y superará la fuerza de noventa y nueve hombres.”

Numerosos matemáticos y físicos han contribuido con varios elementos al progreso y desarrollo de la ciencia, a continuación se citarán algunos de ellos:

Epoca	Científico	Aporte
1642 - 1727	Isaac Newton	Leyes relativas al movimiento de los fluidos (1687).
1684 - 1750	James Jurin	Leyes y formulas sobre la capilaridad (1718).
1799 - 1750	Daniel Bernouilli	Tratados de hidrodinámica (1738).
1642 - 1727	El Abad de Nollet	Estudio de transmisión de presión en los líquidos.
1707 - 1738	Léonhart Euler	Trabajo con Bernouilli y lo sustituyo en la cátedra de matemática de San Petersburgo
1717 - 1783	Jean Le Rond d Alembert	Tratado de dinámica (1732)
1777 - 1851	Christian Oersted	Estudio de compresibilidad de los líquidos y los sólidos (1822)
1797 - 1886	Adhémar de Saint Venant	Estudio relativo entre la coordinación y variación de presión y velocidad de los fluidos que circulan sin rozamiento en un canal
1803 - 1858	Henry Darcy	Estudio del agua en las tuberías y trabajos relativos a las pérdidas de carga.

Aportes realizados por algunos inventores :

<i>Inventores</i>	<i>Aporte</i>	<i>Año</i>
<i>Joseph Bramah</i>	Prensa hidráulica	1795
<i>Bourdon</i>	Manómetro metálico.	1849
<i>William Armstrong</i>	Acumulador hidráulico.	1849
<i>Reynolds - Jamet y Harvey Williams</i>	Primera bomba hidráulica que funciona con aceite	1905
<i>Thoma</i>	Primera transmisión hidrostática	1930
<i>Helé Shaw</i>	Bomba de pistones que emplea aceite, se conoció como bomba Shaw	1912
<i>Harry Vickers</i>	Bomba equilibrada de paletas	1921
<i>Vickers Company</i>	Direcciones hidráulicas para vehículos	1925
<i>Georges Messier</i>	Frenos hidráulicos	1928
<i>Danfoss</i>	Dirección orbital	1933
<i>Fleischer</i>	Transmisión automática	1935
<i>Sundstrans</i>	Transmisión hidrostática de caudal variable	1942
<i>Ford</i>	Elevador hidráulico sistema Ferguson	1945
<i>René Leduc</i>	Cilindro hidráulica mandado a distancia e irreversible	1946
<i>David Brown</i>	Tractor provisto de elevador hidráulico	1946
<i>Renault</i>	Sistema transfuido para transmisiones	1958
<i>Allis Chalmers</i>	Convertidores de par Allison	1956
<i>Caterpillar</i>	Convertidores Twin - Disc	1960

3. Generalidades

3.1 Concepto:

Es la ciencia que estudia la transferencia de energía que ocurre cuando se empuja a un fluido líquido, el cual es su medio transmisor.

3.2 Clasificación



3.3 Ventajas

- Variación de la velocidad.
- Reversibilidad.
- Protección (válvulas de presión, alivio)
- Posibilidad de arranque con carga.

3.4 Componentes:

- ✓ Bombas.
- ✓ Elementos de control y regulación.
- ✓ Accionadores
- ✓ Acondicionadores y accesorios (filtros, manómetros, I.C., depósitos).

3.5 Funciones de un fluido hidráulico:

- ✓ Transmitir potencia.
- ✓ Lubricar (bombas, sistema, cilindros).
- ✓ Refrigerar.
- ✓ Minimizar fugas y pérdidas de carga.
- ✓ Debe ser continuo.
- ✓ Debe de ser inerte a juntas y empaquetaduras.

3.6 Fluidos utilizados:

Se pueden diferenciar tres clases básicas de fluidos hidráulicos, estos son los siguientes:

Líquidos de base acuosa:

- ✓ Aceite mineral en agua
- ✓ Agua en aceite mineral
- ✓ Agua con glicerina
- ✓ Glicol – agua

Líquidos sintéticos

- ✓ Esteres Fosfatados
- ✓ Siliconas

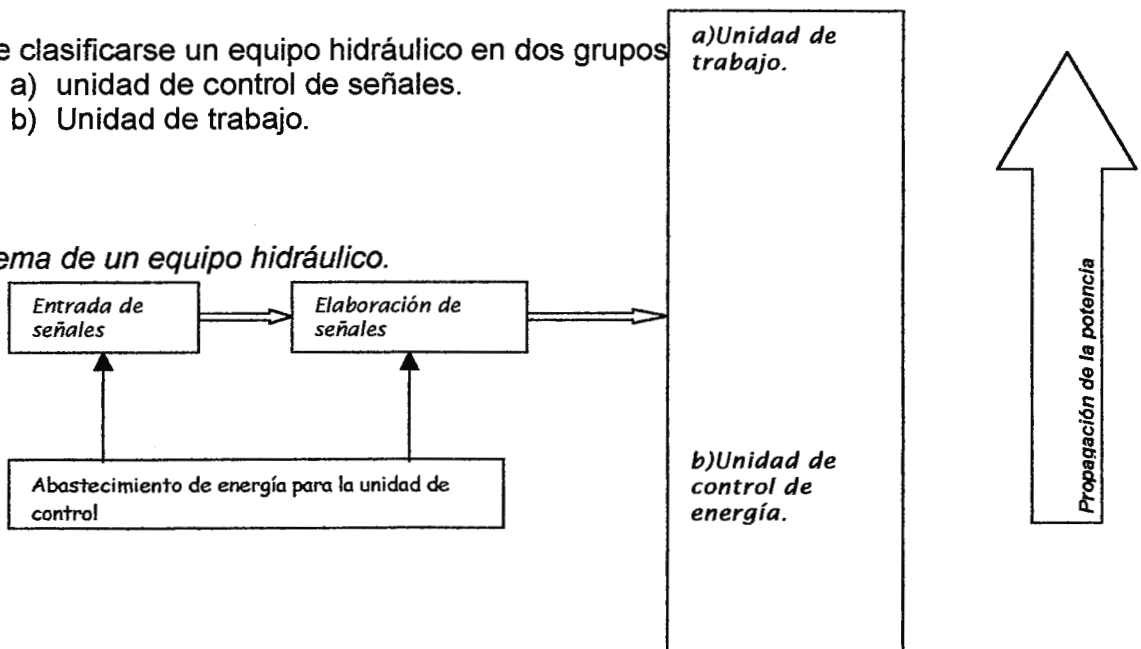
Aceites minerales y vegetales

3.7 Composición de un equipo hidráulico.

Puede clasificarse un equipo hidráulico en dos grupos

- a) unidad de control de señales.
- b) Unidad de trabajo.

Esquema de un equipo hidráulico.



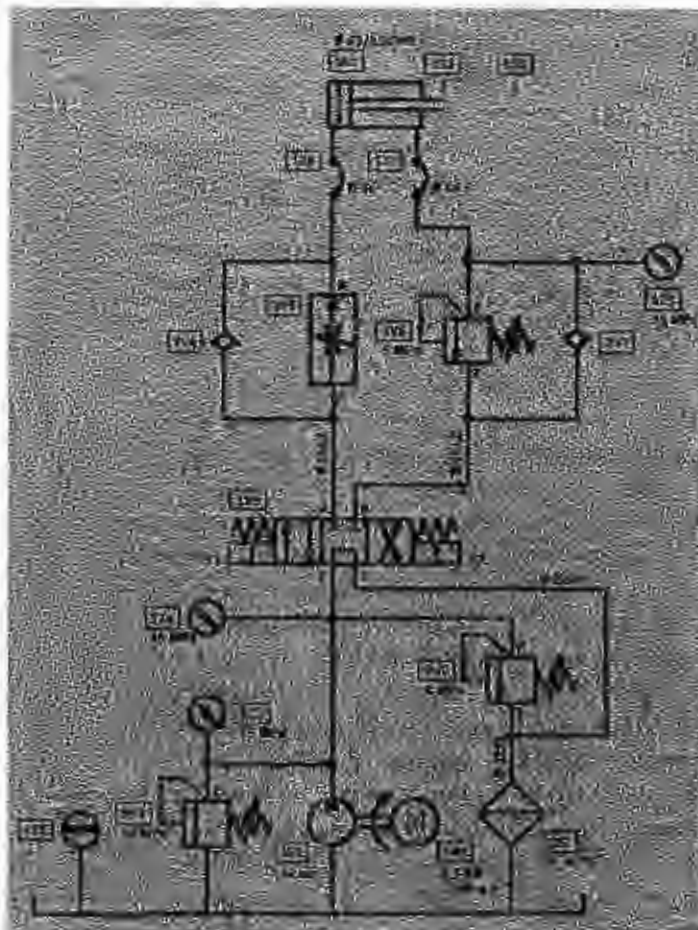
a) La Unidad de Control recibe . señales de entrada por medio de sensores, la forma de obtención puede ser variada, como por ejemplo:

- ✓ Manual
- ✓ Mecánica
- ✓ Sin contacto
- ✓ Otras formas.

La forma de elaboración de señales puede ser de muchas forma, algunas de estas se detallan a continuación:

- ✓ Ser humano
- ✓ Electrotécnica
- ✓ Electrónica
- ✓ Neumática
- ✓ Mecánica
- ✓ Hidráulica.

b) Unidad de trabajo



4. Fundamentos físicos.

4.1 Presión

Se entiende por presión al efecto resultante de una fuerza aplicada a una sección de un cuerpo (líquido, sólido, etc.).

Las unidades de medición en el Sistema Internacional (ISO – métrico) son los pascals (pa), aunque suele emplearse la medición en bares (bar=100000 pa); En el sistema Inglés la unidad de medición son los psi (1 psi = 0.06895 bar)

4.2 Presión hidrostática

Es el efecto de la masa y de la altura de un fluido en estado de reposo (ó casi estático). La expresión que se maneja para establecerlo es: $P_s = \rho h g$; equivalente a **$P_s = \text{densidad} \times \text{altura del fluido} \times \text{gravedad}$** .

Ejemplo: con tres formas de recipientes



$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$G = 9.8 \text{ m/s}^2$$

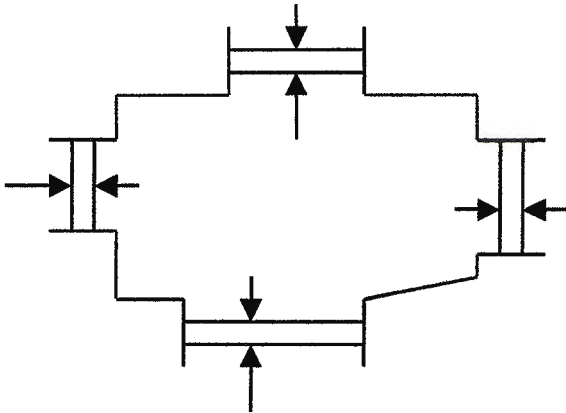
$$P_s = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1\text{m} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_s = 9.8 \text{ Kpa}$$

Podes observar que la forma del recipiente no tiene influencia sustancial en el resultado de la presión hidrostática, puesto que esta será la misma al analizar las columnas de líquidos equivalentes.

Para las formas anteriores se supone que la altura del nivel es el mismo, por lo que la presión en el fondo es a la que llamamos P_s .

4.3 Propagación de la presión

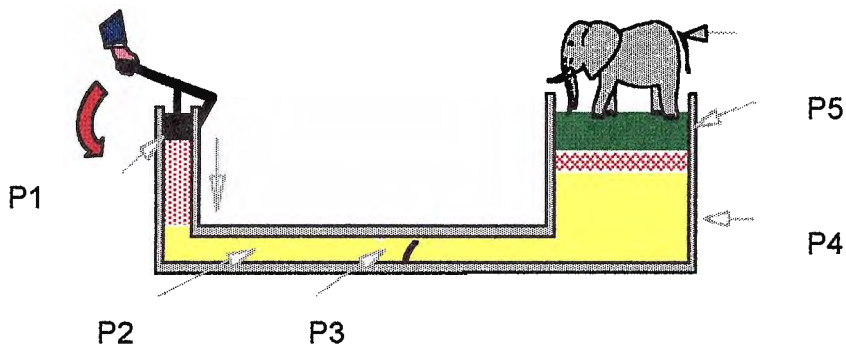


PRINCIPIO DE PASCAL

La presión en un sistema confinado (encerrado) es la misma en todos los puntos.

La fuerza aplicada en cada uno de los pistones se distribuirá al fluido en forma de presión; solamente si dicha presión es igual en los cuatro se mantendrán sin movimiento.

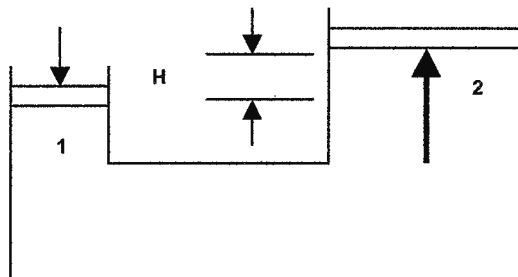
$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$$



4.4 Multiplicación de la fuerza.

El efecto de multiplicación de presión puede ser observado en el siguiente ejemplo, suponga que al pistón 1 se le aplica una fuerza F_1 , esta fuerza es transferida por medio de presión al

fluido hidráulico, el que a su vez transfiere por medio de la presión al pistón 2 una fuerza F_2 . Considerando que el pistón 2 se mantiene en la posición H.



$$P_1 = F_1 / A_1$$

$$P_2 = F_2 / A_2$$

$$P_s = \rho * h * g$$

$$P_2 = (P_1 + P_s)$$

Sustituyen do en P_2

$$F_2 / A_2 = F_1 / A_1 + (\rho * h * g)$$

$$F_2 = [(F_1 / A_1) + (\rho * h * g)] * A_2$$

Observe que al analizar, si A_2 es más grande que A_1 , entonces F_2 será mayor que F_1

4.5 Multiplicación de la distancia

Al aplicar el principio anterior se desea elevar una carga por una trayectoria S_2 es necesario que el pistón 1 se desplace una distancia S_1 , para que el pistón 2 pueda moverse hacia arriba.

El volumen desplazado necesario en este caso se calcula de la siguiente forma

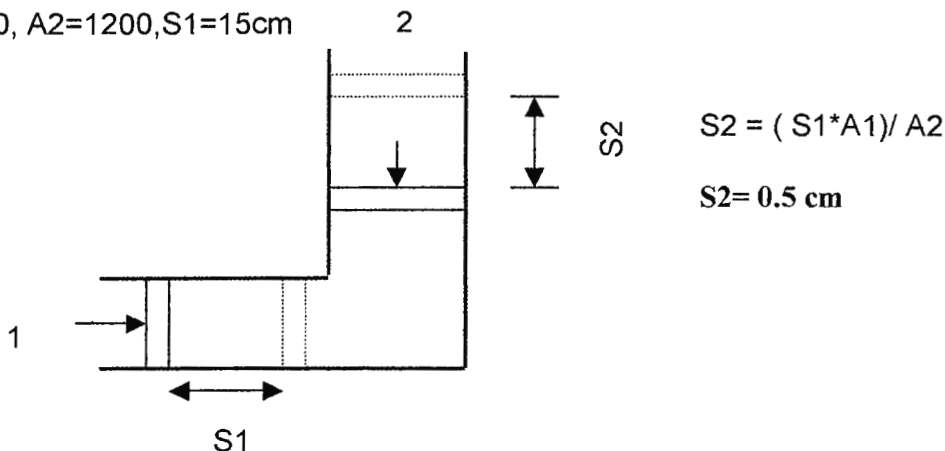
$$V_1 = S_1 * A_1 \quad \text{y} \quad V_2 = S_2 * A_2$$

Tratándose del mismo volumen desplazado ($V_1 = V_2$) se obtiene la siguiente ecuación:

$$S_1 A_1 = S_2 A_2$$

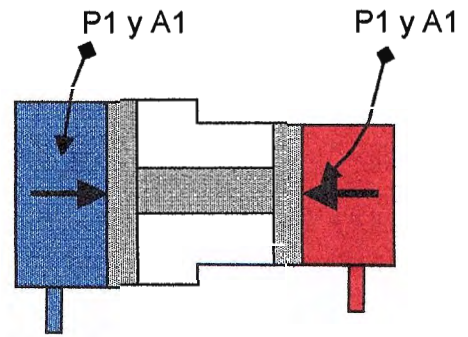
En conclusión observamos que el recorrido S_1 tiene que ser mayor el recorrido S_2 puesto que la superficie A_1 es menor que la superficie A_2

$$A_1=40, A_2=1200, S_1=15\text{cm}$$



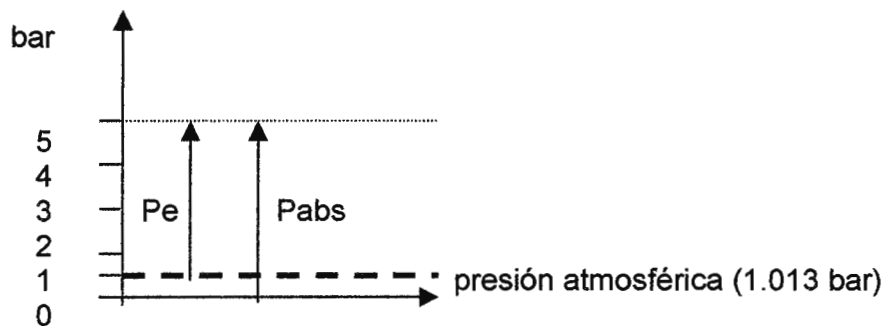
4.6 Multiplicación de la presión.

La presión P_1 del fluido ejerce una fuerza F_1 en la superficie: dicha fuerza es transmitida mediante el vástago al émbolo pequeño. En consecuencia, la fuerza F_1 actúa sobre la superficie de A_2 y genera una presión P_2 en el fluido. Dado que la superficie del émbolo A_2 es menor que la del émbolo A_1 , la presión P_2 es mayor que P_1 , también en este caso se aplica la siguiente ecuación: $P = F / A$



4.7 Escala de medición de presiones.

Presión absoluta



P_e : presión manométrica

P_{abs} : presión absoluta

4.8 Caudal volumétrico:

Es el volumen de un líquido que fluye a través de un tubo por un tiempo conocido.

$$Q = V / t \quad ; \quad Q = A \times v$$

Para un cilindro

$$V = A \times S \quad \quad Q = (A \times S) / t$$

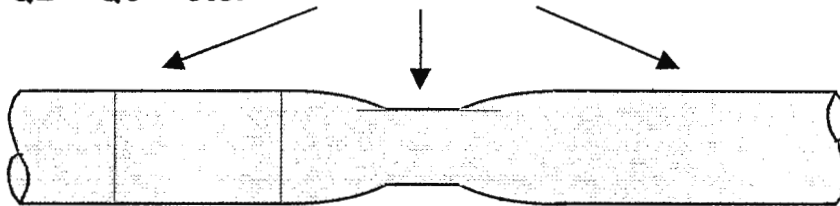
Donde:

V: volumen
t: tiempo
Q: caudal
A: área
v: velocidad
S: carrera

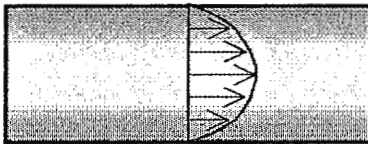
4.9 Continuidad

El caudal volumétrico de un líquido que fluye por un tubo de varios diámetros es igual en cualquier parte del tubo. Esto significa que el fluido a traviesa los segmentos más pequeños con mayor velocidad, cumpliendo entonces la siguiente relación

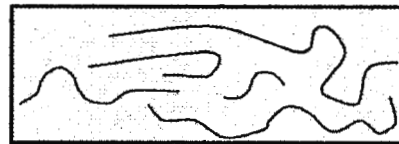
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \text{etc.}$$



4.10 Tipos de caudal



Flujo laminar



Flujo turbulento

Para calcular el tipo de caudal es preciso establecer el coeficiente de Reynolds.

$$Re = (v \times d) / \nu \quad \nu : \text{viscosidad cinemática.}$$

- **Laminar** $Re < 2300$
- **Turbulento** $Re > 2300$

4.10 Velocidad Crítica.

No se debe sobrepasar un **Re** crítico para evitar pérdidas por fricción por el movimiento del fluido, la velocidad máxima con la que el fluido puede circular se determina a partir de la siguiente relación:

$$V \text{ crítica} = (2300 \times \nu)/d$$

Se recomienda emplear los siguientes valores de $V_{\text{crítica}}$.

- Tuberías de impulsión

Para las siguientes de presiones de trabajo en bar

50	:4 m /s
100	:4.5 m /s
150	:5 m / s
200	:5.5 m /s
300	:6 m /s

- Tuberías de aspiración : 1.5 m / s
- Tuberías de retorno : 2 m /s.

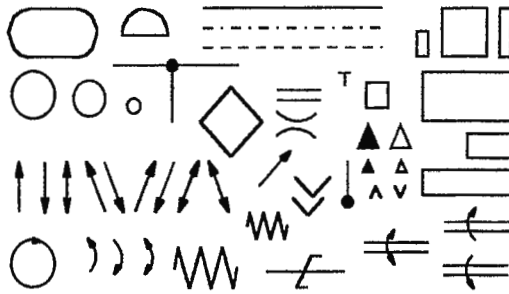
5. Simbología y normalización.

5.1 Generalidades:

Los símbolos son empleados para cada uno de los elementos constructivos. Este caracteriza a un elemento con su respectiva función, aunque no proporciona la información de su estructura.

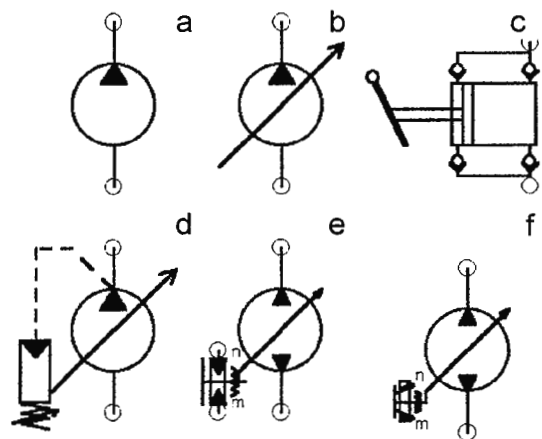
Los símbolos se encuentran definidos en la norma DIN ISO 1219.

Estas formas y líneas en las proporciones relativas mostradas, constituyen un juego de símbolos básicos con los que se construyen símbolos de fluidos de potencia y sus circuitos

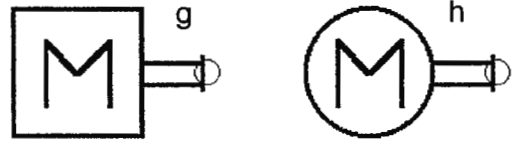


5.2 Bombas y motores

Son representados por un círculo con indicación parcial del árbol de mando. Los triángulos incluidos en los círculos indican la dirección del flujo. Los triángulos son negros cuando se trata de fluido hidráulico y sin relleno cuando el fluido es un gas. La diferencia entre la representación de bombas y motores es la dirección invertida de las flechas.



- a) Bomba
- b) Bomba de caudal variable
- c) Bomba manual
- d) Bomba de caudal variable con compensación
- e) Bomba de caudal variable ajustada por piloto hidráulico
- f) Bomba de caudal variable ajustada por piloto de servo válvula
- g) Motor térmico
- h) Motor eléctrico.



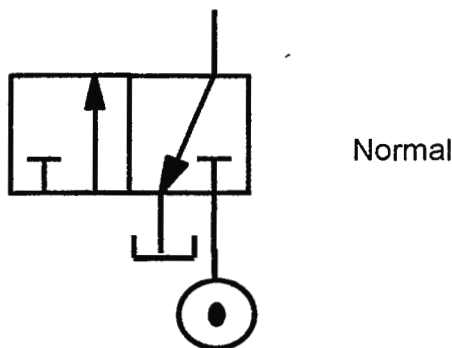
5.3 Válvulas de vías.

Se representan por varios cuadros concatenados.

- La cantidad de cuadros indica el número de posiciones.
- Las flechas incluidas indican la dirección del flujo.
- Las líneas indican como cada una de las conexiones se encuentran conectadas.

Existen dos posibilidades para denominar las conexiones ya se como P, T, A, B. Las denominación se refiere a la posición normal de la normal.

Posición normal es aquella que asume una válvula cuando se retira su fuerza de accionamiento.



5.4 Accionamientos.

Son los encargados de cambiar por diversas formas las posiciones de las válvulas. Los tipos de accionamientos pueden clasificarse según los siguientes criterios:

- Por fuerza muscular :por muelles, pedal, palanca, anclajes, pulsador.
- Por accionamiento mecánico: taque o tecla, muelle, rodillo.
- General : se emplea un * para denominar a los símbolos que no se encuentran normalizados.

Accionamiento
de forma manual



Accionamiento de
posición normal, por
medio de resorte.

5.5 Reguladoras de presión

Se clasifican atendiendo a la dirección del flujo que regulan en:

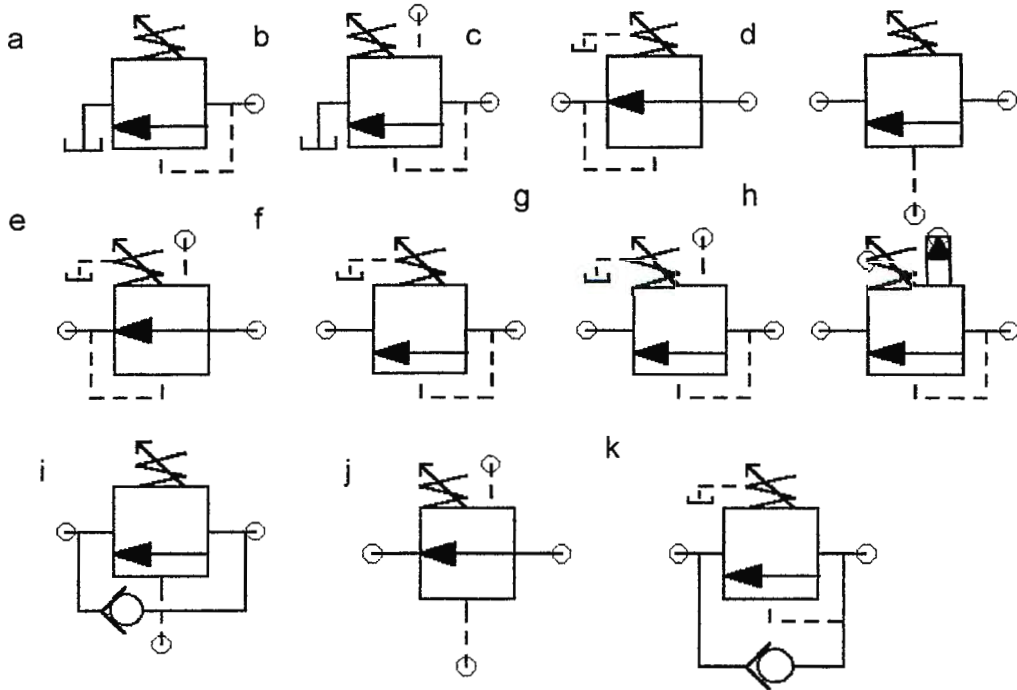
- Abiertas: paso directo del fluido de A hasta B.
- Abiertas: paso directo de P hacia A , donde T está bloqueada.
- Cerradas.

Estas válvulas pueden tener un ajuste fijo o regulable, por lo que pueden se con muelle o sin este.

Atendiendo su función estas válvulas se clasifican como:

- Limitadoras de presión: cerradas, presión consultada a la entrada.
- Reguladoras : abiertas , la presión de consulta está a la salida.

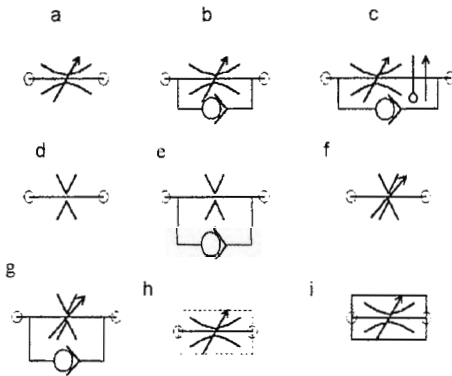
A continuación se presentan algunas símbolos de las válvulas de regulación de presión de mayor utilización en los sistemas hidráulicos.



- a) Limitadora de presión
- b) Limitadora de presión con piloto externo
- c) Reductora de presión
- d) Válvula de descarga
- e) Reductora de presión con piloto externo
- f) Válvula de secuencia
- g) Válvula de secuencia con piloto externo
- h) Limitadora de presión preaccionada
- i) Válvula de descarga con antiretorno
- j) Válvula de descarga con piloto externo
- k) Válvula de secuencia con antiretorno

5.6 Reguladoras de caudal.

Se clasifican en estranguladoras en función de la viscosidad y viscoestables (diafragma).

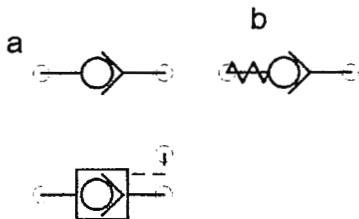


- a) Reguladora de caudal bidireccional
- b) Reguladora de caudal unidireccional
- c) Reguladora de caudal compensada
- d) Válvula de estrangulación de diafragma
- e) Válvula de estrangulación de diafragma unidireccional
- f) Válvula de estrangulación de diafragma ajustable
- g) Válvula de estrangulación de diafragma ajustable unidireccional
- h) Reguladora de caudal en alimentación
- i) Controles de caudal

5.7 Válvulas de cierre.

Estas se encuentran representadas por el símbolo de una esfera que se encuentra presionada a un asiento de cierre.

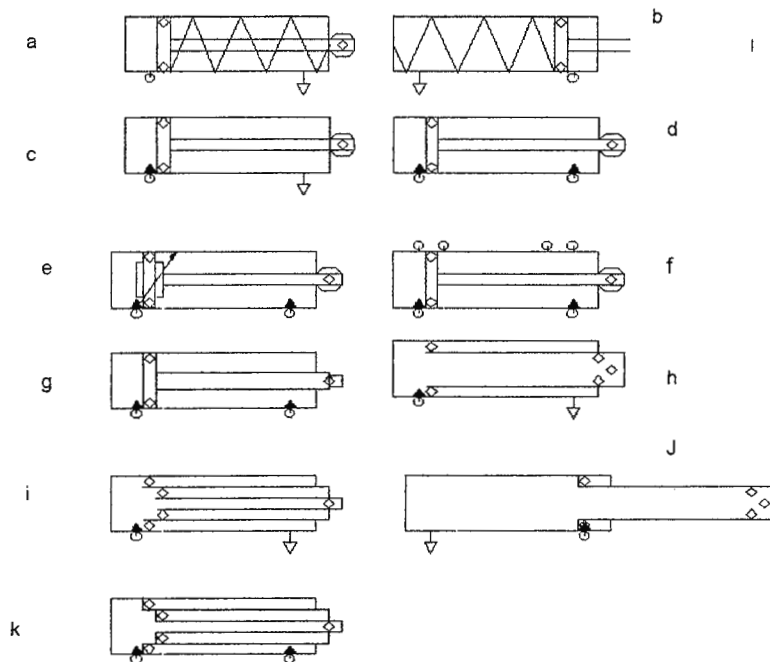
Pueden ser:



- a) Sin precarga
- b) . Con resorte de precarga.
- c) Desbloqueable.

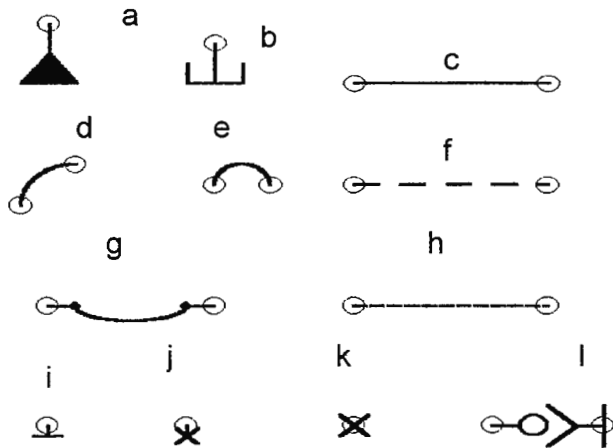
5.8 Cilindros.

- i) Simple efecto.
 - a.) Retorno por resorte.
 - b.) Extensión por resorte
 - c.) Retorno por fuerza externa
- ii) Telescopico
 - i.) Telescopico
- ii) Doble efecto
 - d.) Con vástago simple(general)
 - e.) Con amortiguación ajustable
 - f.) A vías múltiples
 - g.) Diferencial
 - h.) Compresión
 - j.) A tracción
 - k.) Telescopico doble efecto



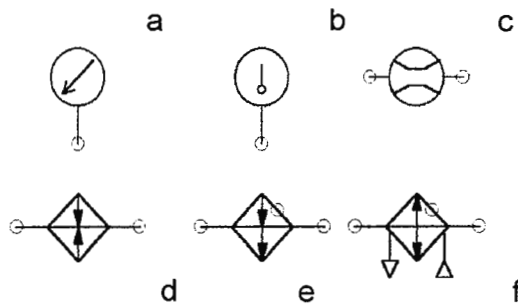
5.9 Transmisión y preparación de energía.

- a) Fuente de presión hidráulica.
- b) Depósitos
- c) Línea de presión
- d) Cruce de línea diagonal
- e) Cruce de línea perpendicular
- f) Línea piloto
- g) Línea flexible
- h) Línea de drenaje
- i) Tapón
- j) Tapón
- k) Tapón
- l) Enchufe antirretorno



5.10 Equipos de medición.

- a) manómetros.
- b) Termómetro.
- c) Medidor de caudal.
- d) Enfriador
- e) Enfriador – calentador
- f) Enfriador por aire



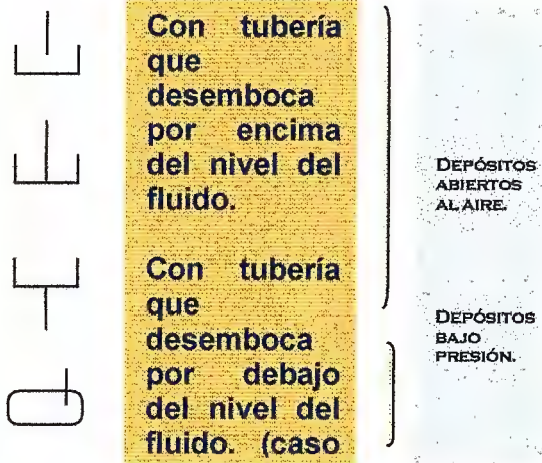
6. Depósitos

Generalidades.

Los depósitos de fluidos hidráulicos son fabricados con láminas de aceros, fundiciones especiales y aluminio. La clasificación de estos se encuentra en dos grandes grupos:

- los abiertos al aire libre
- los cerrados bajo presión.

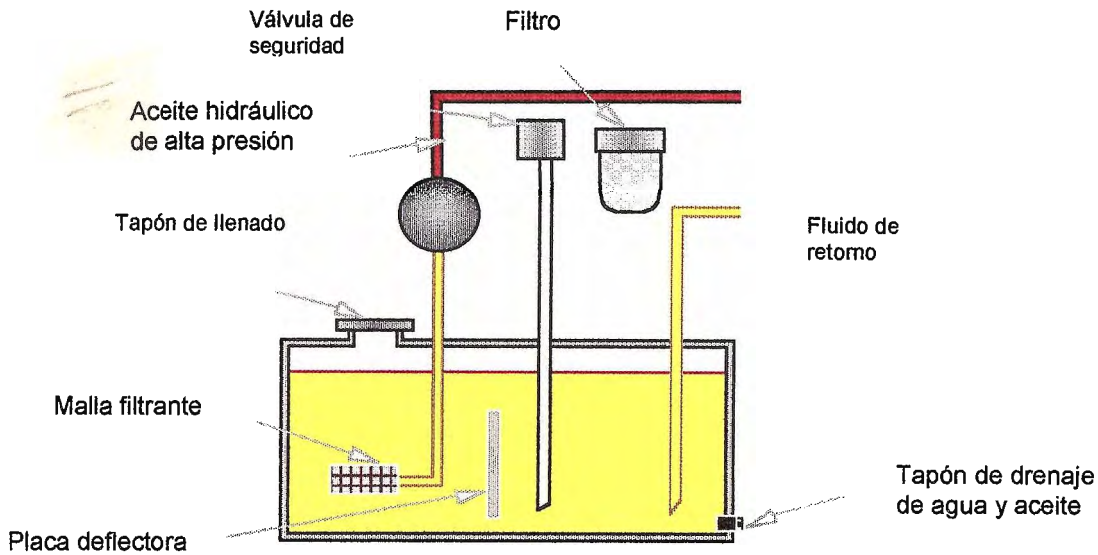
Simbología:



PROPÓSITO DE LOS DEPÓSITOS.

- *Almacenar el fluido de transmisión de potencia.*
- *Compensar las fugas.*
- *Permitir que el fluido se desecante y se desemulsione.*
- *Actuar como un regulador térmico.*
- *Completar la función de filtrado.*
- *Proteger al fluido contra la suciedad y cuerpos extraños.*

2. Elementos básicos



3. Capacidad de los depósitos

La determinación de la capacidad de los depósitos debe de hacerse en cada caso particular, amoldándose a la instalación.

Como regla general, es conveniente basarse en los datos siguientes:

1. Instalaciones hidráulicas

Servicio Pesado		Servicio Normal	
Instalaciones			
Fija	Móvil	Fija	Móvil
Capacidad 2 veces mayor que el caudal de la bomba en l/min	Capacidad 10 veces mayor que la de los cilindros	Capacidad igual al caudal de la bomba en l/min	Capacidad 5 veces mayor que la de los cilindros.

2. Transmisiones hidrostáticas

- Circuito abierto . Capacidad de tres a cuatro veces mayor que el valor del caudal máximo de la bomba principal.
- Circuito cerrado: capacidad igual al máximo de la bomba de alimentación
- Circuito semicerrado :capacidad de tres a cuatro veces mayor que el valor del caudal máximo de la bomba hidráulica principal.

3. Sistemas de regulación térmica

Algunos depósitos disponen de un sistema auxiliares como intercambiadores de calor y refrigeradores.

Los intercambiadores, cuando la bomba está accionada por un motor de combustión interna, tiene la particularidad de proporcionar al fluido hidráulica:

- ✓ Un calentamiento rápido, por la acción del agua de refrigeración del motor;
- ✓ Una estabilización a la temperatura que tenga el agua de refrigeración del motor.

7. Válvulas de presión

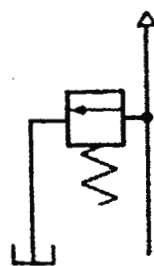
Se entiende por válvulas de presión todos los componentes que reaccionan bajo la influencia de la presión o bajo el efecto de la variación de ésta.

Hay que considerar cuatro grandes familias de válvulas de presión:

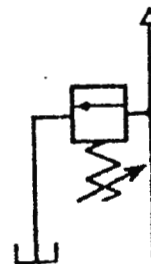
- válvula de limitación de presión;
- válvulas de secuencia;
- válvulas de regulación de presión;
- válvulas de presión diversas de vaciado, de equilibrado

VÁLVULAS DE LIMITACION DE PRESIÓN

Son válvulas de seguridad que evitan la rotura de órganos mecánicos e hidráulicos. Estas válvulas se llaman "normalmente cerradas". Son o bien de acción directa, o bien pilotadas y están siempre montadas en derivación. Su tubo de drenaje puede ser interno o externo. Por lo general son regulables. La figura muestra los símbolos con los que se representan estos tipos de válvulas y su sistema de montaje.



No regulable



Regulable

Válvulas de acción directa

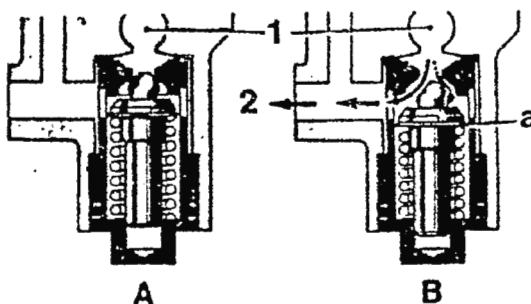
Estas válvulas son de muchos tipos. Las más sofisticadas, montadas en los circuitos de potencia, permiten un caudal máximo de salida de 150 litros / minuto, bajo una presión de apertura de 200 bar. Sin embargo, es aconsejable Utilizarlas

para aplicaciones de potencia más modestas para reducir el calentamiento del fluido. Estas válvulas aseguran igualmente y con muy buen rendimiento, la protección de los receptores. Un ejemplo práctico de la aplicación de este tipo de válvulas lo encontramos en el sistema cinemático de mando de una cuchara de pala cargadora.

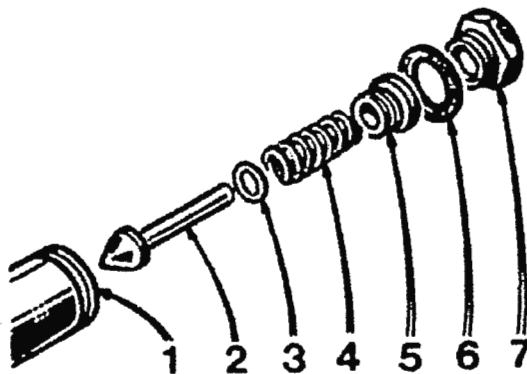
Diferentes tipos de válvulas de limitación de presión de acción directa

Las más sencillas de estas válvulas están constituidas por:

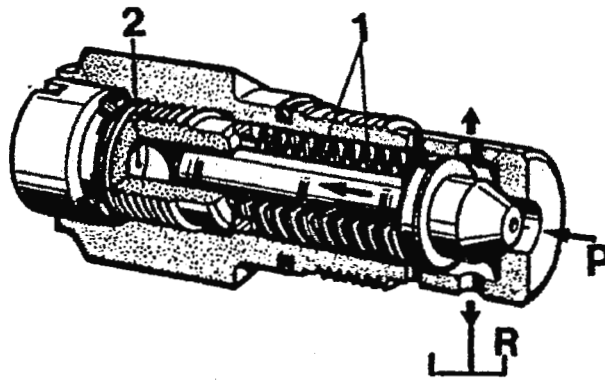
- Una bola, un asiento y un resorte calibrado



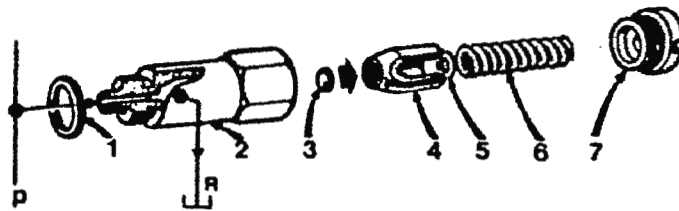
- Una bola, un asiento, un resorte y un dispositivo de regulación del resorte
- Una aguja o cono, un asiento y un resorte calibrado



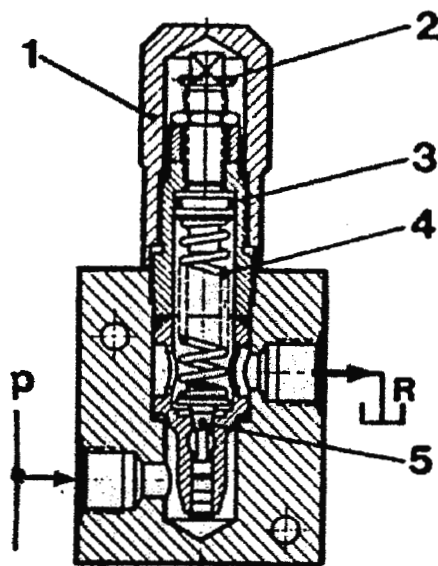
- Una aguja o cono, un asiento y un dispositivo de regulación del resorte



- Una arandela de estanqueidad en elastómero o en plástico

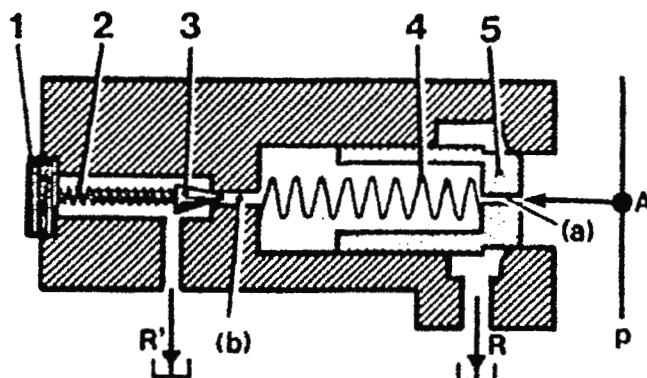


- Un cojín de aceite o tubo amortiguador (para minimizar el movimiento vibratorio perjudicial de las bolas, las agujas o conos y de los émbolos, producto de las altas presiones a que son sometidos)



Válvulas de limitación de presión pilotadas

Una válvula de limitación de presión pilotada puede estar constituida según se indica en la figura.



PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA VALVULA DE LIMITACION DE PRESION PILOTADA

La cara derecha del pistón principal (5) está dirigida hacia el fluido del circuito de presión; un orificio (a) en el pistón (5) pone en comunicación la "presión del circuito" con la cámara posterior de éste. Detrás del pistón (5) está situado un resorte (4). En (R) figura el orificio de descarga: retorno al depósito (cuando funciona la válvula). La cámara posterior del pistón (5) está unida "al piloto" (3) por un orificio calibrado (b).

El piloto no es más (que una válvula de limitación de presión de "acción directa". El aceite que atraviesa el orificio (a) se encuentra tapado por el cono piloto (3) comprimido contra su asiento por el resorte (2). En este croquis figuran igualmente un dispositivo de regulación (1) del resorte (2) y un retorno al depósito (R').

Este retorno, de caudal extremadamente débil, es utilizado por el fluido, antes del desplazamiento del pistón principal (5) y durante su apertura (acción de descarga). La compresión del resorte (2) es quien determina el calibrado de la válvula y por tanto el desplazamiento del pistón (5) hacia la izquierda, mientras que el resorte (4) hace el papel de soporte y de acelerador de cierre. Las características de compresión de este último resorte son muy reducidas.

Debe tenerse en cuenta que, si el calibrado del resorte (2) determina la presión de apertura, no gobierna el funcionamiento global de la válvula, lo cual se explica de la forma siguiente: El fluido del circuito puede penetrar en la cámara posterior del pistón principal (5) por el orificio calibrado (a) y llegar frente al cono piloto (3) a través del orificio calibrado (b). En el momento exacto en el que la presión en el circuito va a alcanzar (pero aún no ha alcanzado) el valor de calibrado del resorte (2), la presión en el conjunto de la válvula "pilotada", es decir, detrás de (A), es estática.

En cuanto la presión ejerce sobre el cono piloto (3) un empuje preponderante sobre el empuje antagónico ocasionado por el resorte (2), el cono piloto (3) se desplaza hacia la izquierda y descubre el retorno (R'), por lo que el fluido circula hacia el depósito por este orificio. La sección del orificio (b) es muy superior a la del orificio (a); se comprende por lo tanto que la pérdida en fluido por (b) no puede ser compensada por el caudal que proviene de (a). Por lo tanto, de ello se deriva una pérdida de carga detrás del pistón principal (5) que se desplaza francamente hacia la izquierda, permitiendo un gran caudal de retorno hacia (R). Cuando la presión disminuye, el cono del piloto vuelve a apoyarse sobre su asiento y el pistón principal cierra el retorno hacia (R).

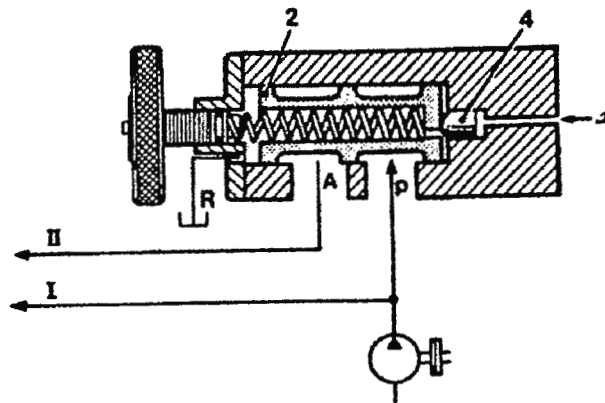
Ventajas e inconvenientes de las válvulas de limitación de presión pilotadas

Este tipo de válvulas tienen la ventaja de que prácticamente no vibran, además de que permiten una gama de regulación más amplia; sin embargo, tomando en cuenta que a partir del momento en que actúa la válvula, todo el fluido transportado por la bomba regresa al depósito, por las dimensiones de ésta, se da cierto calentamiento; así también, si no se tiene el cuidado suficiente para mantener limpio el aceite que es transportado, éste puede obstruir la sección del orificio del pistón principal.

A partir del momento en que la presión al nivel de la primera secuencia (I) alcanza el valor necesario para contrarrestar el efecto antagónico del resorte (3), el pistón (4) desplaza hacia la izquierda el estuche (2), permitiendo que el fluido que viene de la bomba llegue al receptor de la segunda secuencia (II). El estuche (2) está provisto por un agujero (f), para permitir que las fugas retornen al depósito (R)

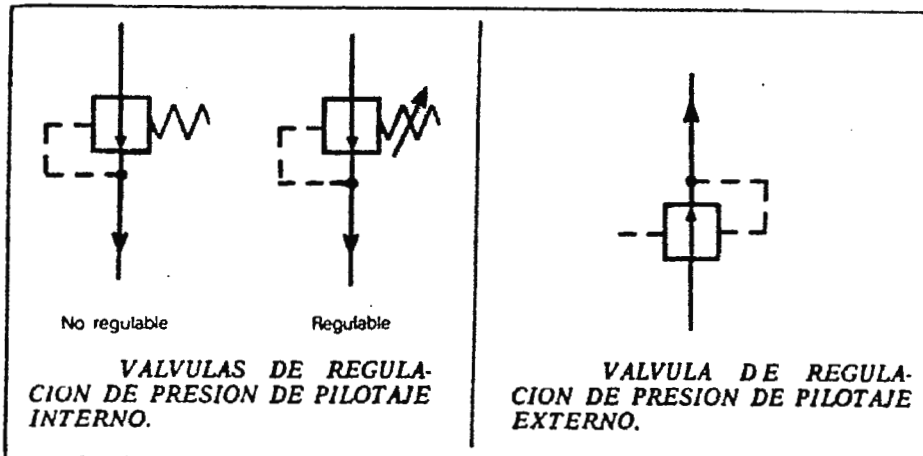
Funcionamiento de una válvula de secuencia de pilotaje externo

Básicamente funciona como las válvulas de secuencia de pilotaje interno, modificando únicamente el emplazamiento del canal de pilotaje para que la válvula pueda ser comandada a distancia. De la siguiente figura se observa que el fluido de pilotaje ya no viene de la bomba principal, sino de una bomba independiente en la cara posterior del pistón (4), que actúa sobre el estuche (2). En este caso, la segunda secuencia (II) es independiente de la presión que reina en el circuito primario.



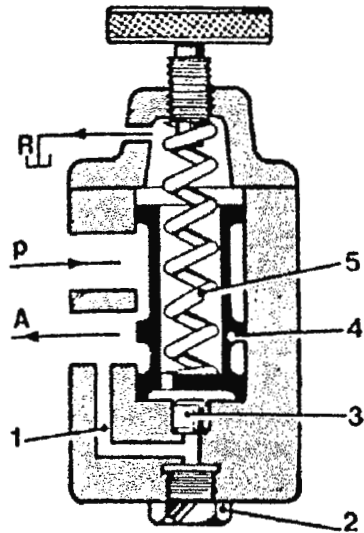
VÁLVULAS DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN

Son válvulas que aseguran una reducción de la presión en un circuito secundario, en relación con un circuito primario, cuya presión es siempre más elevada. Estas válvulas se llaman "normalmente abiertas", en consecuencia, cuando la presión de entrada es inferior al calibrado de la válvula, el paso entre la entrada y la salida está abierto del todo. Este tipo de válvulas se utilizan cuando, partiendo de una instalación que lleva una sola bomba de potencia, se desea alimentar varios circuitos auxiliares con presiones individuales inferiores (pero regulables) a la del circuito principal. Son de acción directa o pilotadas y van siempre montadas en línea. Las figuras mostradas en el siguiente recuadro muestra los símbolos con que se representan.



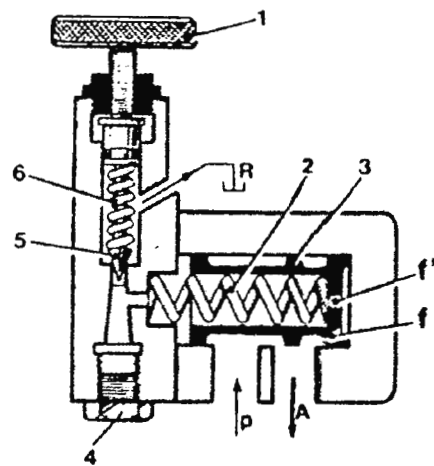
Válvula de regulación de presión de acción directa

A continuación se observa que la presión en (A) depende del calibrado del resorte (5). Cuando esta presión, en comunicación con el caudal interno (1), contrarresta la acción del resorte por medio del pistón (3), el estuche (4) se eleva y anula la comunicación entre (p) y (A).



Válvula de regulación de presión con vástago auxiliar

En la figura se observa que el resorte (2) de característica muy débil, empuja al estuche (3) hasta la posición de apertura máxima (p) hacia (A). Este resorte está construido de tal forma, que la fuerza de empuje que realiza sobre el estuche (3) esté en condiciones de ser compensada por una presión de 0.8 a 1.2 bar, que actúe en la parte derecha de (3). La apertura del vástago (5) viene dado por la fuerza antagónica realizada por el resorte (6), cuya fuerza de compresión se regula con (1)



VÁLVULAS DE VACIADO Y DE EQUILIBRADO

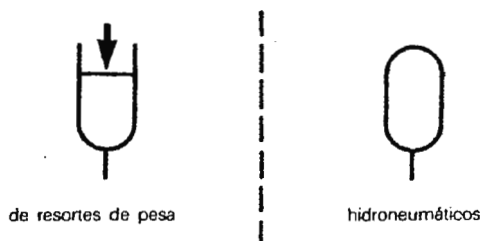
Estas válvulas se asemejan a las válvulas de limitación de presión y a las de secuencia; por lo que solo se hará mención de ellas en el transcurso del documento.

8. Acumuladores

Los acumuladores son dispositivos hidráulicos que pueden realizar la misma función que una bomba; es decir, actúan como “generadores de energía”, los cuales van asociados a una bomba volumétrica. En efecto, estos componentes permiten también:

- Reducir la potencia instalada;
- Eliminar o reducir considerablemente los efectos de los golpes de ariete.
- Amortiguar los choques;
- Absorber las pulsaciones
- Compensar la fuga de un circuito
- Actuar como fuente auxiliar de emergencia
- Asegurar e engrase a presión
- Compensar los efectos de las dilataciones, térmicas.

La primer figura de este capítulo muestra representación simbólica de los acumuladores. El acumulador como aparato de seguridad, tiene un lugar en todas las instalaciones hidráulicas modernas. Teniendo en cuenta la escasa compresibilidad de los líquidos, la concepción de los acumuladores se basa frecuentemente y casi siempre en la elasticidad artificial, provocada por resortes o por gas.



DIFERENTES TIPOS DE ACUMULADORES

Existen diferentes tipos de acumuladores, sin embargo es importante fijar una diferencia fundamental en su principio de recuperación. Algunos acumuladores se denominan de “presión constante”, mientras que otros son de “presión variable”.

ACUMULADORES DE PRESIÓN CONSTANTE

ACUMULADOR DE PESA

Este tipo de acumulador es el más antiguo. Está constituido por un cilindro, cuyo vástago o pistón buzo lleva varios contrapesos. Se comprende que la acción de este acumulador va unida a la superficie receptora del pistón, a la posibilidad de carrera del vástago y al valor del o de los contrapesos. Su reacción se forma por el efecto de la gravedad. Este acumulador es voluminoso y corre el riesgo de crear sobrepresiones peligrosas cuando la velocidad alternativa es elevada. Es interesante en los casos de velocidades muy pequeñas de desplazamiento (chimenea de equilibrio de los embalses), entonces sus elementos están contruidos de hormigón.

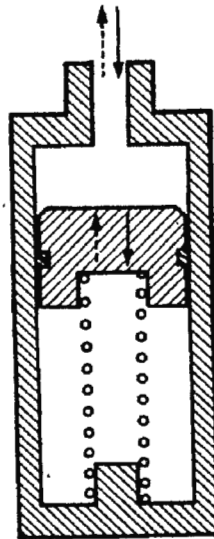
ACUMULADORES DE PRESIÓN VARIABLE

En la categoría de los acumuladores de presión variable se encuentran: los acumuladores de resortes, así como la multitud de aparatos de gas disponible en el mercado: de pistón flotante, de membrana y de cámara. El gas utilizado para cargar los acumuladores es el nitrógeno, ya que su constitución química: elimina todo riesgo de combustión y de explosión, y no tiene ningún efecto sobre el neopreno, que forma generalmente las membranas, las cámaras elásticas y las

juntas de estanqueidad. El gas inerte que es el nitrógeno ha reemplazado al aire, empleado por mucho tiempo, pero que fue abandonado después de graves accidentes provocados por las explosiones inestables, susceptibles de descomponerse bajo el efecto de los choques o de las elevaciones localizadas de temperatura.

ACUMULADOR DE RESORTE

Este acumulador esta constituido por un cilindro en el que puede moverse un pistón, sometido a la acción de uno o varios resortes antagonicos:



Las características de un acumulador de este tipo pueden modificarse, jugando con el número de resortes, su longitud, la sección del alambre que los constituye, el diámetro del pistón receptor, etc. Algunos acumuladores de este tipo pueden ser regulados (entre ciertos márgenes) mediante tuercas que actúan sobre el tensado de o los resortes. Estos acumuladores pueden utilizarse en los casos muy concretos, en los que el volumen del desplazamiento del fluido es muy pequeño y las presiones relativamente bajas. Se les encuentra frecuentemente haciendo el oficio de temporizadores en las cajas de velocidades automáticas o

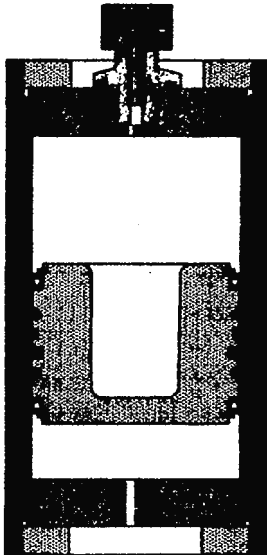
semiautomáticas, inversiones del sentido de marcha, etc. En las aplicaciones con caudal y presión elevados, estos acumuladores presentan el inconveniente mayor de ser muy voluminosos. Además la inercia debida a la masa del pistón hace que su empleo no se resulte conveniente en los sistemas donde la respuesta debe ser rápida.

ACUMULADORES DE GAS

Estos acumuladores se denominan hidroneumáticos, y entre los más corrientes encontramos:

- Los acumuladores de pistón flotante
- Los acumuladores de membrana
- Los acumuladores de cámara elástica o de bolsa.

ACUMULADOR DE PISTÓN FLOTANTE O LIBRE

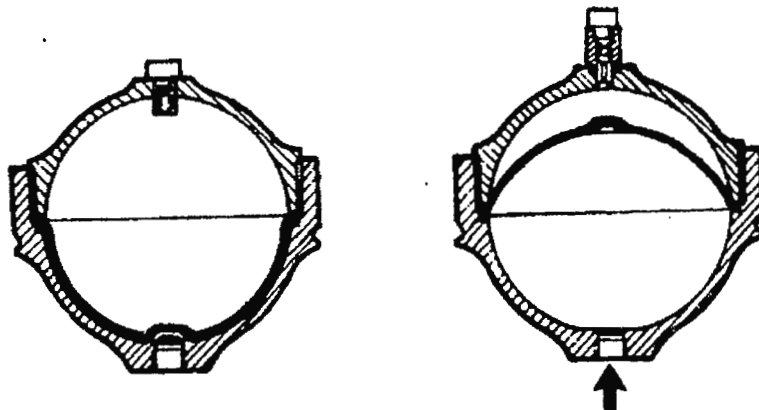


Este acumulador se presenta bajo la forma de un cilindro desprovisto de vástago. En otras palabras, el pistón es flotante o libre, en el interior de un cuerpo de cilindro torneado en acero, de donde proviene su nombre. El pistón separa aquí al gas del líquido. Este acumulador parece presentar una cierta lentitud de reacción, por causa de la inercia debida a la masa del pistón y al rozamiento de las juntas. Pueden utilizarse hasta presiones cercanas a 200 bar. En todo caso no es necesario exagerar en cuanto a la inercia del pistón y al rozamiento provocado por las juntas.

La energía cinética del aceite es más de 100 veces superior a la del pistón., los cuales son frecuentemente de aleación ligera y por tanto de un peso mínimo, a fin de que la que inercia de las masas sea lo más pequeña posible.

Aunque estos aparatos pueden trabajar en todas las posiciones, es preferible hacerlo funcionar verticalmente, con la salida dirigida hacia abajo, a fin de evitar los depósitos de partículas sobre el pistón que son una fuente de destrucción de las juntas. Mal adaptado a las adsorciones de vibraciones, su utilización es, por el contrario excelente para las altas presiones y temperaturas elevadas. La capacidad de estos acumuladores es pequeña.

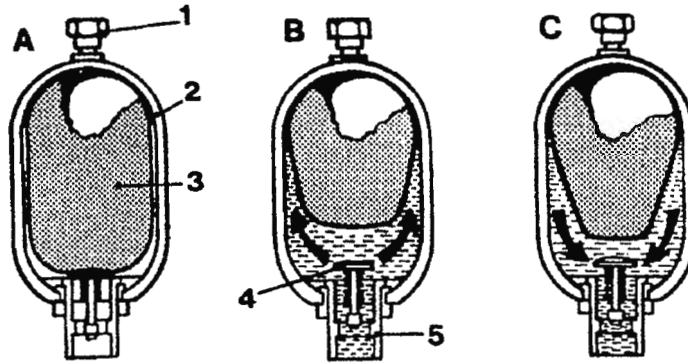
ACUMULADOR DE MEMBRANA



Este acumulador está constituido generalmente por dos casquillos semiesféricos, atornillados, uno frente del otro. Entre estos dos casquillos se coloca la membrana o elemento separador entre el aceite y el gas. Un tope colocado en la base de la membrana en elastómero evita la extrusión de ésta en el orificio de alimentación durante la descarga rápida del aparato. La esfera constituida por estas dos partes presenta la ventaja de resistir mejor a la presión que un cilindro o que cualquier otra forma: de volumen con peso igual. Este acumulador tiene una respuesta muy rápida y su rendimiento es satisfactorio; en efecto, el elemento separador solo presenta muy poca inercia; este acumulador puede trabajar en todas las posiciones con idéntico rendimiento.

ACUMULADOR DE BOLSA O DE CÁMARA ELÁSTICA

Un acumulador de cámara está constituido por:



- un cuerpo cilíndrico
- Monobloc de acero forjado para los aparatos de alta presión (hasta 550 bar).
- En acero soldado para los acumuladores de baja presión (presión igual o inferior a una veintena de bar)

Como el interior del cuerpo está chorreado con granalla y por lo tanto presenta rugosidades, para evitar la adherencia de la cámara sobre la superficie interna del cuerpo también posee:

- Una cámara elástica de concepción original ligeramente tronco- cónica que lleva una válvula de hinchado incorporada.
- Una boca dotada entre otros de una válvula anti- extrusión de la cámara para los modelos de alta presión, o bien de un filtro de aspiración para los aparatos de baja presión.

Consideraciones sobre los acumuladores hidroneumáticos:

La concepción de estos acumuladores se basa en la aplicación de la Ley de Mariotte: "a temperatura constante, el producto de la presión de una masa dada de gas por su volumen es constante"

$p \cdot V = Cte.$ (curva representativa: hipérbola equilátera).

En otras palabras:

A temperatura constante, la variación de presión de un gas es inversamente proporcional a la variación de su volumen. Teniendo en cuenta esta regla, se comprende que si la presión de un gas se multiplica por dos, su volumen se divide entonces por dos. Esta división del volumen permite al líquido ocupar el espacio que ha quedado disponible en la esfera o en el cuerpo cilíndrico del aparato. El razonamiento hecho hasta aquí se refiere a las transformaciones que se efectúan a temperatura constante, es decir en régimen isotérmico. En un acumulador hidroneumático, este régimen solo se obtiene en raras ocasiones.

Casos posibles:

- Compensación de fuga de un circuito.
- Compensación de efectos debidos a las dilataciones
- Engrase bajo presión.

En efecto, el régimen o el cambio de estado isotérmico son consecuencia de un vaciado o llenado extremadamente lentos, que permiten un intercambio de calor entre el gas y su ambiente. Por el contrario, cuando el llenado y el vaciado (por lo tanto el ciclo) se realizan muy rápidamente, la transformación se efectúa sin que el gas tenga tiempo para acceder o tomar calor del medio ambiente. De ello se deduce que las variaciones de presión se efectúan con una temperatura variable del gas. Las transformaciones obtenidas se denominan entonces adiabáticas y se expresan según la relación:

$$p * V^{1.4} = \text{Cte.}$$

- En la práctica la mayor parte de los cambios de estado se llaman politrópicos, es decir que se aproximan más a la curva adiabática que a la isoterma.

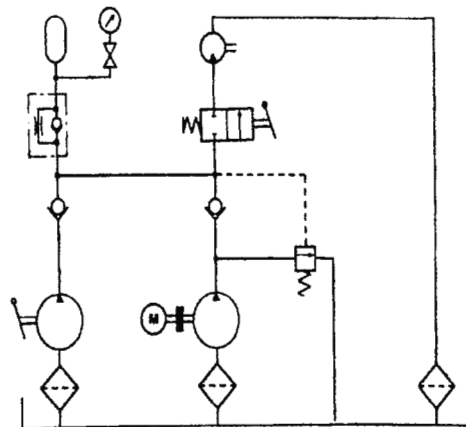
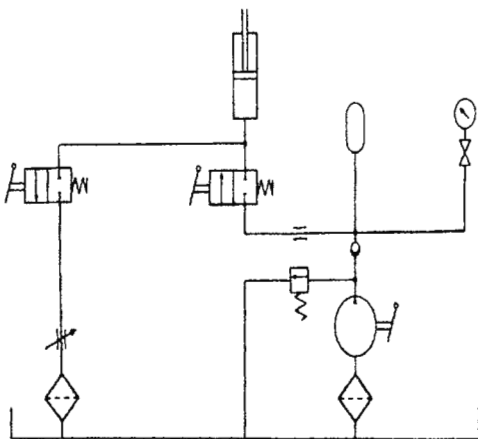
Ejemplos de aplicaciones de los acumuladores

Acumulación de energía como sistema de seguridad

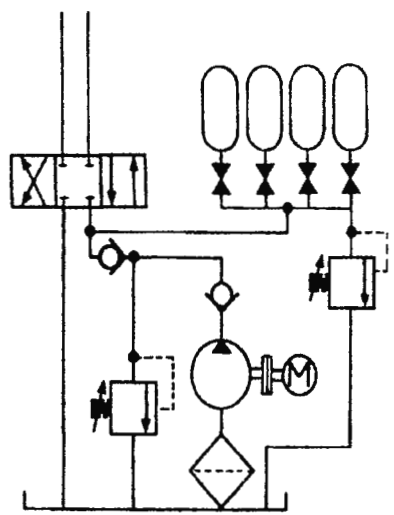
En algunas instalaciones, la parada ocasional del sistema térmico, o bien un corte de la corriente de alimentación al motor eléctrico pueden ser perjudiciales para la continuidad de la operación en curso, o bien peligrosas en el plano de seguridad.

No se trata de acumular aquí una cantidad de energía considerable, sino únicamente de permitir uno o dos ciclos de los órganos receptores (cilindro o motor)

Las dos figuras posteriores muestran instalaciones de acumulación de energía de frecuentes aplicaciones (acumulación por bomba manual de un acumulador destinado a la alimentación de un puente elevador, por ejemplo; y un sistema con doble seguridad: alimentación del acumulador, por bomba hidráulica, accionada por motor eléctrico y bomba hidráulica a mano, en caso de corte del fluido eléctrico, por ejemplo para el arranque de un motor térmico de gran cilindrada realizado al nivel del motor hidráulico)



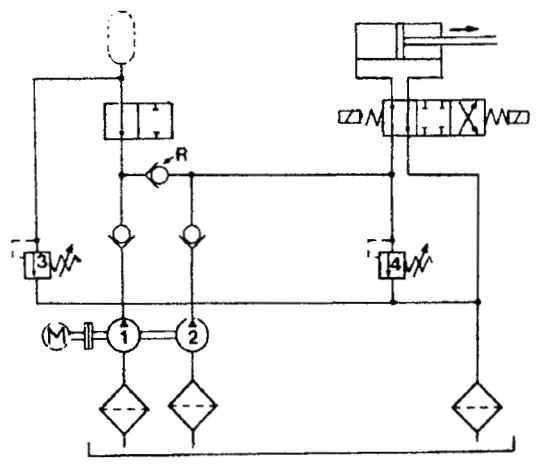
Reducción de la potencia instalada



Los acumuladores, o más exactamente una o varias baterías de acumuladores, se utilizan con frecuencia para la acumulación de energía, a fin de obtener potencias considerables de restitución durante pocos segundos. Obsérvese en la figura como con éste objeto, una bomba de poca capacidad que por lo tanto necesita una potencia de mantenimiento más pequeña, puede emplearse durante un tiempo determinado para cebar una batería de acumuladores.

Reducción del tiempo de trabajo.

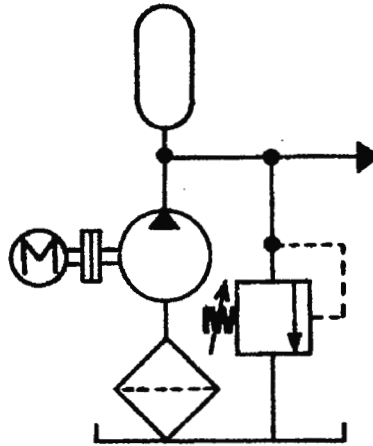
Cuando es poco el esfuerzo al nivel de un cilindro, por ejemplo de una carrera de aproximación, interesa aumentar la rapidez del ciclo y acelerar la carrera en vacío; la figura muestra que un acumulador puede intervenir en la realización de un ciclo de vaciado acelerado.



Absorción de las pulsaciones de la bomba hidráulica.

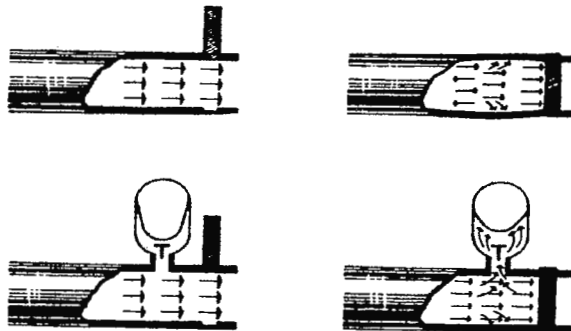
No es cuestión de exagerar el efecto de las pulsaciones en las instalaciones corrientes, sin embargo, existe la posibilidad de que algunos tipos de bombas emitan pulsaciones desagradables, en función de ciertas aplicaciones

atribuidas al receptor (motor o cilindro), para ello, un montaje como el representado en la figura absorbe las irregularidades de caudal de una bomba (movimiento pulsatorio).



Absorción de los golpes de ariete

Un acumulador no suprime los golpes de ariete, sino que sencillamente impide sus efectos nocivos, absorbiendo sus ondas de choque. Si no se eliminan estas ondas, producen una cascada de fenómenos, que con frecuencia son perfectamente audibles.



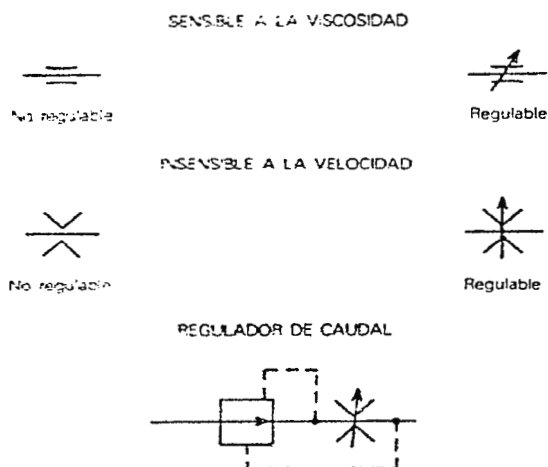
Cuando se detiene bruscamente la masa de un líquido en movimiento, la energía cinética del fluido se transforma en un primer tiempo en un aumento de la presión, luego aparece una onda de presión, seguida de una onda de presión y así sucesivamente. Estos diferentes tiempos se basan en fenómenos oscilatorios.

9. Válvulas limitadoras de caudal

Reguladores, estranguladores, retardadores, divisores de caudal: son expresiones técnicas aplicadas con frecuencia e indebidamente a los componentes que efectúan la limitación de caudal en una instalación. La verdadera regulación de caudal es la que se realiza en las mejores condiciones de rendimiento, la cual se obtiene mediante una bomba de caudal variable, a la que se añade un mando o una regulación adecuada. En las instalaciones de caudal constante, algunas ocasiones es necesario estrangular para limitar el caudal, o regularlo de forma que se permita la regulación de la velocidad de traslación o de rotación.

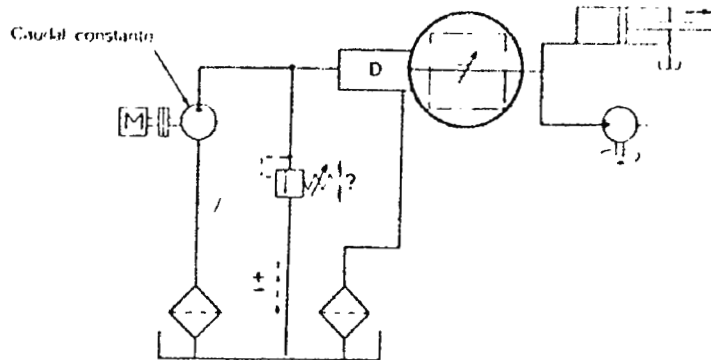
Cuando se diseña una máquina herramienta es indispensable, y como medida de prevención a la economía, instalar un método susceptible que sea adecuado a los cambios que tendrá la máquina, ya que no todo el tiempo trabajará a la misma velocidad, por esta razón es necesario incluir un limitador de caudal, el cual regirá las velocidades de trabajo que requiera la producción.

Los componentes que permiten limitar el caudal ocasionan un cierto laminado, en consecuencia se tendrán que incluir varios limitadores de caudal, por esa razón se deberá prever con refrigeradores. Los limitadores de caudal pueden ser de caudal fijo o de caudal regulable. A continuación se muestran los símbolos con los que se representan a los limitadores y a los reguladores de caudal.



Asociación de los limitadores de caudal y de presión

Si necesitamos disminuir la velocidad en algún equipo que tengamos, ya sea un cilindro o un motor, el retardo lo obtendremos por medio de la acción del limitador de caudal, producido por una válvula de limitación de presión. El exceso de caudal, deberá retorna al depósito, como se observa en las siguiente figura. Por lo cual no se puede hablar por separado del limitador de caudal y del limitador de presión (a excepción de lo que veremos mas adelante con respecto a los reguladores de tres vías)



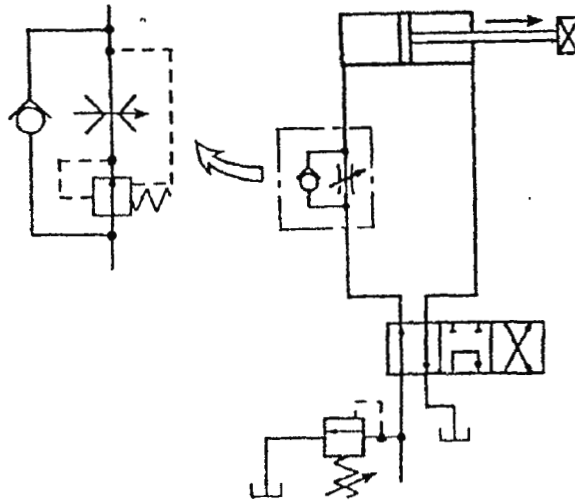
COLOCACIÓN DE UN LIMITADOR DE CAUDAL

La colocación de éstos se realizará en función del tipo de trabajo que el componente (receptor) ya sea cilindro o motor tenga que desarrollar. Se puede colocar en:

- La entrada
- La salida
- La sustracción

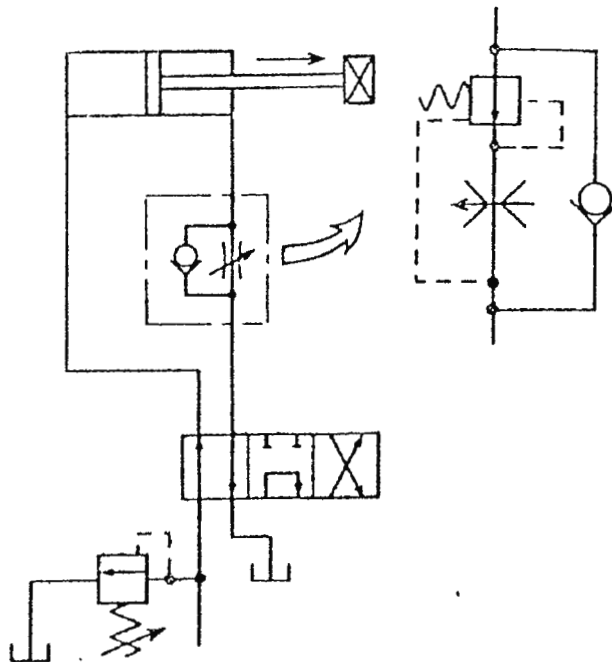
a) Montaje en la entrada

Se debe realizar este tipo de montaje cuando la carga que se ejerza del cilindro siempre vaya en dirección opuesta a la corriente del fluido (carga positiva).



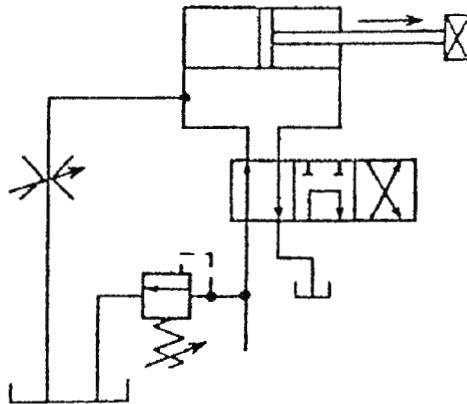
b) Montaje en la salida

Debe de realizarse cuando la carga sobre el cilindro se ejerza en dirección de la corriente del aceite, incluso por intermitencia, cuando la velocidad de desplazamiento del cilindro pueda resultar mayor que la que normalmente le está permitida por el caudal de la bomba (carga negativa).



c) Montaje en la sustracción

Se realiza en las instalaciones en las que la carga sobre el receptor es absolutamente constante. La energía calorífica liberada en este tipo de montaje es menos importante que en los dos casos anteriores.

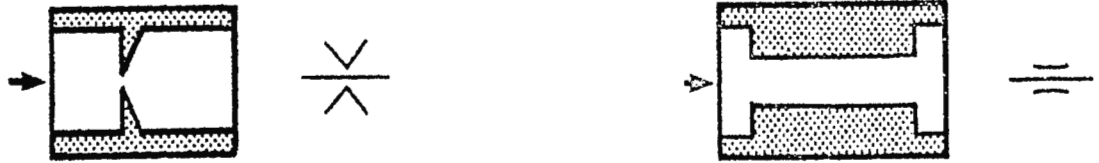


MÉTODOS UTILIZADOS PARA REGULAR EL CAUDAL

Se pueden realizar por medio de dos posibilidades: montaje de sección fija o de una sección móvil (la primera no regulable y la segunda regulable), pero de las cuales se debe de tomar en cuenta los siguientes elementos:

Si se desea obtener una limitación de caudal exacta (regulación del caudal), es necesario saber que esta regulación solamente puede realizarse en las condiciones siguientes:

- El orificio de restricción del caudal fijo o regulable debe de estar concebido de forma que las variaciones de viscosidad del fluido que lo atraviesa no tengan ninguna incidencia sobre su velocidad de paso. Un restrictor de este tipo se llama de pared delgada (figura), por oposición al restrictor llamado de pared larga (figura)



- Para paliar los efectos de la variación de esfuerzos al nivel del órgano receptor, y por tanto las alternancias de presiones, es necesario que reine una pérdida de carga constante a través del orificio de restricción que atraviesa el fluido. Este resultado se obtiene mediante un accesorio incorporado al limitador, o más exactamente en este caso al regulador: se trata de la balanza de presión.

CLASIFICACIÓN DE LOS LIMITADORES DE CAUDAL

A. Limitadores de caudal no compensado:

- De pared larga;
- De pared delgada.

B. Limitadores de caudal compensado:

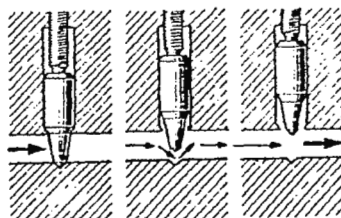
- De pared larga;
- De pared delgada.

C. Regulador de caudal.

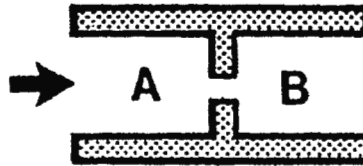
LIMITADORES DE CAUDAL NO COMPENSADO

Los estranguladores más sencillos son:

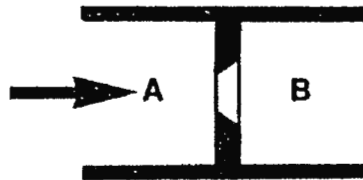
- De pared larga:
 - La llave de cono o llave de aguja, que puede estar equipada con una válvula anti-retorno incorporada.



- El diafragma o dosificador, una especie de pastilla de bastante grosor.



- El diafragma de pared delgada.



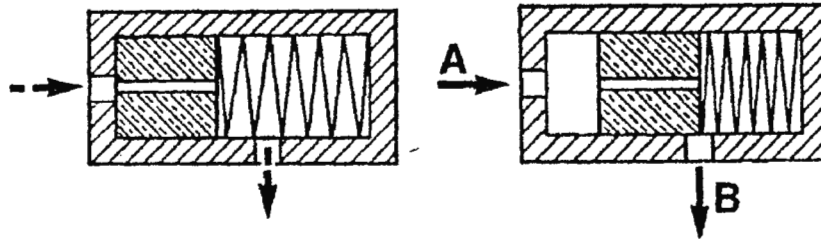
Los limitadores de caudal no compensado sólo pueden utilizarse en instalaciones de poca potencia, ya que es de importancia el laminado que producen, por lo que no es despreciable la producción de calor originada.

La llave de cono, así como el diafragma, se emplea cuando el control de caudal no reviste una importancia primordial y son mínimas las variaciones de carga del receptor. En algunos lugares, no de importancia la llave de cono puede hacer dos papeles: el de estrangulador y el de cortocircuito, es decir de llave de paso.

B. LIMITADORES DE CAUDAL COMPENSADOS

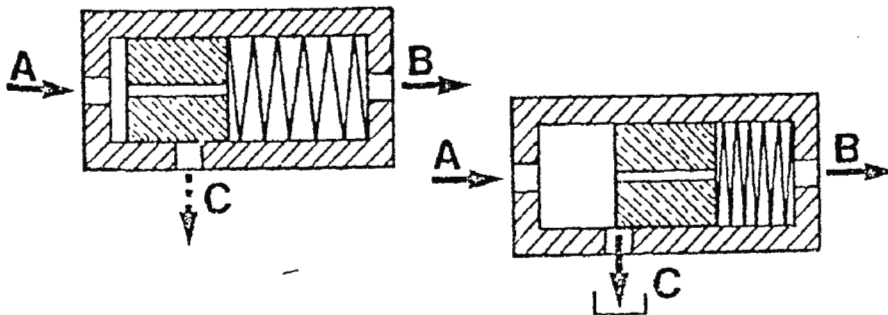
- De pared larga:

- Limitador de caudal de dos vías: constituido por un cuerpo de válvula, dotado de un orificio de entrada y otro de salida. En el alojamiento interior de esta válvula va situado un pistón, en el cual está mecanizado un orificio calibrado o tobera (orificio de pared larga).



Un resorte tiende a comprimir el pistón contra el orificio de entrada. La sección del orificio y las características del resorte se determinan en función de una aplicación específica. Con ese tipo de aparatos se puede prever una regulación del resorte, pero si en el caso presente el orificio está realizado en el pistón, es posible mecanizarlo en el cuerpo de la válvula; por lo tanto se puede obtener una sección de paso regulable.

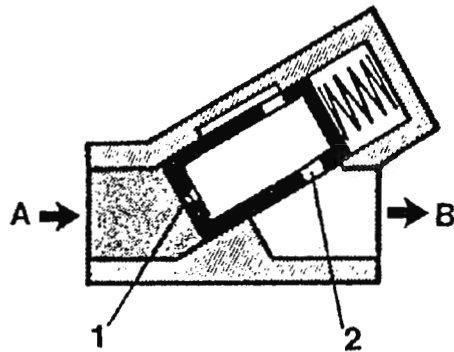
- Limitador de caudal de tres vías: se basa en el mismo principio que el anterior, pero aquí retorna al depósito una parte del excedente de fluido, al nivel del limitador de caudal, existiendo menos esfuerzo al limitador de presión del circuito general.



➤ De pared delgada:

Su funcionamiento es similar a los aparatos anteriores. Cuanto mayor sea la diferencia de presión (Δp) entre la entrada (A) y la salida (B), es decir,

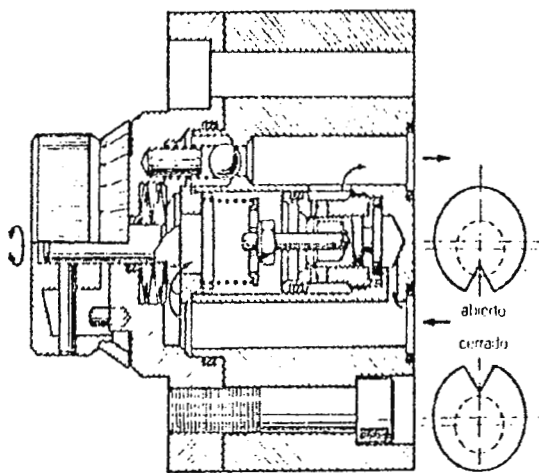
cuanto menor sea la presión requerida por el receptor (en comunicación con B) tanto más reducido será el caudal que llega a este receptor.



1. REGULADORES DE CAUDAL

Son los encargados de suministrar un caudal perfectamente ajustado a la demanda, en otras palabras, las variaciones de viscosidad del fluido en circulación, así como las variaciones de carga al nivel del receptor, no tienen ninguna incidencia sobre el caudal de salida que se necesite. Estos aparatos llevan:

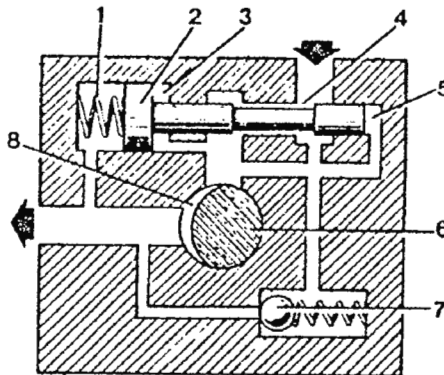
- Un restrictor regulable de pared delgada
- Una balanza de presión



Las variaciones de viscosidad son reducidas por medio de la pared delgada y la balanza de presión elimina las diferencias sucesivas de la carga al nivel del receptor. Los reguladores de caudal vienen de forma de una masa geoméricamente voluminosa, dependiendo de los caudales a controlar, montada en alojamientos mecanizados.

Un estrangulador unido a un volante exterior de regulación condiciona el valor del estrangulamiento y por tanto el caudal; una balanza de presión con su resorte permite mantener una pérdida de carga constante. Este regulador puede tener también una válvula anti-retorno, que permite un paso libre del fluido en el sentido inverso, sin que éste tenga que pasar por los conductos de los elementos de regulación.

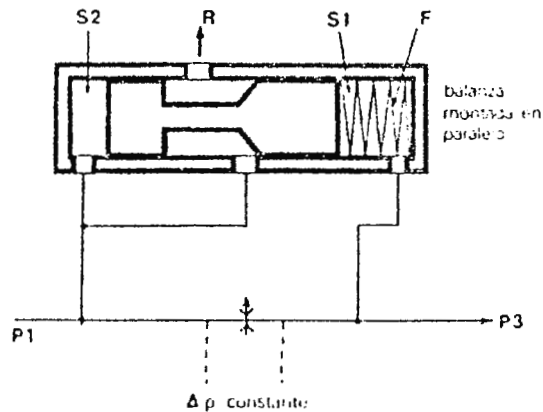
El funcionamiento general de estos se da mediante el estrangulador (6), por mediación del mando manual exterior, que se traduce en la rotación de este estrangulador y al mismo tiempo en determinación de una mayor o menor sección de paso (8). Una vez determinada esta sección, permanece constante. Por el contrario la sección de paso (4) en la entrada varía según la posición de la "balanza" (2). El desplazamiento mínimo de la balanza tiene por objeto mantener una pérdida de carga constante a través de la sección de paso (8) descubierta por el estrangulador (6).



La presión alcanzada delante del estrangulador (6) del regulador, es siempre superior a la que reina detrás de él siendo esta diferencia la que corresponde a la carga del resorte (1). Cuando varía la presión de salida, la balanza (2). Efectúa un movimiento de delante hacia atrás, de forma que mantiene una pérdida de carga constante a través del estrangulamiento (8). La gran superficie de la balanza (2) es igual a la suma de las superficies receptoras situadas en las cámaras (3 y 5). En consecuencia, si la pérdida de carga aumenta, la balanza (2) se desplaza hacia la izquierda, reduciendo la sección de

entrada (4), mientras que si la pérdida de carga disminuye, la balanza (2) se desplaza hacia la derecha (con ayuda del resorte 1), aumentando así la sección de entrada (4). Una válvula anti-retorno (7) permite el paso libre del fluido en el sentido inverso, sin que éste, sin embargo, haya de pasar por los conductos de los elementos de regulación.

Existen también reguladores de caudal de tres vías cuyo funcionamiento tiene las siguientes características



- El montaje que se realiza en paralelo, en posición del montaje del regulador de dos vías: estrangulador y balanza montados en serie;
- Acción de la balanza como limitador de presión, de forma que P1 no pueda exceder de $P3 + \Delta p$.

Este sistema tiene la ventaja de asegurar a la instalación un mejor rendimiento, suprimiendo el laminado al nivel del limitador principal de presión del circuito.

10. Válvulas anti-retorno

La función principal de este tipo de válvulas consiste en impedir que el aceite recorra en los dos sentidos una parte determinada de un circuito y asegurar la estanqueidad entre las dos partes de este circuito, delimitadas voluntariamente. Sin embargo, existen válvulas anti-retorno que permiten neutralizar el efecto del anti-retorno clásico en el momento deseado, gracias a una "presión piloto", permitiendo la inversión del sentido de flujo.

En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de válvulas:



Sin resorte



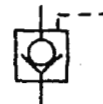
Con resorte



Con estrangulamiento



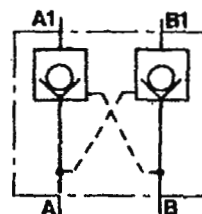
Pilotadas para la apertura



Pilotadas para el cierre



Pilotadas para la apertura con tubo de drenaje externo

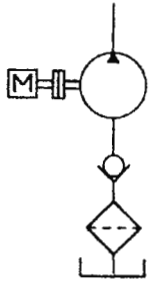


Doblemente pilotadas

1. Válvulas Unidireccionales

Las hay sin resorte y con resorte, permiten la circulación del caudal en un solo sentido. Se atribuye a estas válvulas la denominación de "simples". Por oposición a las válvulas anti-retorno "pilotadas".

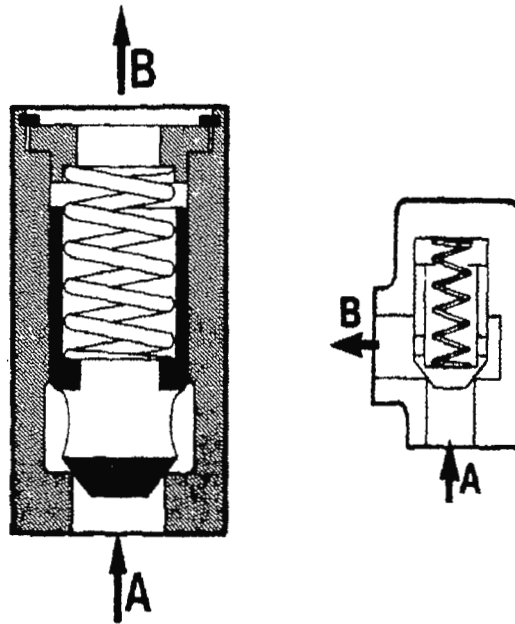
Válvulas Unidireccionales sin resorte



En este componente la presión del aceite sobre la bola o el pistón es lo que mantiene uno u otro de estos elementos comprimido contra su asiento (posición cerrada). Debe montarse obligatoriamente en posición vertical, con el asiento de la bola o del pistón dirigido hacia abajo; se obtiene así una mayor rapidez de respuesta.

Válvulas Unidireccionales con resorte

Son las más numerosas; su concepción y funcionamiento son idénticos a los que acabamos de estudiar: caudal libre en un sentido, fluido bloqueado con estanqueidad en el sentido inverso. El resorte refuerza el movimiento de cierre y mantiene la bola o el cono del pistón sobre su asiento, cualquiera que sea la posición de montaje del componente.



En principio, todas las válvulas anti-retorno pueden suministrarse para ser montadas:

- en línea en las tuberías,
- sobre bridas (en línea en las tuberías),
- sobre una placa de base (montaje sobre un panel),
- en forma de cartucho (en un bloque perforado).

2. Válvulas Bidireccionales

Válvulas Bidireccionales de frenado

La más sencilla de estas válvulas es llamada “frenado” o de “estrangulador”. La válvula propiamente dicha está provista de una tobera incorporada.



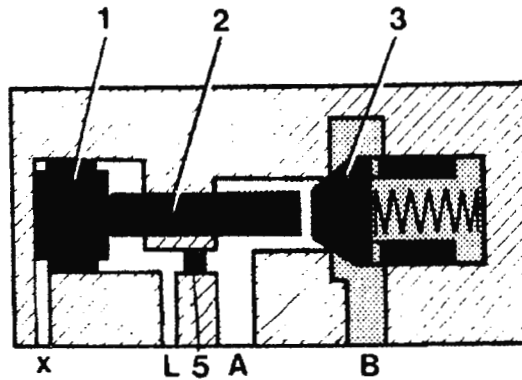
El caudal pleno se obtiene en el sentido de “A” hacia “B”; en el sentido de “B” hacia “A”, el caudal está limitado por una tobera calibrada. En este último caso, el caudal puede modificarse sustituyendo la tobera por otra de sección diferente.

Esta válvula se utiliza, por ejemplo, para regular con poco gasto la velocidad de bajada de una carga suspendida en el extremo de un vástago de cilindro dispuesto en posición vertical.

El funcionamiento de estas, puede compararse con el de un distribuidor de asiento, mandado por flujo hidráulico, este pilotaje se realiza generalmente sobre la apertura, y puede ser directo o asistido.

Válvula Bidireccional con pilotaje directo

Aunque la válvula bidireccional de pilotaje directo funciona en una primera fase de forma idéntica a la válvula simple (en el sentido “A hacia B”), puede permitir también el paso en el sentido inverso, es decir, en la dirección de “B” hacia “A”, por medio de la presión piloto que proviene de “X”



Esta presión desplaza el pistón (1) hacia la derecha y este produce al empujador (2) en el mismo sentido, hasta hacer que la válvula (3) se desprege de su asiento, permitiendo el paso de "B" hacia "A".

Hay que indicar que la fuerza que comprime la válvula (3) contra su asiento es igual al producto de la presión que reina en "B" por la superficie receptora de la válvula (3).

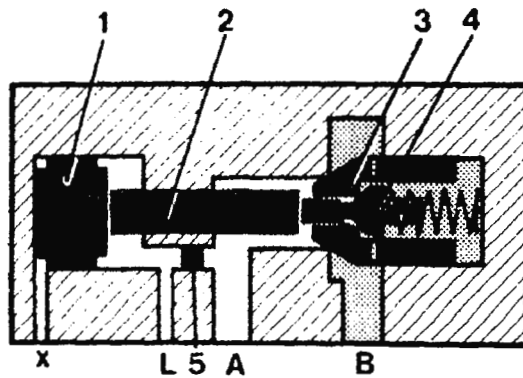
Sin embargo, para contrarrestar esta fuerza y realizar la apertura que permita el paso del fluido de aceite "B hacia A" es preciso que el pistón (1) pueda comunicar a la válvula (3), por mediación del empujador (2) una fuerza ligeramente superior a la fuerza antagónica que reina en "B".

Para conseguir este objetivo en este tipo de aparato se actúa sobre la sección del pistón de pilotaje (1) y sobre la presión de pilotaje (X).

En este tipo de aparato, la sección del pistón de pilotaje no sobrepasa apenas el triple de la sección receptora (lado "A") de la válvula (3); si no se consigue esto las dimensiones externas del aparato (válvula anti-retorno) serían prohibitivas. En conclusión estas válvulas necesitan presiones de pilotaje relativamente importantes.

Válvulas Bidireccionales con Pilotaje Asistido

Como puede comprobarse en la siguiente figura, la válvula principal (3) de la anti-retorno lleva en su hueco central interior una válvula secundaria (4).

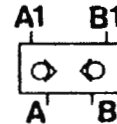
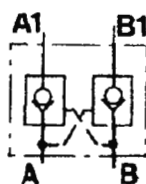
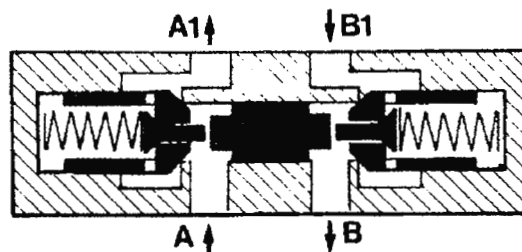


VALVULA BIDIRECCIONAL DE PILOTAJE ASISTIDO.

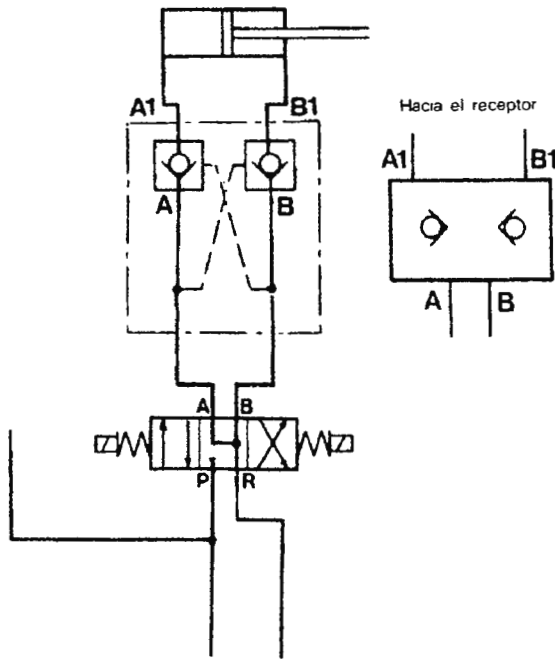
Desde luego, esta válvula funciona como la anterior en el sentido de (A) hacia (B). Así, pues, para permitir el paso del fluido desde (B) hacia (A) el pistón (1) no debe vencer ya la totalidad del esfuerzo de resistencia de la válvula (3), sino únicamente el de la válvula secundaria (4).

Válvula Bidireccional Doblemente Pilotada

Está constituida por la combinación de dos válvulas anti-retorno pilotadas. Permite el bloqueo en los dos sentidos de un receptor de doble efecto.

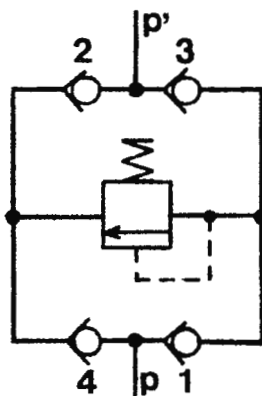


Estas dos válvulas se desbloquean separadamente por dos caudales independientes. Para garantizar una perfecta estanqueidad de las válvulas se aconseja encarecidamente, en posición neutra del distribuidor, elegir una función A-B-T o bien R en comunicación .



Válvula Bidireccional Anti-retorno Cuádruple

Con una combinación de cuatro válvulas anti-retorno, alojadas generalmente en un mismo y único bloque, válvulas montadas en puente de Graetz, se puede constituir un elemento rectificador (ver figura). Este elemento permite, entre otras cosas, regular un flujo de aceite, o bien asegurar la limitación de presión (seguridad) en los dos sentidos de translación de un cilindro de doble efecto, utilizando un solo componente, en este caso estrangulador o regulador y limitador de presión.



Como el conjunto de válvulas anti-retorno que hemos examinado, los elementos de estanqueidad pueden ser de bolas o de pistones. Aquí los resortes o muelles son indispensables, teniendo en cuenta las posiciones relativas de las válvulas entre sí. Aunque las válvulas anti-retorno que constituyen este rectificador no estén pilotadas, aseguran cuando menos una función bidireccional. Este elemento presenta, en el caso explicado, una cierta economía para la realización de un proyecto, pero su utilización puede extenderse a una multitud de finalidades, cuya enumeración se sale de los límites que nos hemos asignado.

11. Mantenimiento en los Circuitos Hidráulicos

Cuando un circuito hidráulico manifiesta síntomas, que se muestran por:

- Un retardo posible de la velocidad del trabajo.
- Una disminución de la fuerza necesaria para realizar el trabajo que deba realizar.

Debe efectuarse una comprobación de la o las bombas y de algunos componentes. Sin embargo antes de proceder al menor control es necesario saber si los síntomas se producen:

- Inmediatamente o bien algunos minutos después de la puesta en marcha de la instalación.
- Después de algunas horas de funcionamiento.

La persona encargada para realizar un mantenimiento debe poseer:

- Un conocimiento perfecto del circuito e el que va intervenir;
- El material necesario para los controles;
- Las juntas y componentes de primera urgencia.

Conocimiento del Circuito

El conocimiento de los circuitos y al mismo tiempo de los materiales en los que debe intervenir la persona encargada de las reparaciones, se adquiere generalmente en los centros de formación de la empresa fabricante o distribuidora.

Las empresas serias organizan cada año cierto número de cursos técnico, cuya duración varía entre tres y diez días (según la importancia del material). Tengamos en cuenta que los circuitos hidráulicos de las máquinas móviles actuales son cada vez más complejos y por lo tanto resulta indispensable una

instrucción constante y periódica por parte del personal encargado de las intervenciones post-venta. Nuestra época exige por otra parte que la “formación” se encuentre en primera línea de las preocupaciones de la dirección en todos los campos.

Material mínimo necesario para el control

Existen ciertos materiales o accesorios que son verdaderamente indispensables para realizar el mantenimiento a un sistema hidráulico; a continuación se enlistan cada uno de ellos.

► **Manómetros:** cuyas escalas de presiones correspondan al total de materiales que hayan de ser comprobados. Así por ejemplo una presión de 10 bar debe registrarse con un manómetro de 0 a 20 bar y no con uno 0 a 10 o de 0 a 100 bar. Por el mismo motivo para medir una presión de 200 bar debe utilizarse un manómetro de 0 a 400 bar y no uno de 0 a 200 o de 0 a 600 bar. Por ello hay que recordar la regla general siguiente: cuando se utiliza un manómetro en un circuito en el que la presión es sensiblemente constante, el factor de la escala debe ser de 1,5. En otras palabras, si debe medirse una presión de 100 bar la escala mínima del manómetro debe estar comprendida entre 0 a 150 bar. Si el manómetro se utiliza en un circuito, en el que existen presiones oscilantes, el factor de la escala debe ser de 2. Por ello, en estas condiciones, una presión de 10 bar debe ser medida con un manómetro cuya escala este comprendida entre 0 o 20 bar. Sin embargo por encima de 60 bar las escalas normalizadas de los manómetros, es decir, aquellas que son más fáciles de conseguir son las siguientes:

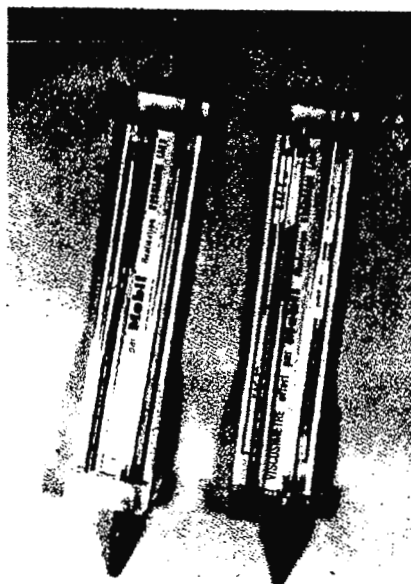
0 – 100 bar – 0 - 400 bar

0 - 160 bar – 0 – 600 bar

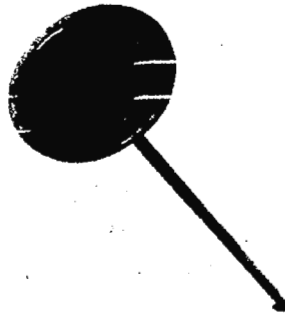
0 – 250 bar – 0 – 1000 bar

Por ser muy extenso el tema de manometría se ha explicado más detalladamente en otro apartado de este documento.

- ➔ **Cronómetro:** permite controlar la velocidad de movimiento de los componentes de la máquina en cuestión, en relación con las velocidades nominales.
- ➔ **Vacuómetro:** también conocido como indicador de vacío, o manómetro de depresión (campo de 0 a 760 mmHg). Permite medir la depresión en la alimentación de las bombas, y también, por ejemplo, el funcionamiento de las válvulas de realimentación de los cilindros.
- ➔ **Termómetro:** el conocimiento exacto de la temperatura del fluido facilita con frecuencia la localización de los incidentes hidráulicos.
- ➔ **Válvulas:** de diferentes dimensiones, del tipo de aguja con los correspondientes racores y tubos flexibles de alta presión. Estas válvulas permiten el control de las bombas, sin que sea necesario desmontarlas del motor térmico de accionamiento o del órgano sobre el que están acopladas.
- ➔ **Tacómetro:** manual o electrónico. Este último es más útil, ya que no necesita punto de centrado para el control del régimen, punto de centrado que es a veces inaccesible.
- ➔ **Viscosímetro:** permite controlar la viscosidad del fluido utilizado, en relación con la viscosidad que poseía al llenar el depósito y ponerlo en marcha.



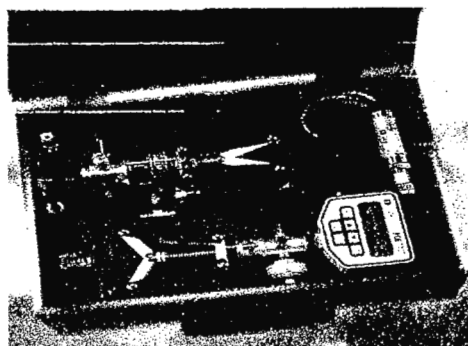
- ➔ **Estetoscopio:** este aparato permite localizar rápidamente los ruidos y las vibraciones de un circuito hidráulico. Un aparato de este tipo, aunque sea rudimentario, proporciona innumerables servicios



- ➔ **Medidor de Caudal:** es el que permite realizar un sondeo cuyos resultados son de gran precisión

Juntas y componentes hidráulicos de primera urgencia

Esto es referido, en primer lugar a una gama de accesorios más específicos para la realización de los mantenimientos. Su costo es elevado y no puede ser adquirido por cualquier técnico de mantenimiento hidráulico. Dentro de este apartado podemos considerar juntas de anillos, cuadradas, bombas hidráulicas de prueba, hasta cierto tipo de bancos especiales determinados por el tipo de mantenimiento a realizar. La siguiente figura muestra una gama de accesorios portátiles para calibraciones de presión fabricados por "PRESSURE INSTRUMENTS" y distribuidos en nuestro país por APLITEC S. A. de C. V. (Aplicaciones Tecnológicas de Centroamérica S. A. de C. V.)



12. Bombas Hidráulicas

La bomba hidráulica es un ingenio capaz de convertir fuerza mecánica en fuerza hidráulica. La bomba es el corazón del sistema hidráulico; crea el flujo del líquido que llena todo el circuito.

En el pasado cuando se hablaba de "hidráulica" se hacía referencia a los líquidos en movimiento; por eso mismo cualquier bomba que moviera un líquido se denominaba bomba hidráulica. Ahora, se entiende por hidráulica el estudio de la presión y el flujo de los líquidos, dicho de otra manera, el movimiento del líquido y su capacidad para realizar trabajo.

Por lo tanto hoy se llama bomba hidráulica a la que además de mover el líquido, le obliga a trabajar. Todas las bombas producen un flujo o corriente de líquido, entregan un caudal. Desplazan el líquido de un punto a otro. Este desplazamiento puede ser no-positivo y positivo.

El caudal es el volumen de aceite que entrega la bomba en una unidad de tiempo. Por el caudal que entrega, las bombas se dividen en dos grandes categorías: de caudal fijo, y de caudal variable.

Al decir caudal fijo nos referimos a un flujo constante y cuando hay caudal variable nos referimos a un flujo variable. La bomba hidráulica no crea la presión solamente entrega un caudal de líquido. La presión surge por la resistencia ofrecida a la circulación del líquido.

Las bombas de caudal variable son capaces de variar el volumen de aceite que entregan por unidad de tiempo aunque no varíe su velocidad de giro. Estas traen un mecanismo al interior que hace variar el caudal que entregan de forma que se mantenga constante la presión dentro del sistema hidráulico.

Dependiendo la instalación del sistema de suministro, puede optarse por una selección apropiada dependiendo del siguiente criterio:

Para sistemas abiertos: **Bomba de Caudal Fijo**

Para sistemas cerrados: **Bomba de Caudal Variable.**

La Bomba no crea presión si no que solamente entrega un caudal líquido; esta presión surge por la resistencia ofrecida a la circulación de líquido.

12.1 Tipos de bombas hidráulicas

En la actualidad existen tres tipos básicos:

- × Bombas de engranajes
- × Bombas de paletas
- × Bombas de pistones

Los tres tipos son giratorios: el líquido es movido por una presa en rotación en el interior de la bomba. La bomba rotatoria tiene la ventaja de ser más compacta para un mismo caudal.

12.2 Bombas de engranajes.

Estas son el "caballo de batalla" de los sistemas hidráulicos, éstas son utilizadas por ser sencillas y de menor costo. Con éstas no se puede variar el caudal de aceite que entregan; la capacidad que brindan es suficiente para las necesidades de aquellos sistemas que funcionan con un caudal fijo.

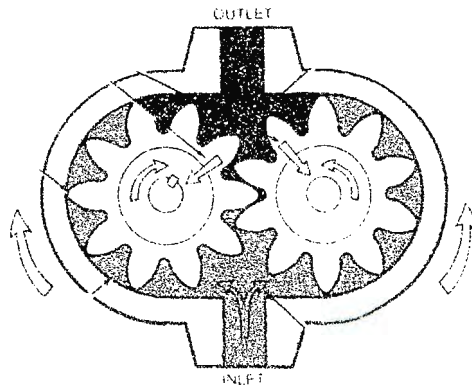
Esta a su vez se divide en:

- × Bombas de engranajes externos
- × Bombas de engranajes internos.

A continuación el funcionamiento de cada una de ellas:

Bomba de engranajes externos.

Estas suelen constar de dos engranajes herméticamente acoplados dentro de una caja. El eje de accionamiento hace girar uno de los engranajes que, a su vez, obliga a girar al otro.



Básicamente responden a la característica de bombas rotativas volumétricas. Están compuestas por un par de engranajes que trabajan dentro de un cuerpo de aluminio y son soportados por bujes antifricción recubiertos en PTFE (Teflón). Los juegos axiales son minimizados por bujes de tipo auto compensados garantizando un alto rendimiento volumétrico.

Estas bombas son aptas para trabajar con aceites minerales y cubren las necesidades de aplicaciones en circuitos hidráulicos de máquinas agrícolas, viales y equipos estacionarios.

Se puede disponer de una variedad de cuerpos, bridas de fijación y válvulas divisoras de caudal y limitadoras de presión incorporadas que permiten cumplir una amplia gama de aplicaciones.

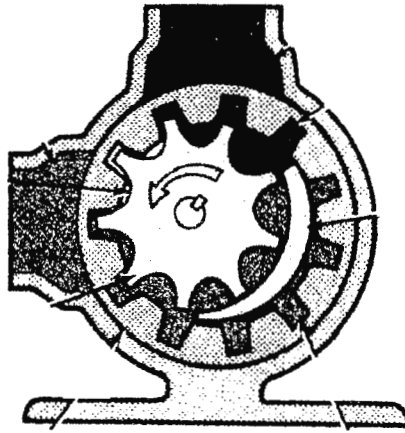
Funcionamiento:

El aceite atrapado entre los dientes de los engranajes y las paredes de la caja, es llevado hacia la boca de salida.

Gracias a los dientes opuestos impiden que el aceite retroceda, por lo tanto el aceite es obligado a circular por todo el sistema.

Bombas de engranajes internos:

Estas también constan de dos engranajes, pero en ella el engranaje recto gira dentro de otro más grande de dientes internos.



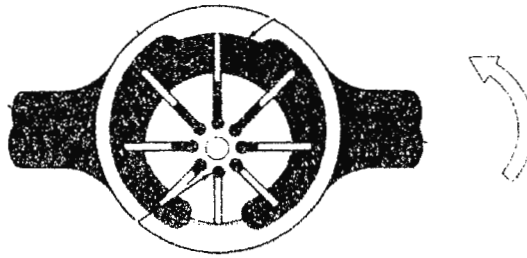
El principio de funcionamiento es el mismo que el de la bomba de engranajes externos, con la diferencia que en ésta ambos engranajes giran en la misma dirección.

El aceite es atrapado entre los dientes y el separador y empujado hacia la boca de salida. El flujo de aceite es continuo. La bomba es alimentada por la acción de la gravedad que llena de aceite el vacío parcial que se va haciendo a medida que los dientes empujan el aceite hacia adelante.

Una variante de la bomba de engranajes internos es la bomba de rotor. En la operación el rotor gira dentro del estator. EL rotor tiene un lóbulo menos que el estator, de tal manera que solamente un lóbulo está totalmente engranado con el estator en un momento dado. A medida que los lóbulos se deslizan hacia arriba y encima de los lóbulos en el estator, se aspira aceite al interior. A medida que los lóbulos caen en las cavidades del estator, el aceite es expulsado.

12.3 Bombas de paletas.

Esas tienen muchas aplicaciones y pueden ser simples, dobles y hasta triples. Todas estas mueven el aceite por medio de un rotor con ranuras en las que van alojadas las paletas.



Entre las más empleadas son de dos tipos:

- ◆ Bombas de paletas equilibradas
- ◆ Bombas de paletas sin equilibrar

Las del primer tipo son de caudal fijo únicamente, mientras que las bombas de paletas no equilibradas pueden ser de caudal fijo o variable.

Bombas de paletas equilibradas.

Esas constan de un rotor, accionado por un eje, que gira dentro de una cavidad, de forma ovalada. Las paletas van alojadas en las ranuras del rotor, pudiéndose desplazar en sentido radial, hacia dentro y hacia afuera.

Funcionamiento:

Al girar el rotor, la fuerza centrífuga hace salir las paletas, aplicándolas contra la superficie interna del estator. Entre el rotor y el estator se forman dos cavidades de forma semilunar. Estas cavidades limitadas por las paletas aumentan y disminuyen de volumen dos veces por cada giro completo del rotor.

Bombas de paletas sin equilibrar.

El funcionamiento de esta es el mismo principio de la bomba de paletas equilibradas.

En este, sin embargo tiene el lugar un solo ciclo de trabajo a cada revolución del motor esta solo tiene una boca de entrada y una boca de salida y el rotor esta descentrado en relación con el estator.

Las cámaras formadas por las paletas aumentan de volumen a partir de la boca de entrada de aceite y se vuelven a contraer al aproximarse a la boca de salida.

El aceite es aspirado al aumentar el volumen de las cámaras y exprimido al contraerse estas.

12.3 Bombas de pistones.

Estas son preferidas para equipar los sistemas hidráulicos modernos que funcionan a altas presiones y altas velocidades.

Un inconveniente que tienen, es que son más caras que las anteriores. Estas a su vez pueden ser de caudal fijo o caudal variable.

En su mayoría se pueden incluir en uno de los dos grupos siguientes:

- ▶ Bombas de pistones axiales
- ▶ Bombas de pistones radiales.

El primer grupo son los que van montados con su eje longitudinal paralelo al eje longitudinal de la bomba.

En el segundo grupo son los que van montados con su eje longitudinal en sentido perpendicular al eje longitudinal de la bomba, dicho de otra manera como los radios de una rueda.

Ambos tipos de bomba mueven el aceite por el movimiento de vaivén de los pistones dentro de su respectivo cilindro.

Bombas de pistones axiales.

Estas a su vez se dividen en dos grupos: eje y pistones en línea y de eje angulado.

Bombas de pistones axiales en línea.

En ésta bomba el conjunto de cilindros va montado sobre el eje de accionamiento, con el que gira solidario.

Los pistones se mueven dentro de los correspondientes taladros del bloque de cilindros, paralelos al eje longitudinal del mismo.

La placa oscilante no gira, pero se puede inclinar considerablemente. Esta monada sobre un pivote y su inclinación se manda por medio de un servo-mecanismo automático.

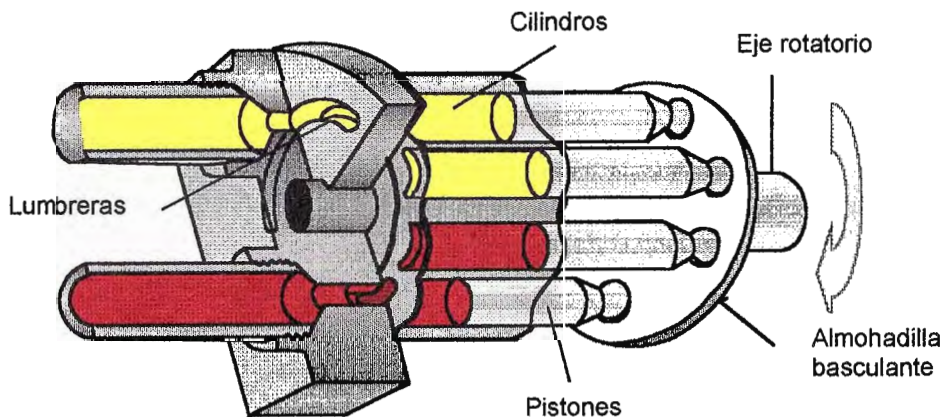
Funcionamiento:

Con la placa oscilante inclinada de forma que el aceite pueda entrar por la boca "A", a medida que gira el bloque de cilindros, los taladros van quedando alineados con ésta boca, llenándose con el aceite que manda la bomba de carga. Este aceite empuja los pistones contra la placa oscilante. Estos comprimen el aceite que ha llenado su cilindro, al girar sobre la placa oscilante pasando del extremo superior más alejado, al extremo inferior más próximo al bloque de cilindros. El aceite comprimido sale entonces por la boca "B".

Bomba de pistones axiales, de eje en ángulo.

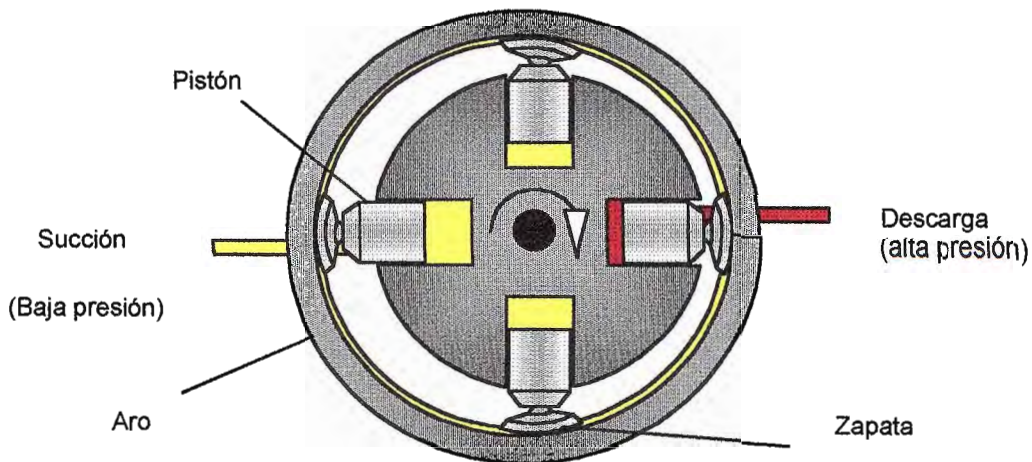
La caja de ésta bomba forma un ángulo con la cabeza en que alojan las piezas de accionamiento de la misma. El eje de accionamiento va acoplado a una placa que manda el vaivén de los pistones por medio de unas bielas.

El vaivén de los pistones se consigue por el ángulo que forman el eje de accionamiento de la placa con el eje longitudinal del bloque de cilindros bombeando el aceite.



12.4 Bombas de pistones radiales.

Estas son las más ingeniosas de todas permite obtener altas presiones, grandes caudales, grandes velocidades y caudal variable .



Funcionamiento:

El fácil funcionamiento hace que la bomba pueda adaptarse a muchos tipos de sistemas hidráulicos y servicios.

Se mecanizan con alta presión por lo que el desgaste causado por el empleo de aceite poco limpios los avería irremisiblemente. El propio aceite tiene que ser especial que garantice la lubricación de las piezas en movimiento ajustadas en gran presión.

Las bombas de pistones radiales pueden ser de dos tipos básicos: leva giratoria y pistones en rotación.

Leva giratoria:

Los pistones se alojan en un cilindro giratorio. Este al girar los cilindros los pistones salen por la fuerza centrífuga, y por estar descentrados el cilindro dentro de la caja al girar produce movimiento vaivén.

Pistones en rotación:

Estos se alojan en un cilindro giratorio. Al girar el cilindro los pistones salen por la fuerza centrípeta, y por estar descentrada el cilindro dentro de la caja al girar aquel se produce el movimiento de vaivén de los pistones.

Bomba de Pistones Radiales de Leva Giratoria:

Esta se suele construir de cuatro o de ocho pistones, estos van alojados en unos taladros radiales practicados en una caja fija.

El eje de acondicionamiento lleva a que una leva que produce el vaivén de los pistones, al girar, los haga bombear aceite.

La entrada y salida de aceite se realiza por unas canalizaciones circulares que hay en cada lado de la bomba. Cada cilindro lleva sendos taladros a uno y otro lado que comunican con dichas canalizaciones circulares cada orificio del cilindro lleva una válvula con el objeto del aceite pueda salir y entrar por las canalizaciones.

La leva levanta los pistones sucesivamente obligando a salir el aceite.

Un muelle hace que el pistón baje de nuevo llevando el cilindro de aceite tal y como lo describimos, esta bomba sería de caudal fijo y no habríamos ganado nada con ella, por que para ello se cuenta con bombas más sensibles como son las de engranes o engranajes o la de paletas. La bomba de pistones radiales se emplea cuando necesitamos caudal variable.

12.5 Características y Especificaciones Técnicas

Al pedir oferta o al hacer el pedido en firme de la bomba, se ahorrará tiempo si se indican las siguientes características técnicas:

Presión de funcionamiento en Kg / cm² continua - momentánea. Si existen cargas de punta de presión momentánea indique la duración de las mismas (en minutos).

Capacidad deseada de caudal en l /min ., fija o variable.

Número de revoluciones y dirección; la dirección de giro se indica según el sentido de las agujas de un reloj visto desde el eje de la bomba. En bombas fijas, en circuito cerrado, pueden existir las dos direcciones.

El tipo de motor de accionamiento. Esto es muy importante, sobre todo cuando se utiliza un motor de combustión para el accionamiento de bombas de pistones. A bordo de barcos se utilizan a menudo bombas accionadas por motores diesel, en cuyo caso es necesario calcular las vibraciones torsionales.

Indicación del líquido de accionamiento.

Condiciones de funcionamiento, continuo o de corta duración, instalación interior o exterior.

Condiciones de temperatura.

12.6 Selección de Bombas de desplazamiento positivo

La selección de una bomba de desplazamiento positivo (PD) rotatoria no siempre es una opción fácil. Hay cuatro tipos comunes de bombas de PD disponible: engranajes interior, engranajes externo, lóbulo, y paletas. La mayoría de las bombas de PD puede adaptarse para manejar una gama amplia de aplicaciones, pero algunos tipos están mejor preparados que otros para un para ciertas circunstancias.

La primera consideración en cualquier aplicación de bombeo son las condiciones de operación. Normalmente las necesidad para seleccionar una bomba de PD son determinados por los siguientes requisito, cantidad dada de flujo sin tener en cuenta el diferencial de presión, viscosidad demasiado alto para una bomba centrífugo, necesidad de un diferencial de presión demasiado alta, o otros factores

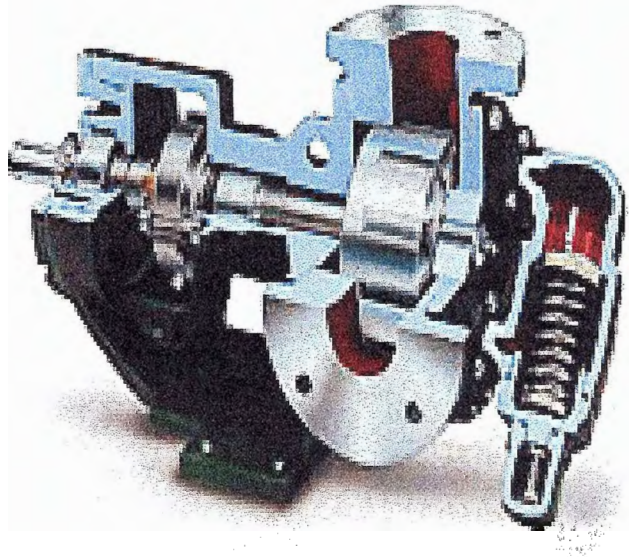
Las condiciones de entrada son la proporción de flujo requerida, diferencial de presión, temperatura, tamaño de las partículas del líquido, características abrasivas, y corrosividad del líquido deben determinarse antes hacer una selección de la bomba

Una bomba necesita de una succión apropiada como una condición para trabajar bien. Por esto cada bomba de PD tiene un requisito de presión de entrada mínimo para llenar las cavidades de la bomba. Si estas cavidades no se llenan completamente, el flujo de la bomba total se disminuye. Los fabricantes proporcionan información sobre condiciones de la entrada mínimas requeridas. Si un incremento elevado las condiciones de entrada de vacío son altas, debe prestarse atención especial al lado de la succión de la bomba.

Bombas de engranajes interiores

Para líquidos de alto-viscosidad, pero se dañan fácilmente al bombear sólidos grandes.

En las bombas de engranaje interior el líquido puede entrar en las cavidades que amplían a través de los dientes del rotor o las áreas retiradas en la cabeza junto a los dientes. Formándose una en un forma de media luna en la cabeza de la bomba e impide a los líquidos fluir al puerto de la succión al puerto de la descarga.



La velocidad de las bombas de engranajes interiores es considerada relativamente lenta comparada con las centrífugas. Las Velocidades de operación se encuentra entre 1,150 rpm (considerada común); aunque algunos diseños pequeños operan a 3,450 rpm.

Debido a su habilidad de operar a velocidades bajas, las bombas de engranajes interiores están bien preparadas para las aplicaciones de alta viscosidad y la donde condición a la succión requiera una bomba con requisitos de presión de entrada mínimos.

Para cada revolución de una bomba del engranaje interior, los engranajes tienen un tiempo bastante largo para salir del endentado lo que permite que los espacios entre los dientes y el vestido se llenen completamente y no no exista cavitación. Las bombas del engranajes interiores han bombeado líquidos con éxito con viscosidades sobre 1,320,000 cSt / 6,000,000 SSU y los líquidos de viscosidad muy bajos, como propano líquido y amoníaco.

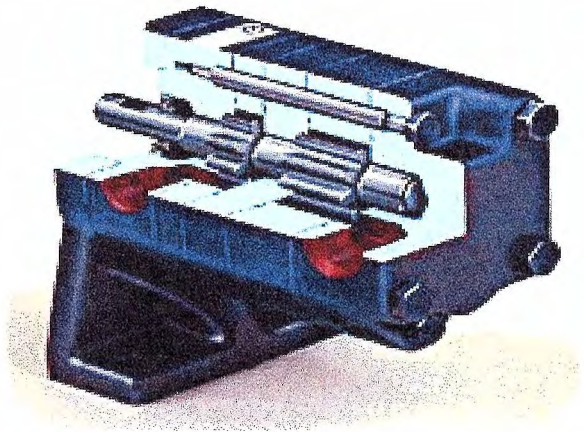
Se hacen bombas de engranajes interiores con tolerancias pequeñas es por ello que se daña al bombear sólidos grandes. Estas bombas pueden manejar partículas pequeños suspendidas en aplicaciones abrasivas, pero gradualmente

por el uso y pierden su eficacia. Algunas pérdidas de la actuación son restauradas ajustando el espacio en los extremos de la bomba.

Bombas de engranajes interiores

Las bombas de engranajes externos (la mostrado es una bomba doble) se usa típicamente para las aplicaciones de alto-presión

Estas bombas son similares para realizar la acción de bombeo con las bombas de engranajes interiores en que dos engranajes se acoplan para producir flujo.



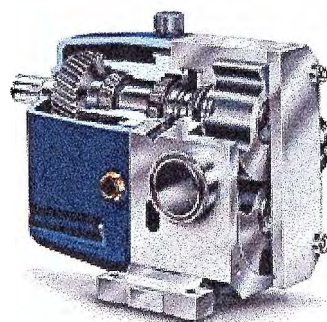
Normalmente, las bombas del engranajes externos pequeñas operan a 1,750 o 3,450 rpm y las versiones más grandes operan a velocidades de 640 rpm.

El diseño de bombas del engranajes externas es de tolerancias más pequeñas que las bombas del engranajes interiores.

La bomba no trabaja bien bajo las condiciones de succión críticas. Los líquidos volátiles tienden a vaporizar localmente como en los espacios de los dientes de los engranajes. Cuando la viscosidad de los líquidos bombeados es alta, los requisitos del torque también suben, y la fuerza de árbol de la bomba no puede ser adecuada. Los fabricantes proporcionan la información de los torques limitan su funcionamiento

Bombas de lóbulos

Este diseño de bombas es para líquidos de baja viscosidad. El principio de funcionamiento es igual a las de engranajes de interiores con la diferencia que las lóbulos no entran en contacto. La presión es limitada

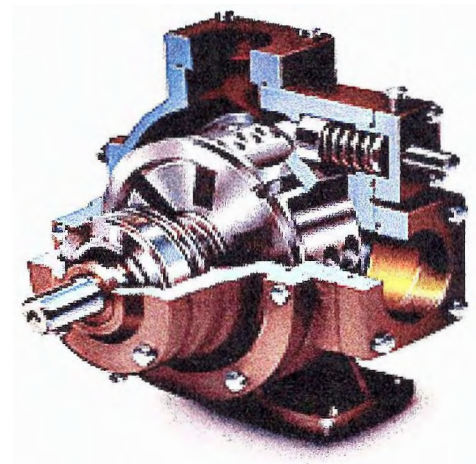


Frecuentemente se usan bombas del l6bulo en aplicaciones de comida, porque ellas manejan s6lidos sin da1ar la bomba. El tama1o de la part6cula bombeada puede ser m6s grande que en otros tipos de bombas de PD. Desde que los l6bulos no hacen contacto, la expuls6n del l6quido de estas las hace ideales para utilizaci6n de l6quidos de baja viscosidad con actuaci6n disminuida. Las caracter6sticas bajo carga no son tan buenas como en los otros dise1os y la habilidad de la succi6n es baja. Los l6quidos de alto-viscosidad exigen reducciones de velocidades considerables para lograr actuaci6n satisfactoria. Esta reducci6n alcanza hasta el 25% con l6quidos de alto viscosidad.

Las bombas de l6bulo son limpiadas circulando un fluido a trav6s de ellos. La limpieza es importante cuando el producto no puede permanecer en las bombas por razones sanitarias o cuando los productos tienen propiedades que pueden variar.

Bombas de paletas

Las bombas de paletas corredizas operan bastante diferentemente a las de engranajes y las del tipo de l6bulo. Un rotor con excentricidades radiales, se posiciona fuera del centro de la carcasa, las paletas encajan estrechamente en hendiduras del rotor, donde resbalan hacia afuera con los giros del rotor. La acci6n de las paletas es ayudada por fuerza centr6fuga, la presi6n hidr6ulica. La acci6n de bombeo es causado por los vol6menes que se encuentran alojados y que son extendidos y acortados por el rotor y las paletas



Las paletas forman el elemento de sellado principal entre la succión y puertos de la descarga y normalmente se hacen de un material compuesto no metálico.

Las bombas de la paletas normalmente operan a 1,000 rpm, pero también trabajan a 1,750 rpm. Las bombas trabajan bien con líquidos de baja viscosidad que fácilmente llenan las cavidades y proporcionan características de succión buenas. Deben reducirse velocidades dramáticamente para las aplicaciones de alto viscosidad para cargar el área debajo las paletas. Estas aplicaciones requieren material de la paletas mas fuerte que los normales.

Porque no hay ningún contacto de metal-a-metal, estas bombas frecuentemente se usan con líquidos de no lubricantes de bajo viscosidad como propano o solvente. Este tipo de bomba tiene capacidad secado mejor que otras bombas de. Las bombas de la paletas pueden correr en seco, pero están sujetas al uso de las paletas.

Las bombas de la paletas no pueden manejar sólidos.

Características de las bombas de desplazamiento positivas.

Tipo de Bomba	Ventajas	Desventajas
Engranajes internos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dos partes en movimiento ➤ Una caja llena ➤ Succión positiva, sin descarga de pulsación ➤ Ideales para líquidos de viscosidad elevada ➤ Condiciones de presión constante incluso sin tener en cuenta condiciones variantes ➤ Bajo requerimiento de MPS ➤ Fácil mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requerimiento de velocidades bajas ➤ Presión median ➤ Cargas elevadas en el árbol. ➤ Presión alta en los cojinetes.
Engranaje externo	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Velocidades elevadas ✗ Presión media ✗ Relativamente baja en vibraciones ✗ El diseño de los dientes se usa con una variedad de materiales. ✗ Arranque en carga 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ No existe un sólido seguimiento ✗ Cuatro zonas para cojinetes ✗ Cuatro áreas de contacto por el líquido
Lóbulo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite pasar partículas sólidas medianas. ➤ Exigencias elevadas ➤ Posibilidad de pequeñas fallas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Más espacio de requerimiento ➤ Mayor factor de servicio ➤ Dos sellos
Paletas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad media ➤ Velocidad mediana ➤ Líquidos no muy viscosos ➤ Preferencias por solventes, LPG ➤ Desarrolla secado en corto tiempo ➤ Puede tener un buen sello ➤ Desarrolla buenos vacíos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Puede tener dos zonas de contacto en la carcasa ➤ Presiones medianas ➤ Carcasa compleja ➤ No acta para fluidos de viscosidad alta ➤ No buena con abrasivos.

Guía de selección de bombas

Tipos de bombas	Líquidos					Diferencia de presión
	Abrasivos	Delgados	Viscosos	Sólidos	Secado	
Engranajes internos	B	B	E	P	M	B
Engranaje externos	P	B	B	P	M	E
Lóbulo	B	M	E	E	M	B
Paletas	P	E	M	P	B	M
E = excelentes; B = buena ; M = medias; P = pobre						

12.7 Rendimiento volumétrico

Cuando una bomba del desplazamiento positiva está operando bajo una condición de deslizamiento la bomba tiene la habilidad de entregar el volumen de fluido que es teóricamente capaz de bombear.

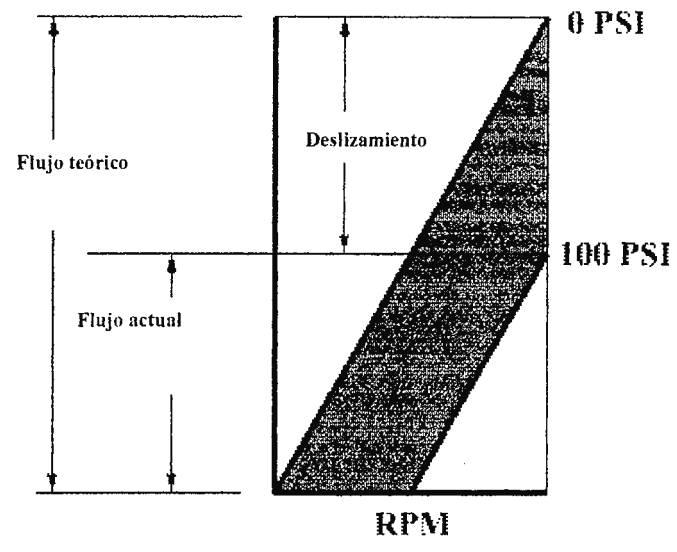
El deslizamiento es proporcional al diferencial de presión de la toma de corriente a la entrada para una bomba dada. Si la bomba no tuviera ningún deslizamiento el volumen bombeado sería directamente proporcional a la aceleración (RPM).

En teoría una bomba suministra una cantidad de fluido igual a su desplazamiento por ciclo o revolución. En realidad el desplazamiento efectivo es menor, debido a las fugas internas. A medida que aumenta la presión, las fugas desde la salida de la bomba hacia la entrada o al drenaje también aumentan y el rendimiento volumétrico disminuye.

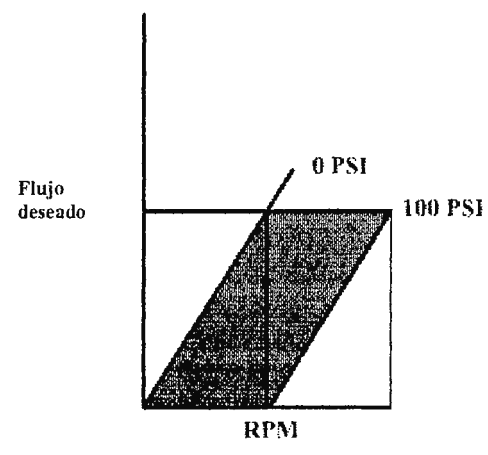
El rendimiento volumétrico es igual al caudal real de la bomba dividido por el caudal teórico. Se expresa en forma de porcentaje.

Rendimiento volumétrico = caudal real de la bomba / caudal teórico.

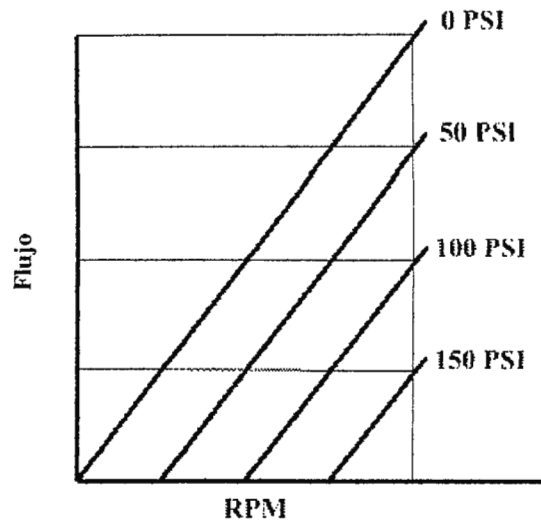
× Cuando el deslizamiento ocurre el Flujo Real está reduciéndose



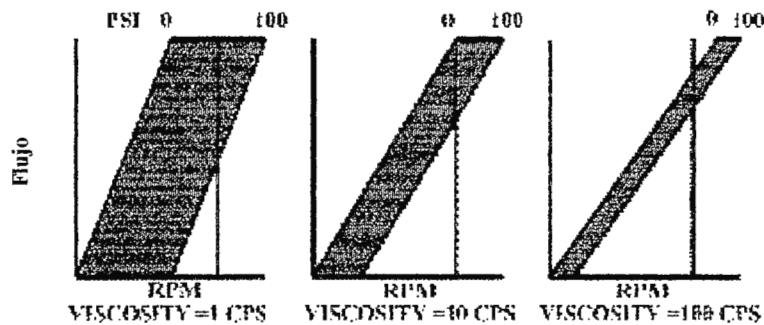
Quando existe ciertos requerimientos de flujo para mantener la presión es necesario incrementa la velocidad(RPM)



Para una velocidad(RPM) y viscosidad si la presión se incrementa los deslizamiento se incrementa generando una disminución del flujo actual



Para obtener un diferencial de presión si la viscosidad se incrementa el deslizamiento disminuye.



12.8 Efectos de mala lubricación de bombas

Bombas	Efecto por mala lubricación	Propiedad
Engranaje	Agarrado de engranajes	Viscosidad, condición antidesgaste del aceite.
Paletas	Las paletas se deslizan contra el aro	Viscosidad, Limpieza, antidesgaste,
Pistones	Pistones y zapatas corren contra el cilindro	Viscosidad, antidesgaste, compatibilidad con metales

12.9 Viscosidades de aceites para bombas

Bomba	Viscosidad mínima en operación en CSt	Viscosidad máxima al inicio con carga en cSt
Engranaje	10 a 20	860 a 1000
Paletas	10 a 30	800 a 860
Pistones	10 a 16	220 a 1600

13. Actuadores

El cilindro es el órgano que realiza el trabajo en el sistema hidráulico, vuelve a transformar la fuerza hidráulica en fuerza mecánica, los cilindros son los brazos de los circuitos hidráulicos.

TIPOS DE CILINDRO:

- a) Cilindro de Pistón (de movimiento rectilíneo).
- b) Cilindros de giratorios (de paletas, engranajes, etc.)

Cilindro de Pistón (de movimiento rectilíneo):

Los pistones pueden ser dos tipos:

a.1) Cilindros de Acción Simple:

Que actúa con fuerza en un solo sentido el aceite a presión entra por extremo del cilindro, para levantar la carga el cilindro se vuelve a retraer por el peso de la carga o por la fuerza del muelle.

En este caso el aceite a presión actúa sobre una de las caras del pistón nada más el pistón con su biela salen del cilindro por la presión del aceite, cuando deja de actuar la presión. El peso o la carga hace que la biela se retraiga de nuevo, la charnela sirve para articular el cilindro entre los dos puntos de trabajo.

Por la otra cara del pistón esta seco. En este extremo del cilindro tiene que haber un orificio de respiración para que pueda salirse el aire que empuja el pistón o para que pueda entrar cuando el cilindro se retrae no haciéndose el vacío con el objeto que no entre la suciedad, el orificio de respiración suele taparse con un filtro poroso.

El pistón lleva una junta para evitar que el aceite pase por la otra cara, sobre la misma biela se monta una junta que tienen por objeto limpiar cuando se retrae.

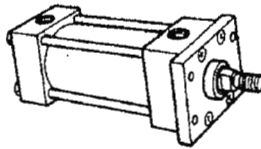
En algunos casos la biela no lleva pistón, haciendo las veces de este el extremo de la propia biela. Estos son los cilindros de "Arriete".

La biela es de un diámetro un poco más reducido que el diámetro interior del cilindro.

Estos cilindros se prefieren para algunos equipos en los que lo único que se necesita es levantar la carga para volver a dejar que baje por su propio peso.

a.2) Cilindros de Doble Acción:

Capaces de actuar con fuerza en ambos sentidos el aceite entra alternativamente por un extremo u otro del cilindro, según este retraído o extendido actuando con fuerza en ambos sentidos.



En ambos es un pistón que se encarga de recibir el aceite a presión transmitiendo a una biela.

Estos pistones suelen llevar juntas segmentos y retenes para evitar las fugas del aceite.

Estos actúan con fuerza en ambos sentidos. Cuando el aceite a presión entra por un extremo, el cilindro se extiende y cuando lo hace por el otro lado el cilindro se retrae. El aceite del lado opuesto del pistón es obligado a retornar al depósito.

En estos cilindros de doble acción tienen que llevar puntas herméticas, el pistón y la biela. Existen dos tipos de cilindros de doble acción:

➤ **Cilindros de Doble Acción Sin Equilibrar:**

Se caracteriza por la fuerza aplicada por el lado del pistón del que va la biela, es menor de la que se aplica por el lado opuesto estos se utilizan cuando se necesita un movimiento de extensión más lento pero con más fuerza y un movimiento de retracción más rápida pero con menos fuerza.

➤ **Cilindros de Doble acción Equilibrado:**

La biela va por ambas caras del pistón de esta forma ambas superficies de trabajo son idénticas el cilindro se retrae o se extiende con la misma fuerza (como es natural el equilibrio o desequilibrio de estos cilindros dependen también de las cargas. Si la carga que tiene que mover en uno y otro sentido no es la misma el cilindro se desequilibra).

Cilindros hidráulicos secundarios.

Los cilindros funcionan con el aceite que atraviesa al cilindro principal. Una parte del aceite pasa por la válvula u orificio que lleva el pistón; al otro éste, yendo desde allí al cilindro secundario, la válvula u orificio se puede calcular de forma que ambos trabajen al mismo tiempo de forma que el segundo lo haga con retraso.

Cilindros de dos pasos.

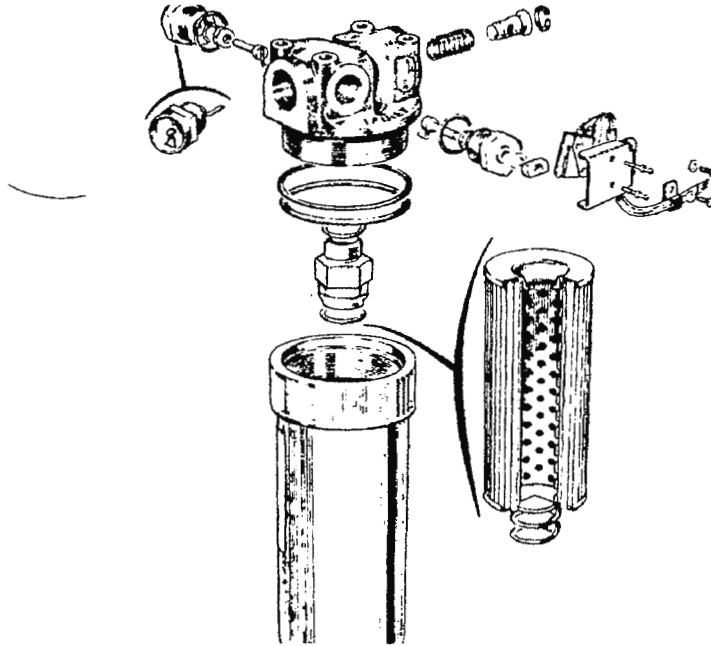
Los pistones en escalón permiten al cilindro iniciar la carrera con mucha velocidad y poca fuerza y terminar a poca velocidad y mucha fuerza, para ello se hace que el aceite a presión actúe primero sobre la cabeza de menor diámetro del pistón, empujándola con rapidez hasta el momento en que el aceite a presión llega a la segunda cabeza del pistón de mayor diámetro que es la que trabaja toda la superficie del pistón asuma la carrera de la fuerza.

Cilindros recuperadores.

En este el aceite que sale por el extremo de la biela se canaliza de nuevo hacia la cabeza dl pistón para aumentar la velocidad de su carrera, el aceite de retorno del extremo de la biela del cilindro hidráulico se suele mandar al pistón, con objeto de sumar este caudal al normal a través de la válvula de control del cilindro durante este ciclo la presión es igual en ambos extremos del cilindro.

14. Filtros.

Para que un sistema hidráulico funcione y sus elementos tengan una vida útil y larga es importante incorporar filtros.



El fluido sometido a presión puede contener suciedad por las siguientes razones:

Suciedad inicial durante la puesta en marcha, virutas de metal, arena de fundición, polvo, perlas de soldadura, escoria, pintura, suciedad diversa, medios de obturación, suministro de líquidos con partículas de suciedad.

Suciedad producida durante el funcionamiento a causa de penetración a través de las juntas, cambio de líquido, cambio de componente de sistema y cambio de tuberías.

Los filtros tienen la función de mantener la suciedad en niveles permisibles para evitar un desgaste precoz de los elementos. El filtrado tiene que ser fino y deberá controlar la eficiencia del filtro mediante un indicador.

La selección y ubicación del filtro dependen de la sensibilidad de los diversos componentes frente a la suciedad.

Las partículas de suciedad se miden y en concordancia con ello su grado de filtración dicha graduación se clasifica de la siguiente manera:

➤ **Grado absoluto de filtración:**

Indica el tamaño de la partícula más grande que puede atravesar el filtro.

➤ **Grado nominal de filtración:**

Las partículas del tamaño nominal de los poros son retenidas por el filtro después de varios pasos.

➤ **Dimensión medida de poros:**

Unidad para el tamaño promedio de los poros según la fórmula de distribución de Graß.

➤ **Valor β :**

Indica la diferencia de la cantidad de partículas de un determinado tamaño que se encuentra en el lado de entrada y en el lado de salida.

Filtración del aceite de descarga.

Los filtros para el aceite de descarga son montados directamente sobre el depósito del aceite. El cuerpo y el cartucho tienen que poder resistir picos de presión que se producen cuando se abren repentinamente válvulas grandes. Es recomendable que todo el flujo de retorno pase por el filtro. La filtración del flujo de retroceso es más económica que la filtración a altas presiones.

Parámetros importantes:

Presión de trabajo:	Según tipo hasta 30 bar
Caudal:	Hasta 1300 l/ min(en Filtros incorporables al depósito). Hasta 3900 l/min (en filtros grandes para las tuberías).
Grado de filtración:	Desde 10 hasta 25 ppm
Diferencia máx. AP:	Según tipo de cartucho hasta aprox. 70 bar.

Unidad de filtración conmutable

Este filtro esta ubicado en el tubo de aspiración de la bomba, el filtro de aspiración que proviene del deposito es aspirado a través del filtro. Con lo que solo pasa aceite filtrado al sistema hidráulico.

Parámetros importantes:

Grado de filtración: 60 hasta 100 ppm.

Este se utiliza en sistemas hidráulicos que no dan garantía de la pureza del aceite en el deposito. Su función es proteger la bomba y tiene un bajo rendimiento de filtración ya que permite el paso de partículas de 0.06 hasta 0.1 mm. Dificulta la aspiración del aceite por la bomba debido a la disminución de la presión o a causa del grado de obturación del filtro. Si el filtro tuviera un mayor grado de filtración se generaría una depresión en la bomba con efecto de cavitación. Los filtros de aspiración están provistos de una válvula de desviación para evitar este tipo de problemas de aspiración.

Filtros de presión.

Este filtro esta ubicados en la tubería de impulsión del sistema hidráulico delante los elementos sensibles a la suciedad como son por ejemplo: la bomba de las válvulas o reguladores de caudal. Tienen que ser muy resistentes ya que están expuestos a la presión del trabajo máximo. Es recomendable que no este provisto de una válvula de desviación, aunque si debería tener un indicador del grado de suciedad.

Parámetros importantes:

Presión de trabajo: Hasta 420 bar
 Caudal: Hasta 330 l/ min
 Grado de filtración: Desde 3 hasta 5 UM

Diferencia Máx. AP: Según tipo de cartucho.



Ubicación de filtros.

Los filtros pueden estar ubicados en diferentes lugares de un sistema hidráulico pueden tratarse de:

Filtros en el circuito principal:

Filtración en las tuberías de descarga de presión y aspiración.

filtro de presión: ΔP - 1 hasta 1.5 bar a temperatura de trabajo.

Filtro de descarga: ΔP -0.5 bar temperatura de trabajo.

Filtro de aspiración: ΔP -0.05 hasta 0.1 bar a temperatura de trabajo.

Filtros en el circuito secundario:

Filtración de una parte del circuito principal.

El caudal volumétrico del circuito secundario debería corresponder aprox. 10% del contenido del depósito.

El filtro debe ser grande para evitar las pérdidas de presión, las cuales son determinadas también por la viscosidad, la graduación del filtro y la cantidad del flujo. El fabricante del filtro indica el factor de viscosidad F y la pérdida de presión Δp del cuerpo y el cartucho la diferencia total de la presión ocasionada por el filtro completo se obtiene en base a la siguiente ecuación:

A total- ΔP cuerpo. ΔP cartucho

Filtros de capa simple.

Están compuestos por una capa de tejido de metal, de celulosa, de material plástico o de papel. Se trata de filtros desechables utilizados durante procesos de enjuague o en la primera puesta en marcha de una instalación hidráulica.

Filtro de capas múltiples

Pueden estar confeccionados con productos textiles, celulosa, materiales plásticos o fibras de vidrio o de metal ya sean prensados o dispuestos en varias capas de metal sintetizado. Tienen una capacidad de retención mucho mayor que los de capas simples.

El material del filtro normalmente está plegado para obtener un máximo de superficie con un volumen pequeño.

El material del filtro, su graduación y su tipo definen las propiedades y aplicaciones.

Cualquier filtro provoca una pérdida de presión. En este sentido pueden aplicarse los siguientes criterios orientativos.

15. Manómetros

Los manómetros son aparatos que emplean columnas de líquido para determinar diferencias de presión. El manómetro más elemental consta de un tubo de vidrio colocado verticalmente de tal manera que, a través de las diferencias de altura medidas por medio de un líquido dentro del tubo, se determinen rangos de presión. Con el paso del tiempo, se han diseñado diferentes tipos y estilos de manómetros, dependiendo de el uso para el que se requiera. En la actualidad ya se cuenta con una buena gama de accesorios para medir presiones, accesorios con un sistema que les permite ser más exactos y precisos.

15.1 Selección de los manómetros

Cuando se selecciona un manómetro de presión, es importante tener en cuenta los siguientes factores para obtener seguridad y precisión:

1. La composición del fluido
2. Temperatura del fluido
3. Condiciones ambientales
4. Rango de presión
5. Condiciones que afectan el uso del sistema
6. Método de instalación
7. Precisión requerida.

15.1.1 Composición del fluido

Como el elemento sensor de un manómetro puede exponerse directamente al medio medido, se deben considerar las características de este medio. Puede ser corrosivo, puede solidificarse a varias temperaturas o puede contener sólidos que dejan depósitos dentro del elemento sensor. Para líquidos de presión que no se solidifican bajo condiciones normales o no dejan depósitos es aceptable un

manómetro de tubo Bourdon. De otro modo debe de utilizarse un Sealgauge® o sello químico.

15.1.2 Temperatura del fluido

El vapor u otros medios calientes pueden elevar la temperatura de los componentes del manómetro por encima de los límite seguros de trabajo de las uniones selladas. En estos casos se recomienda que se utilice un sifón, torre de enfriamiento o sello químico junto con el manómetro.

15.1.3 Condiciones ambientales

El rango normal de temperatura ambiental de los manómetros es -40°F a 160°F (-140°C a 71°C) para manómetros secos, y -4°F a 140°F (-20°C a 60°C) para los manómetros con glicerina. El error producido por los cambios de temperatura es de $\pm 0.3\%$ por 18°F de subida o bajada respectivamente. La temperatura de referencia es 70°F (20°C) La corrección es para la temperatura del manómetro y no para la temperatura del medio. La instalación remota del manómetro utilizando un sello químico y línea capilar es una alternativa para aplicaciones con temperatura ambiente extrema.

También se deben de tener en cuenta los efectos de la humedad y el clima. Los manómetros llenos de líquido evitan la acumulación de condensación. Para el uso del aire libre, se recomienda que los manómetros estén en cajas de acero inoxidable, bronce o plásticos

15.1.4 Rango de presión

Generalmente se selecciona un rango de presión dos veces la presión de trabajo. La presión de trabajo en todos los casos debe limitarse al 75% del rango del manómetro. Donde se encuentra presión y pulsación alternantes, la presión de trabajo se debe limitar a $2/3$ el rango del manómetro.

15.1.5 Condiciones que afectan el uso del sistema

En aplicaciones que aplican fluctuación o pulsación severa de la presión, se recomienda en uso de restrictores y/o amortiguadores. Además los manómetros de líquido aumentan la vida útil en estas condiciones. Los manómetros llenos de líquido, generalmente están llenos de glicerina. También se dispone de manómetros llenos de silicona y Halocarbon[®] (para uso con agentes oxidantes con cloruro, oxígeno y peróxido de hidrógeno)

15.1.6 Método de instalación

Se dispone de conexiones radiales (LM) y conexiones posteriores (CBM o LBM) para la mayoría de los manómetros. WIKA (una compañía productora de manómetros) dispone de manómetros con conexiones roscadas estándar NPT. Otros tipos de roscas métricas, roscas rectas, lengüetas de manguera, y accesorios específicos.

De forma estandarizada, los manómetros deben instalarse en posición hacia arriba. Para aplicaciones en que el manómetro se desee montar en posición lateral como horizontal o hacia abajo, debe buscarse la compatibilidad del tipo de manómetro.

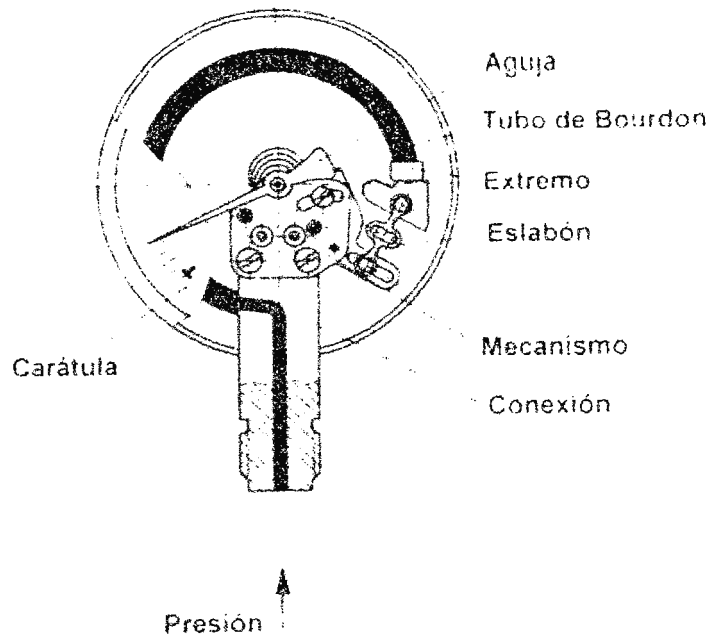
15.1.7 Precisión requerida

En el mercado se dispone de manómetros con precisiones desde $\pm 3/2/3\%$ a $\pm 0.1\%$ de error (grado B ASME a Grado 4A) Generalmente mientras más precisos son los manómetros, serán más grandes y más costosos.

15.2 Manómetros de Tubo Bourdon. Principio de operación

Los manómetros de tubo Bourdon se utilizan ampliamente en todas las ramas de la industria. La construcción es sencilla pero rígida, y la operación no requiere suministro de corriente. El elemento del tubo Bourdon está directamente expuesto al medio que se va a medir, normalmente está hecho de bronce o acero inoxidable

según lo exija la aplicación. Excepto para manómetro de presión absoluta, los manómetros de tubo Bourdon miden la presión en relación con la presión del aire circundante.

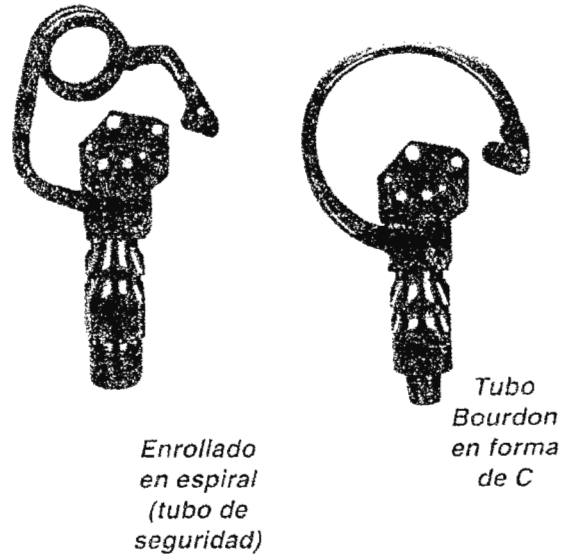


El elemento de medición del tubo Bourdon, está hecho de un tubo de pared delgada que está doblado en semicírculo (tubo en forma de C) , o enrollado espiral (tubo de seguridad). Cuando se aplica la medición al sistema de presión a través la conexión, la presión hace que el tubo Bourdon se enderece, produciendo así en el extremo un movimiento hacia arriba (o hacia abajo para medición del vacío. El movimiento del extremo se transmite mediante el eslabón al mecanismo. El movimiento convierte el movimiento lineal el extremo del tubo Bourdon en movimiento rotaciones que a su vez hace que la aguja indique la presión medida.

Los manómetros de tubo Bourdon están diseñados para medir presión y vacío y generalmente son adecuados para medir gases y líquidos limpios que no taponen.

Se utilizan varios tipos de tubos Bourdon. Los tubos Bourdon en forma de C se utilizan típicamente para los rangos hasta 800 PSI. Los rangos mayores utilizan tubos Bourdon en espiral para seguridad. Todos los manómetros de tubo Bourdon

pueden resistir presiones hasta 30% por encima de su graduación completa sin un cambio en la calibración.



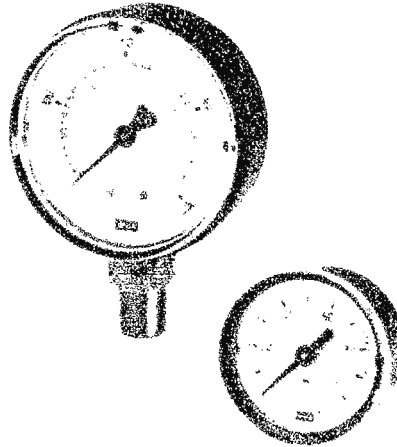
Existen manómetros de tubos de Bourdon para medir rangos totales de vacíos, compuestos y presión desde 0-10 PSI hasta 0-60,000 PSI, con una presión de $\pm 0.1\%$ a $\pm 3/2/3\%$ de span (ASME Grado 4A A Grado B).

15.3 Clasificación de manómetros

- ❖ Manómetros estándar
- ❖ Manómetros industriales / Acero inoxidable
- ❖ Manómetros llenos de líquido
- ❖ Manómetros de proceso
- ❖ Manómetros de prueba de precisión
- ❖ Manómetros de diafragma
- ❖ Manómetro para baja presión

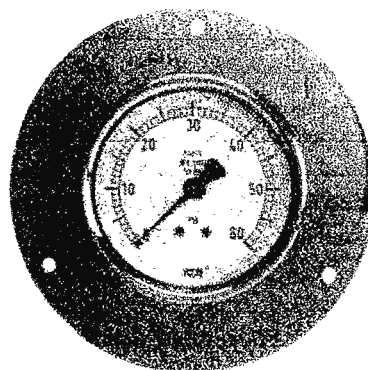
15.3.1 Manómetros estándar

Este tipo de manómetros está diseñado para servicios confiables y prolongados bajo condiciones difíciles. Algunas aplicaciones típicas son para bombas, sistemas hidráulicos y neumáticos, compresores y muchas otras aplicaciones donde el medio no corroe el bronce.



15.3.2 Manómetros industriales / Acero inoxidable

Este tipo de manómetros ofrecen servicio para trabajos pesados en medios industriales; poseen una caja de acero inoxidable y un tubo de Bourdon de seguridad en espiral para 800 psi y más. El mecanismo de grado industrial asegura exactitud repetible y larga vida útil.



15.3.3 Manómetros llenos de líquido

15.3.3.1 Ventajas de los manómetros llenos de líquido

Ventajas de los manómetros llenos de líquido:

- El líquido absorbe la vibración y las subidas bruscas de la presión.
- La acción de amortiguamiento del líquido permite al operador tomar medidas durante condiciones de rápida carga dinámica y vibración.
- El líquido lubrica todos los movimientos móviles, reduciendo en gran manera el desgaste del mecanismo.
- Como la mayoría de los manómetros están llenos de líquido no acuoso y herméticamente sellados funcionan en ambientes corrosivos y son inmunes a la penetración de la humedad y del hielo y se reducen los efectos por choque.

Los manómetros llenos de líquidos aumentan la confiabilidad e integridad del sistema de medición por periodos largos, bajo condiciones extremas de operación.

Selección del líquido correcto

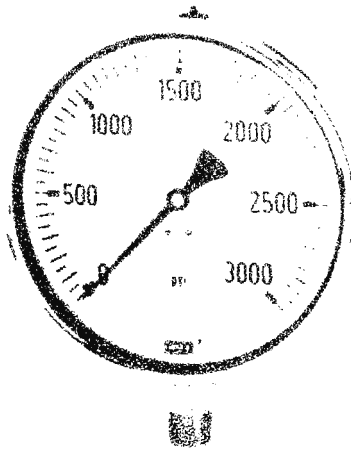
El tipo de líquido utilizado para llenar el manómetro varía de acuerdo con la aplicación. Aunque la glicerina pura permite el mejor funcionamiento en la mayoría de las aplicaciones, cada uno tiene sus propios requerimientos. Las pautas para ayudar a asegurar que el líquido se adecue correctamente a una aplicación son:

- Si el hielo es un problema, utilice manómetros llenos de aceite de silicona u otros líquidos comparables. Tiene baja viscosidad incluso a -60 C .
- Si el sistema tiene accesorios eléctricos, como contactos, utilice aceites de aislamiento, y
- Si se esperan fluctuaciones extremas de temperatura utilice aceite de silicona.

Mientras mayor es la viscosidad del líquido mayor es su capacidad de amortiguamiento. La razón de esto es que el amortiguamiento cambia en proporción a la viscosidad dependiendo de la temperatura del líquido de llenado. El grado adecuado de amortiguamiento depende de los requerimientos de operación que

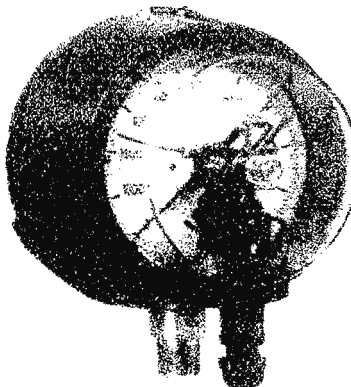
debe cumplir el manómetro, como tiempo de respuesta de la aguja, presiones extremas, vibración y cambios de presión.

Si los rangos de temperatura son muy altos, se utilizan como líquidos de llenado la silicona (-50°C a 200°C) o el Halocarbón® (-40°C a 204°C)



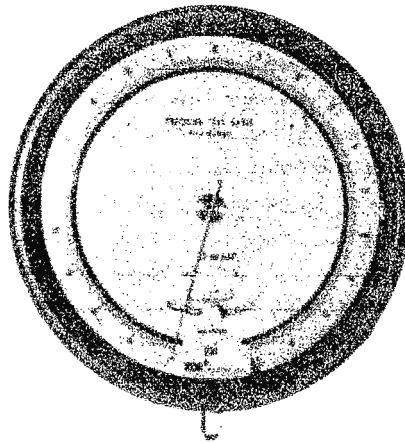
15.3.4 Manómetros de proceso

Específicamente diseñados para las industrias químicas y de procesamiento de petróleo; estos manómetros tienen la construcción, materiales y proceso de fabricación para resistir las condiciones circundantes más difíciles. Están diseñados para funcionar durante varios años con servicio exacto, al mismo tiempo que resisten la vibración, los medios corrosivos y una amplia gama de temperaturas. Poseen switches indicadores de presión que combinan la indicación de presión local con las capacidades de alarma y control en un solo sistema compacto.



15.3.5 Manómetros de prueba de precisión

Estos manómetros son extremadamente sensibles y altamente precisos, son excelentes para talleres de instrumentos, talleres de reparación y calibración de manómetros, laboratorios de prueba y otras aplicaciones que exigen resultados de alta precisión. Este tipo de manómetros posee agujas ajustables con borde de navaja y bandas de espejo en la carátula para asegurar lecturas precisas y eliminar el error de paralelismo.



15.3.6 Manómetros de diafragma

Los Manómetros de Diafragma son una alternativa confiable y de bajo costo del sistema convencional de un sello químico separado y manómetro. Como un nuevo método, el manómetro de diafragma combina un sello químico con un manómetro en una sola unidad compacta y económica.

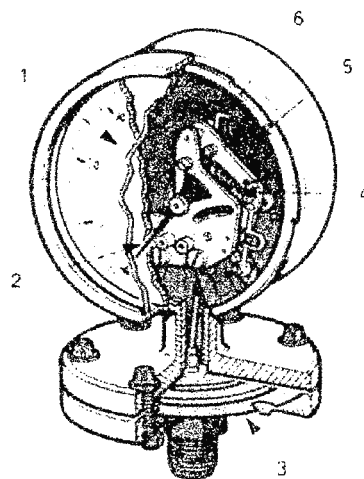
El manómetro de diafragma está construido para resistir los medios corrosivos, altamente viscosos y cristalizantes (medio gaseoso y líquido) típicos de la industria de proceso. Es especialmente bien adecuado para aplicaciones en industrias químicas, petroquímicas, pulpa y papel, y alimentos en plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales y en plantas de energía eléctrica.

Las ventajas de estos manómetros sobre los componentes separados incluyen una reducción de sensibilidad al choque de la vibración y un diseño más compacto. Y como este tipo de manómetros no utiliza un sistema líquido, se reducen los efectos de la temperatura, y es fácil de mantener, y es de precisión excepcional a baja presión.

Estos accesorios se diseñan para medir presiones hasta de 0-5" de agua y hasta 0-600 PSI. Las presiones excesivas permisibles son hasta cinco veces el rango completo de escala, con un máximo de 600 psi. Todos los manómetros secos vienen con una aguja ajustable y un ajuste de punto externo cero como una opción en manómetros llenos de líquido.

En situaciones en que hay presiones pulsantes o la vibraciones severas, se recomienda el llenado con glicerina, silicona o Halocarbono®. Para líquidos altamente viscosos o cristalizantes, pueden fabricarse con una brida inferior abierta. Para medios muy corrosivos, existe una variedad de materiales resistentes a la corrosión que se suministran mediante orden especial.

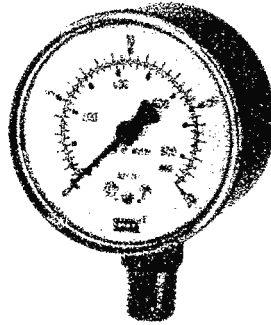
Los fluidos medidos ejercen una fuerza en el diafragma. Una varilla de empuje soldada a la parte superior del diafragma al mecanismo, a su vez traduce el movimiento lateral de la varilla de empuje en un movimiento de rotación de la aguja.



- | | |
|--------------|----------------------|
| 1. Carátula | 4. Mecanismo |
| 2. Aguja | 5. Disco soplante |
| 3. Diafragma | 6. Varilla de Empuje |

15.3.7 Manómetro para baja presión

Los manómetros para baja presión son extremadamente sensibles y altamente precisos. Poseen un fuelle de bronce diseñado para medir presión y vacío de medios gaseosos desde 15" a 200" de agua. Un tornillo de ajuste localizado en la carátula permite ajustar la aguja si fuese necesario.



UNIVERSIDAD DON BOSCO

Prácticas de laboratorio

Hidráulica.

Elaborado por :
María Eugenia Martínez
José Luis Ponze Zotelo
Milton Arsenio Santos Rivas
arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

El presente manual persigue llenar el vacío existente en la formación Técnica de la Universidad Don Bosco en el área de hidráulica.

La motivación de solventar esta problemática se debe a la necesidad de formación actualizada en esta rama de la mecánica, pilar en el desarrollo industrial. La evolución constante de la industria en búsqueda de solventar los procesos, cada vez más complejos, por medio de sistemas automatizados justifica la existencia de este medio como apoyo en hidráulica.

No pretendemos proporcionar todos los elementos en el sector de la formación, sino que se consideraron todos aquellos que sirven como bases a los conocimientos elementales.

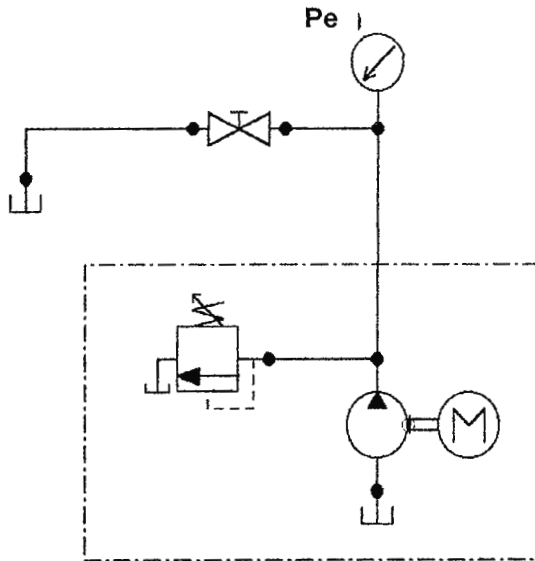
Esperamos contribuir con los estudiante de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimientos de los fluidos.

Si en algo hemos logrado contribuir en su formación, nos sentiremos más que satisfechos.

Los autores:

Guía de Circuitos hidráulicos

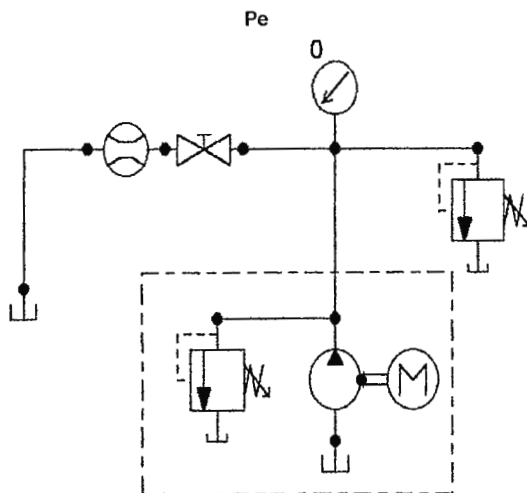
Circuito 1



Observaciones

El propósito del ejercicio es determinar la forma en que el caudal Q depende de la sobrepresión P_e (indicada en el esquema). El ejercicio trata del funcionamiento de una válvula limitadora de presión (válvula de alivio). La válvula de cierre representa una restricción hidráulica.

Circuito 2



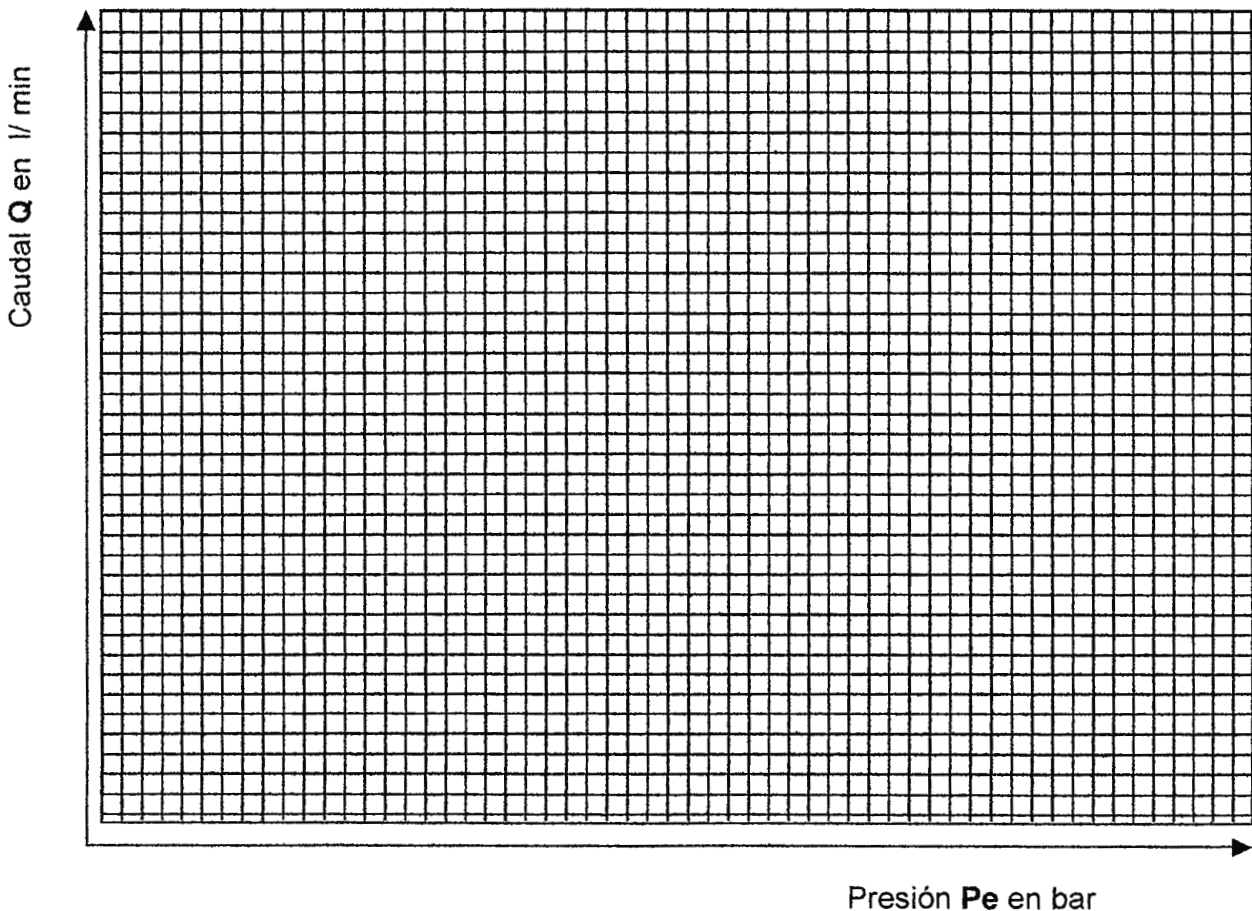
Observaciones

El propósito es estructurar circuitos, entender la formación de la presión y determinar la curva característica de la bomba. En el presente circuito se pueden variar las resistencias hidráulicas con el fin de obtener una presión P_e . Cuando mayores sea esta presión, también mayores serán las pérdidas por fricción. En la página siguiente se presenta una tabla que deberá de ser llenada, con esos datos se trazará la curva.

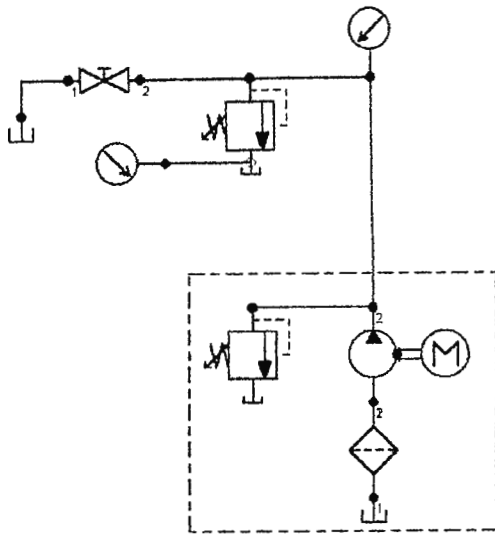
Notas importantes:

1. Tomar mediciones con el flujometro y después sustituir por un recipiente graduado en litros para realizar las mediciones del caudal de forma indirecta.
2. El tiempo de medición para cada una como máximo 5 segundos, realizar mediciones con el mismo tiempo.
3. Establecer el caudal con la siguiente expresión $Q = V / t$

Presión en bar	0	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	4.0	4.5	5
Volumen en litros										
Caudal en l/ min										



Circuito 3



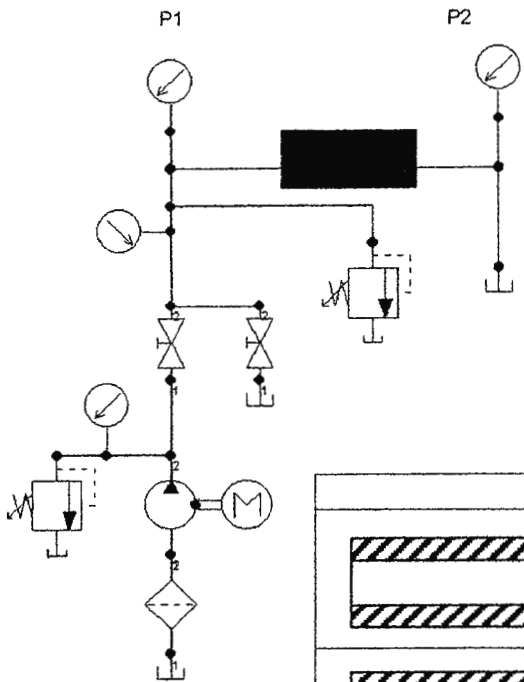
Observaciones

Válvula limitadora de presión de accionamiento directo.

Las mediciones deben de mostrar las propiedades de la válvula limitadora de presión.

Cuando se ajuste la presión máxima del sistema todos los elementos deben de estar cerrados, con el propósito de que todo el caudal de extracción pueda evacuar por la válvula limitadora de presión y pueda de esta manera ajustarse la presión deseada.

Circuito 4



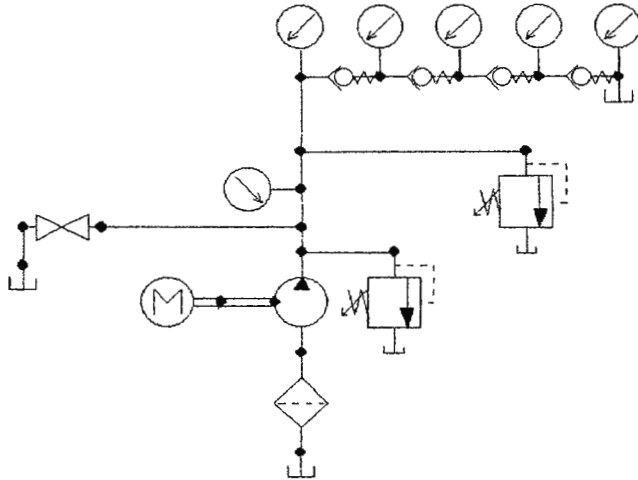
Observaciones

El movimiento del aceite a través de los componentes se convierte en una restricción hidráulica, generándose una caída de presión.

Sustituir en el circuito el elemento del rectángulo por los presentados en a continuación, tomar los datos indicados. (tubería, reguladoras de caudal)

Elementos	P1	P2	ΔP

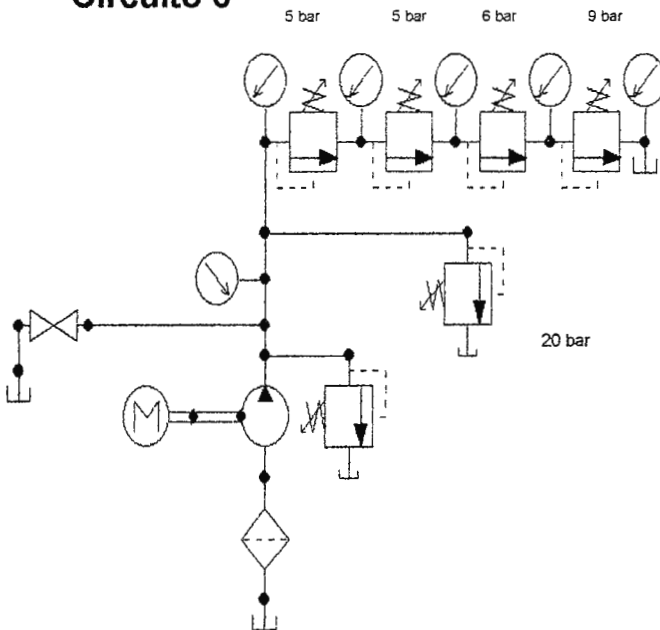
Circuito 5



Observaciones

Determine la presión de accionamiento de la válvula
Como máximo la presión de retorno al tanque como máximo de $P = 1 \text{ bar}$.

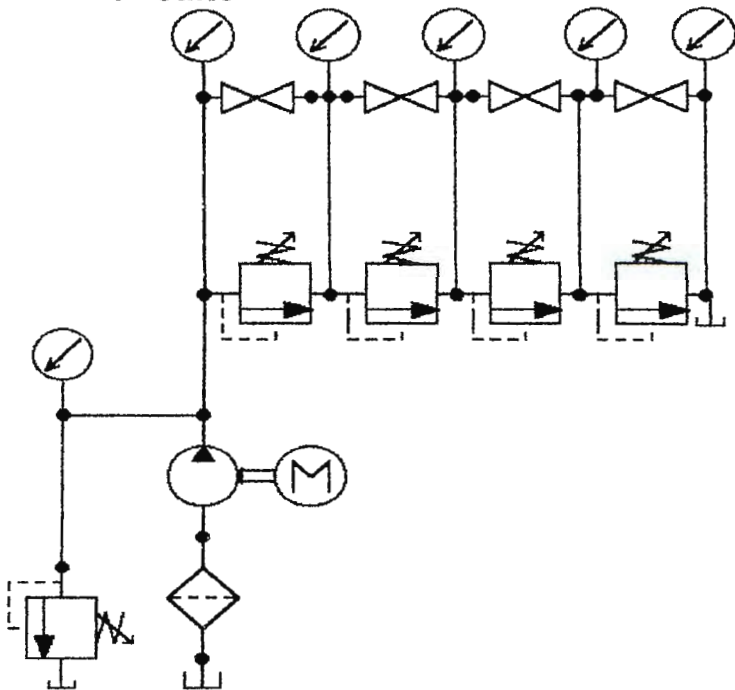
Circuito 6



Observaciones




Regule las válvulas a las presiones indicadas, determine las caídas de presión.

Circuito 7

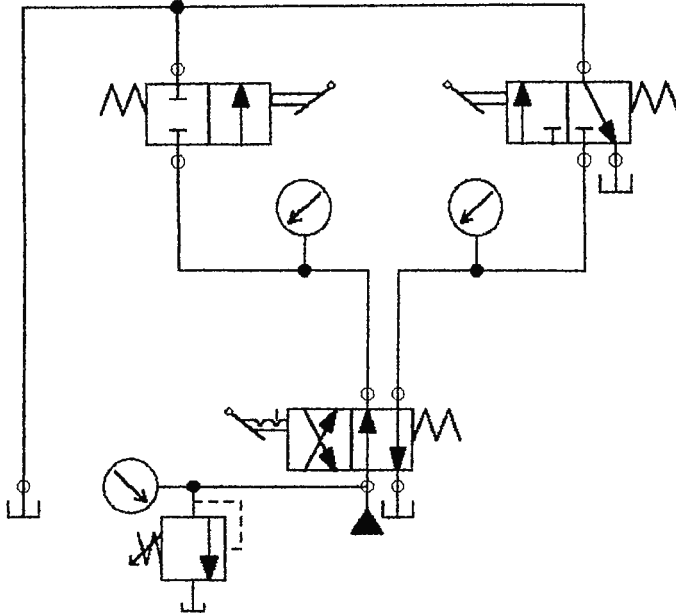


Observaciones

El propósito del ejercicio es comprender el funcionamiento de los gradientes de presión en las válvulas reguladoras de presión. Considerar en la tabla de los cierres el 1 como abierto y 0 cerrado.

No.					Presión de manómetros 								
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0									
2	0	0	0	1									
3	0	0	1	0									
4	0	0	1	1									
5	0	1	0	0									
6	0	1	0	1									
7	0	1	1	0									
8	0	1	1	1									
9	1	0	0	0									
10	1	0	0	1									
11	1	0	1	0									
12	1	0	1	1									
13	1	0	0	0									
14	1	1	0	1									
15	1	1	1	0									
16	1	1	1	1									

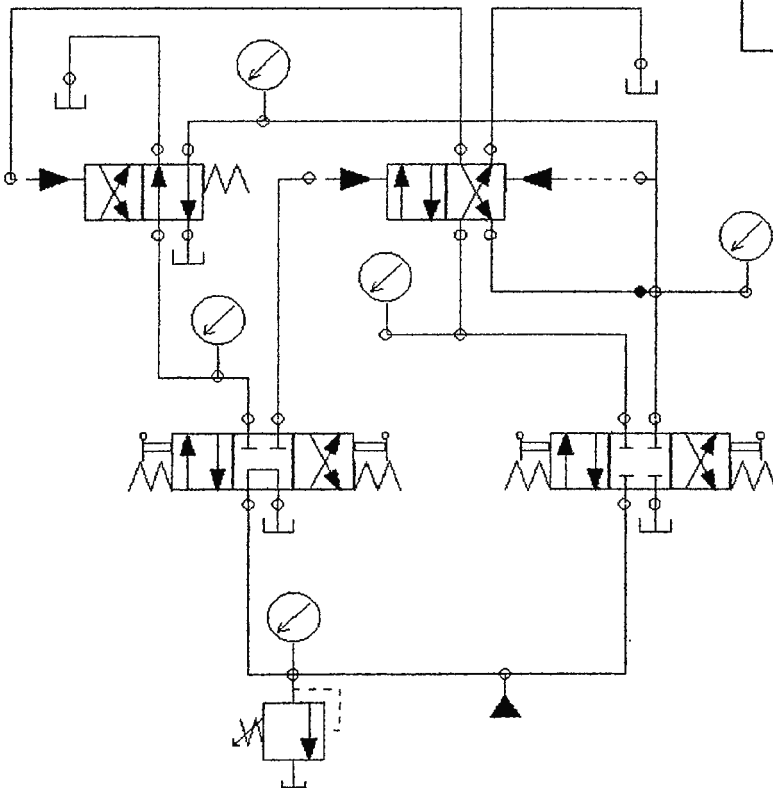
Circuito 8



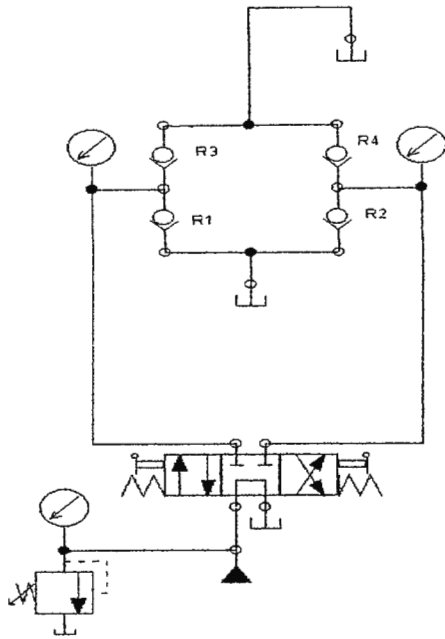
Observaciones

El propósito del ejercicio 8 y 9 es comprender el funcionamiento del gobierno de las corrientes de fluido por las válvulas distribuidoras. Explique el direccionamiento del fluido en el circuito, para esto auxíliese de mediciones de presiones en los puntos indicados por los manómetros. Ajuste la válvula reguladora de presión según indicaciones del instructor y revise apropiadamente los aprietes de los racores.

Circuito 9



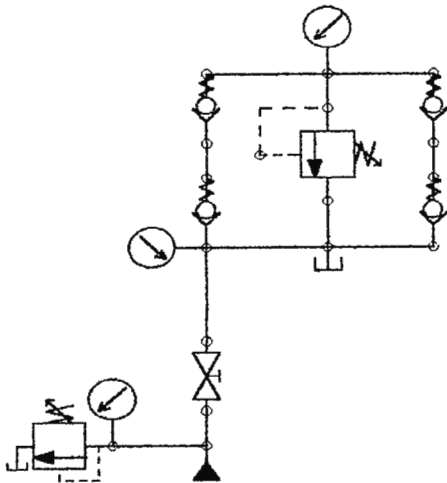
Circuito 10.



Observaciones				
El propósito del ejercicio 10 y 11 es comprender el funcionamiento de la válvulas de retención.				
El las tablas 1 indica paso de fluido y 0 restricción de fluido. Elabore				

	R1	R3	R2	R4
1				
0				

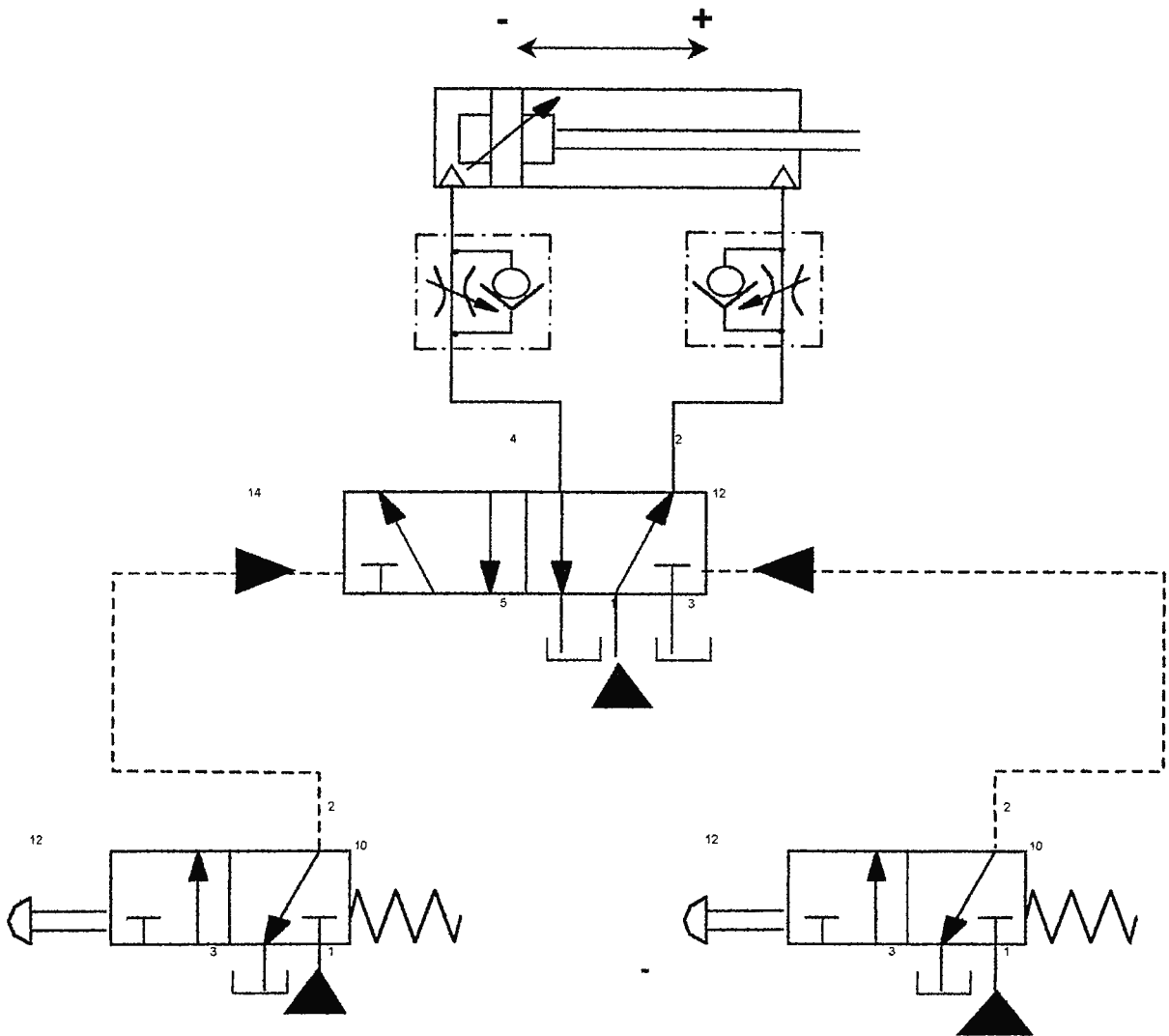
Circuito 11



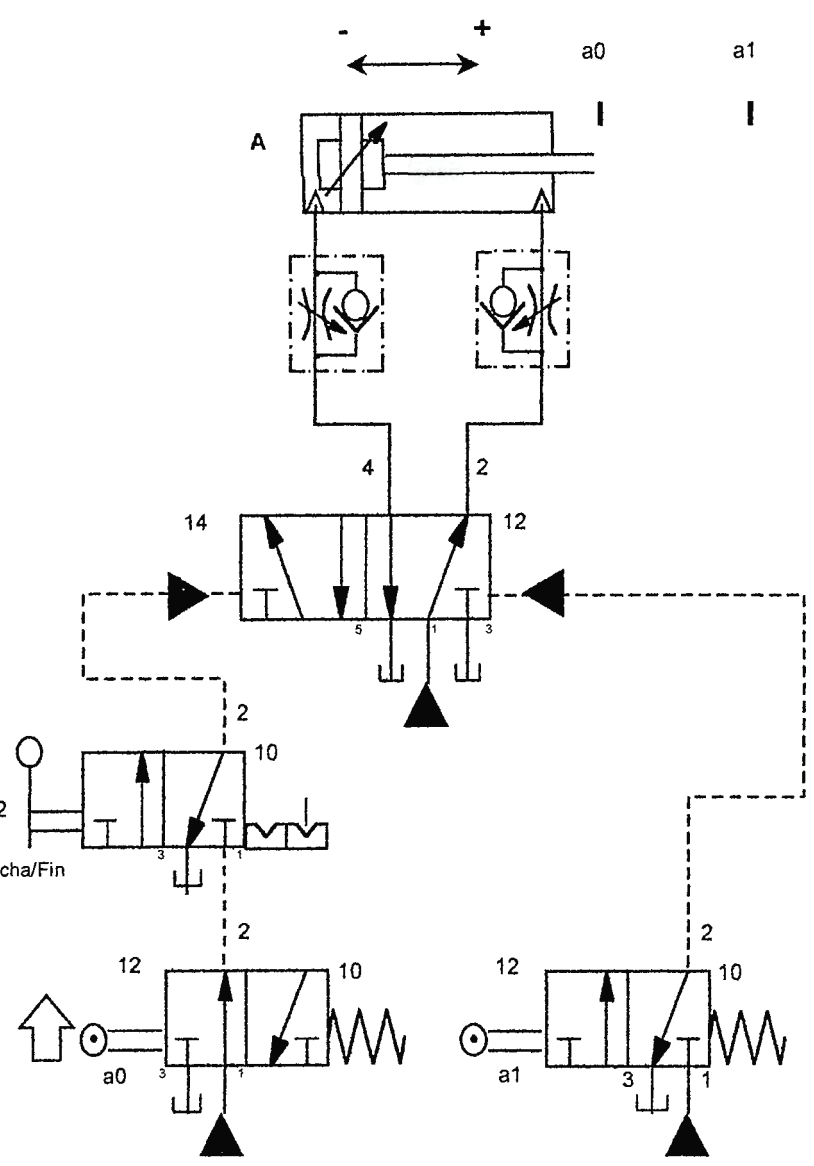
	R1	R2	R3	R4
1				
0				

Circuito 12

Observaciones
El propósito del ejercicio es Controlar manualmente por remoto un cilindro de doble efecto con regulación de caudal con una válvula 5/2

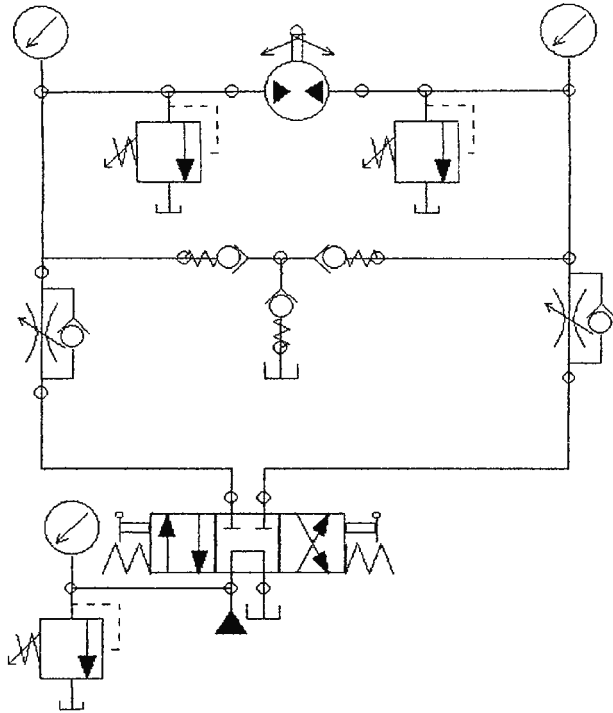


Circuito 13



Observaciones
Control automático completo

Circuito 14



Observaciones

El propósito del ejercicio es conocer el funcionamiento del motor hidráulico

Apuntes de clases

Automatización Industrial.

Elaborado por :
María Eugenia Martínez
José Luis Ponze Zotelo
Milton Arsenio Santos Rivas
arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

El presente manual persigue llenar el vacío existente en la formación Técnica de la Universidad Don Bosco en el área de automatización hidráulica y neumática.

La motivación de solventar esta problemática se debe a la necesidad de formación actualizada en esta rama de la mecánica, pilar en el desarrollo industrial. La evolución constante de la industria en búsqueda de solventar los procesos, cada vez más complejos, por medio de sistemas automatizados justifica la existencia de este medio como apoyo a los procesos de automatización.

No pretendemos proporcionar todos los elementos en el sector de la formación, sino que se consideraron todos aquellos que sirven como bases a los conocimientos elementales.

La estructura del presente manual se encuentra dividida en dos secciones, la primera contempla el marco teórico y la segunda contempla ejercicios de practica de laboratorio.

Esperamos contribuir con los estudiante de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimientos de los fluidos.

Si en algo hemos logrado contribuir en su formación, nos sentiremos más que satisfechos.

Los autores:

Contenidos

1. Conceptos básicos.	4
2. Sistema de control	5
3. Elementos del sistema de control	7
4. Censores de magnitudes mecánicas, presencia y visión	9
4.1 Posición lineal y angular	
4.2 Censores acústicos	
4.3 Censores de pequeños desplazamientos o deformaciones	
4.4 Visión artificial	
4.5 Censores táctiles	
4.6 Detectores de proximidad	
4.7 Censores de aceleración	
4.8 Transductores de velocidad	
4.9 Transductores de fuerza y par	
5. Censores de propiedades fluido mecánicas.	31
5.1 Transductores de presión	
5.2 Transductores de caudal	
6. Transductores de temperatura	37
6.1 Termostatos	
6.2 Térmoresistencias Pt100	
6.3 Térmoresistencias PTC, NTC (Termistores)	
6.4 Pirómetros de radiación	
7. Generalidades de los PLC's	41
7.1 Historia de los PLC's	
7.2 Componentes	
7.3 Comparación entre los modelos de PLC's compactos	
7.4 Programación y lenguaje	
7.5 Conceptos de diagramas de escalera aplicados a PLC's.	
7.6 Conceptos de programación por instrucciones en lenguaje step 5, para PLC's SIEMENS	
7.7 Ejercicios de programación	
7.8 Historia de los PLC's	

I. CONCEPTOS BÁSICOS.

Un sistema mecatrónico, constructivamente es un conjunto de elementos y uniones puramente mecánicos y una serie de elementos eléctricos, electrónicos, electromecánicos, neumáticos, electroneumáticos, hidráulicas, electrohidráulicos, etc, que pueden englobarse genéricamente con el término "componentes no mecánicos" del sistema mecatrónico. Cabría aclarar que este no es un término del todo correcto si se tiene en cuenta que muchos de estos elementos están dotados de movimiento y por tanto sujetos a leyes de comportamiento mecánicas, pero al no ser puramente mecánicos se acepta su inclusión bajo este nombre genérico.

Los componentes no mecánicos llevan a cabo la mayor parte de las tareas de accionamiento y control del sistema mecatrónico:

El sistema de control centraliza el control del sistema mecánico a través de la información que recibe de los sensores y que envía a los actuadores.

Los Actuadores suministran el aporte energético al sistema mecánico

Los transductores o sensores detectan la respuesta del sistema para informar al sistema de control

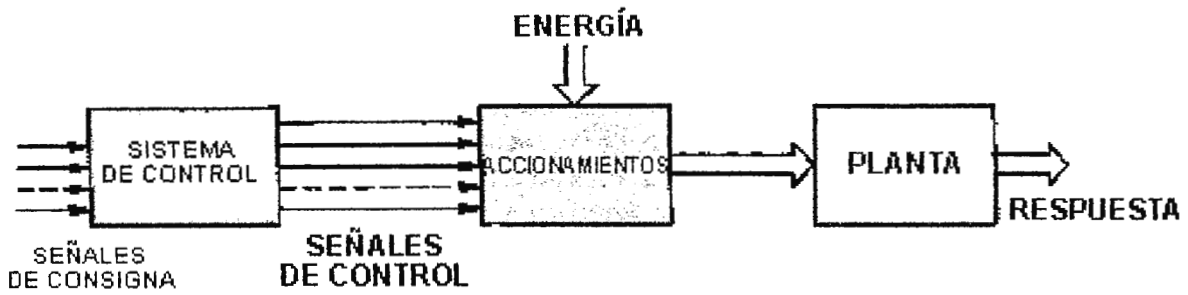
2. SISTEMA DE CONTROL

Desde un punto de vista general el concepto de control puede abarcar desde un relee que acciona una electroválvula hasta el más sofisticado algoritmo implantado sobre un ordenador, si bien podría acotarse la definición para el presente ámbito, y desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas, como el conjunto acciones que se decide tomar sobre un sistema puramente mecánico a través de otro sistema denominado de control, para que el primero desempeñe una determinada tarea. El conjunto de ambos sistemas (mecánico y de control) es lo que se denomina sistema mecatrónico.

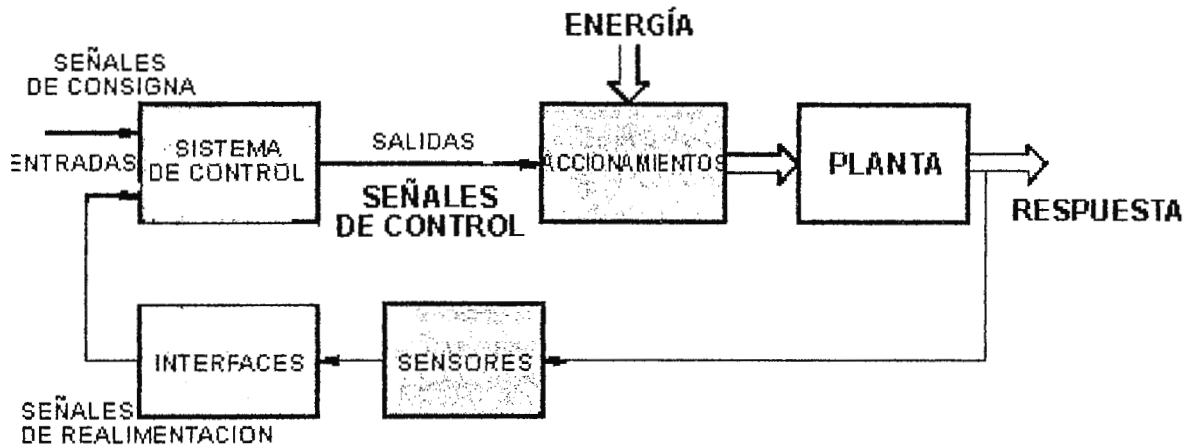
El objetivo del sistema de control es gobernar la respuesta del sistema mecánico, sin que nadie intervenga de manera directa sobre el mismo, salvo en la introducción de condiciones iniciales o de consigna, mediante la adecuación de las condiciones de control sobre los actuadores que dotan al sistema del aporte energético necesario para desarrollar su tarea.

El sistema de control opera, en general con magnitudes de baja potencia, llamadas genéricamente señales que gobiernan los accionamientos que son los que realmente llevan a cabo el aporte energético sobre el sistema mecánico. Si la respuesta del sistema no es evaluada, este tipo de sistema de control se denomina en lazo abierto, si por el contrario, como es habitual el control debe decidir ante distintas respuestas del sistema (sistema automático de control), se requiere la existencia de sensores cuyas señales sean adaptadas de manera adecuada para ser interpretadas por el sistema de control. Este tipo de control se denomina en lazo cerrado o con realimentación. De esta forma el sistema de control puede dividirse en cuatro partes:

- ✓ Sistema de control
- ✓ Interfaces o sistemas de adaptación
- ✓ Actuadores o Accionadores
- ✓ Sensores o transductores



SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO



SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Figura 1 Relaciones entre los elementos del sistema de control

3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Unidad de control

La unidad de control ejecuta la función o algoritmo de control del sistema mecatrónico y elabora las señales de control, que comandan el aporte energético de los actuadores sobre el sistema mecánico, a partir de las señales de consigna y las señales de realimentación, que provienen de los sensores. Normalmente es necesario que las señales que provienen de los sensores sean acondicionadas y adaptadas para ser interpretadas por la unidad de control. Ésta suele ser un sistema electrónico basado en microprocesadores, lo cual hace que el sistema de control sea a menudo reprogramable, aumentando la capacidad de aplicación a diferentes tareas del sistema mecatrónico desarrollado.

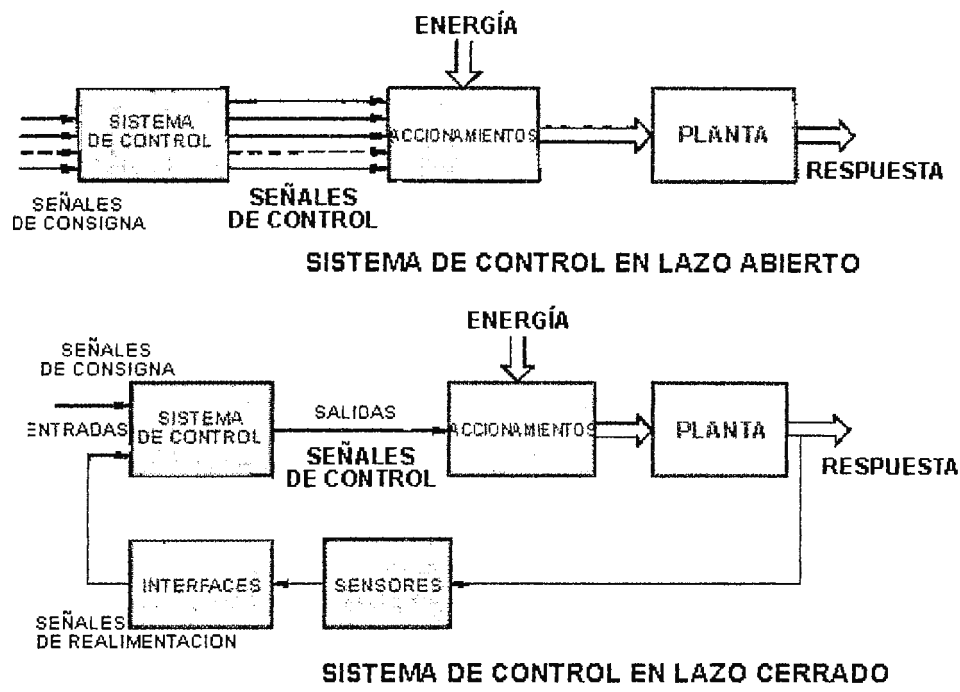


Figura 2 Funcionamiento del sistema de control

Sistemas de adaptación

Los sistemas de adaptación son elementos imprescindibles en todo sistema mecatrónico pues permiten la adecuación de señales de consigna y control a las especificaciones de entrada y salida de la unidad de control.

Censores

La cadena de realimentación en el sistema de control, es necesaria en la mayoría de los sistemas mecatrónicos, si se desea una respuesta precisa y rápida, que se adecue a lo que se demanda del sistema. Esta cadena esta dotada de unos elementos de captación de las magnitudes físicas necesarias para controlar el sistema, que se llaman sensores o transductores.

La clasificación más comúnmente aceptada de sensores suele realizarse en base a la magnitud detectada

Magnitudes mecánicas, presencia y visión

Posición lineal o angular

Pequeños desplazamientos o deformaciones

Velocidad lineal o angular

Aceleración

Transductores de fuerza y par

Acústica

Proximidad

Táctiles

Visión artificial

Magnitudes fluido mecánicas

Presión

Caudal

Térmicos

Temperatura

4. Censores de magnitudes mecánicas, presencia y visión

4.1 Posición Angular y lineal.

a) Potenciómetro angular

Es un transductor de posición angular, de tipo absoluto y con salida de tipo analógico. Básicamente es una resistencia de hilo bobinado en una pista de material conductor, distribuida a lo largo de un soporte en forma de arco y un cursor solidario a un eje de salida que pueda deslizarse sobre dicho conductor. El movimiento del eje arrastra el cursor provocando cambios de resistencia entre éste y los extremos. De esta forma si se alimentan los extremos con una tensión constante V_0 aparece en la toma de medida una tensión proporcional al ángulo girado a partir del origen. Interesa que esta variación sea lineal como se representa en la figura. En cuanto a la respuesta dinámica el potenciómetro es un elemento proporcional sin retardo, pero la frecuencia de funcionamiento suele quedar limitada a 5 Hz por motivos mecánicos.

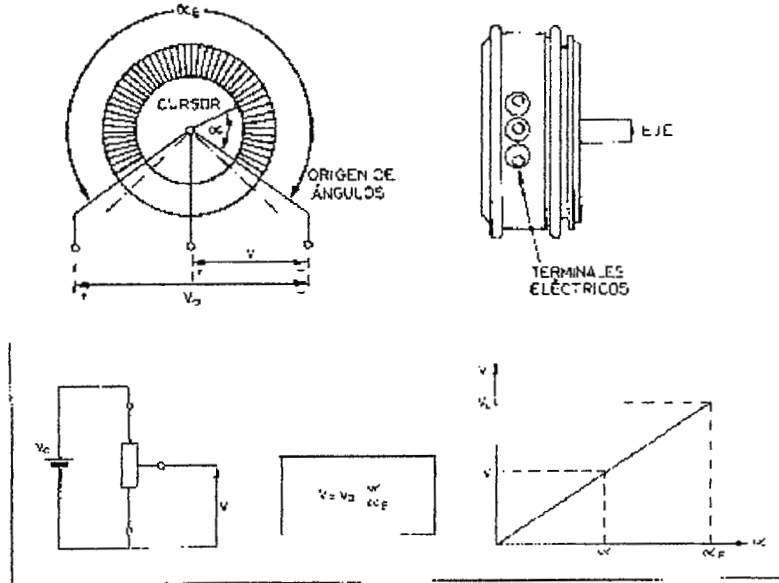


Figura 3 Potenciómetro angular

b) Encoders

Los encoders son dispositivos formados por un rotor con uno o varios grupos de bandas opacas y translúcidas alternadas y un estator con una serie de captadores ópticos que detectan la presencia o no de banda opaca. Existen dos tipos de encoders, incrementales y absolutos. Los primeros dan un determinado número de impulsos por vuelta y requieren un contador para determinar la posición a partir de un origen de referencia, los absolutos disponen de varias bandas en el rotor ordenadas según un código binario, y los captadores detectan un código digital completo que es único para cada posición del rotor.

Los encoders incrementales suelen tener una sola banda de marcas repartidas en el disco del rotor y separadas por un paso p . En el estator disponen de dos pares de emisor-receptor ópticos, decalados un número entero de pasos más $\frac{1}{4}$ de paso. Al girar el rotor genera una señal cuadrada, el decalaje hace que las señales tengan un desfase de $\frac{1}{4}$ de periodo si el rotor gira en un sentido y de $\frac{3}{4}$ si gira en el sentido contrario, lo que se utiliza para discriminar el sentido de giro.

Un simple sistema lógico permite determinar desplazamientos a partir de un origen, a base de contar impulsos de un canal y determinar el sentido de giro a partir del desfase entre los dos canales. Algunos encoders pueden disponer de un canal adicional que genere un pulso por vuelta y la lógica puede dar número de vueltas más fracción de vuelta.

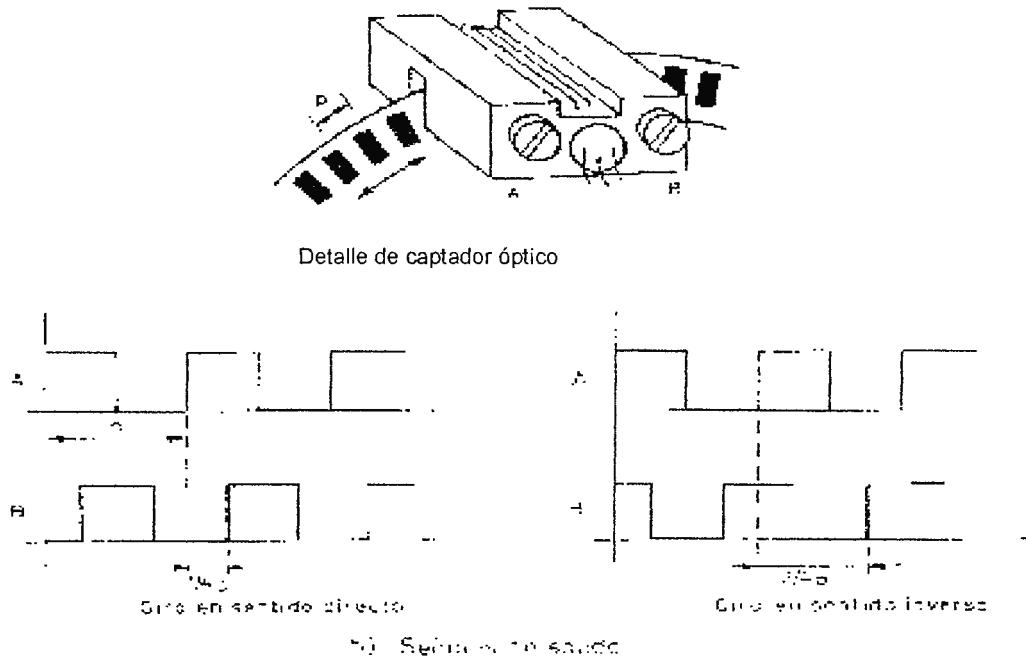


Figura 4 Encoder Incremental

La resolución del encoder depende del número N de divisiones del rotor, es decir del número de impulsos por revolución. No debe confundirse lo que es resolución angular del encoder con la posible resolución de un sistema de medida de coordenadas lineales que dependerá de la desmultiplicación mecánica.

Los encoders absolutos disponen de varias bandas dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas, dispuestas de tal forma que en sentido radial el rotor queda dividido en sectores, con combinaciones de opacos y transparentes que siguen un código Gray o binario

Encoder absoluto

El estator dispone de un conjunto emisor-receptor ópticos para cada corona del rotor. El conjunto de información binaria obtenida de los captadores es único para cada posición del rotor y representa su posición absoluta. Se utiliza el código Gray en lugar de un binario clásico porque en cada cambio de sector sólo cambia el estado de

una de las bandas, evitando errores por falta de alineación de los captadores. Para un encoder con N bandas, el rotor permite 2^N combinaciones, la resolución será 360° entre los 2^N sectores, por ejemplo para encoders de 12 y 16 bits se obtiene una resolución angular de 0.0879° y 0.00054° respectivamente.

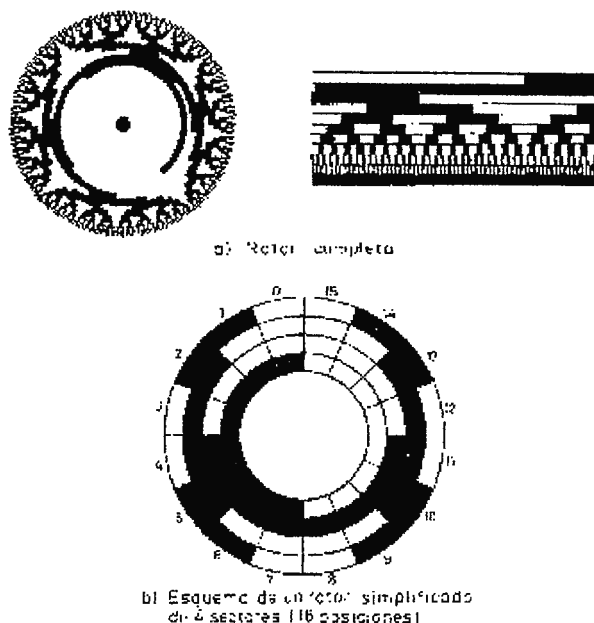


Figura 5 Encoder absoluto

c) Síncros y Resolvers

Un sincro es un transductor de posición angular de tipo electromagnético. Su principio de funcionamiento puede resumirse diciendo que se trata de un transformador, en el que uno de los devanados es rotativo. La configuración más habitual es :

Primario en el rotor y monofásico

Secundario en el estator y trifásico

En la Figura 6 se representa el esquema de un Sincro con la configuración indicada. Cuando se aplica una tensión senoidal al devanado primario, se recogen en los devanados secundarios de cada una de las fases tres tensiones, cuya amplitud y fase con

respecto a la tensión del primario dependen de la posición angular del rotor.

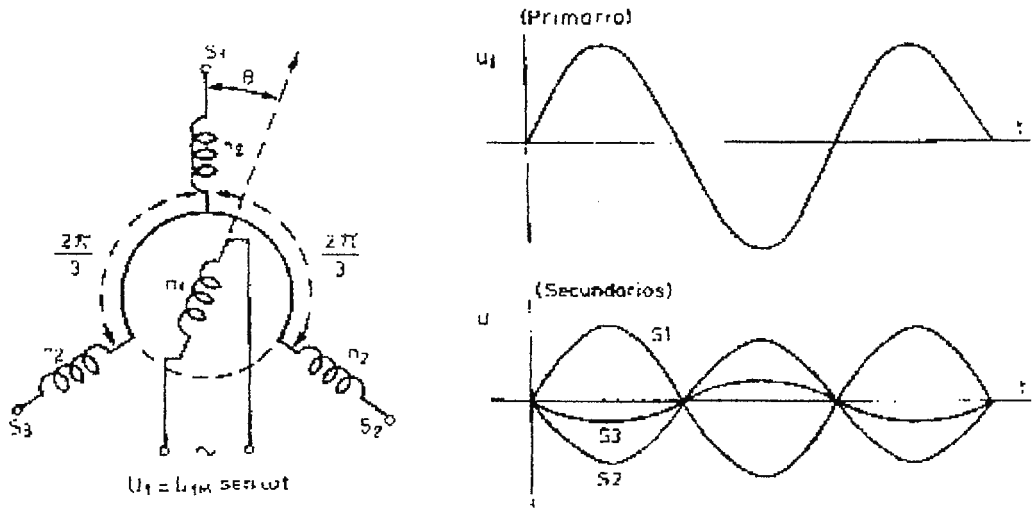


Figura 6

Funcionamiento del Sincro

En caso de existir una sola fase en el estator existiría una indeterminación en el signo del ángulo, que desaparece para un estator trifásico.

Una configuración particular del Sincro es la del Resolver, cuyo principio de funcionamiento es análogo, con las siguientes particularidades constructivas :

Primario en el estator y bifásico

Secundario en el rotor, monofásico o bifásico.

En la Figura 7 se representa de forma esquemática una configuración típica. Los devanados del estator se alimentan en serie, dando un campo estacionario sobre el eje y los devanados del rotor recogen distintas tensiones en función de θ_1 .

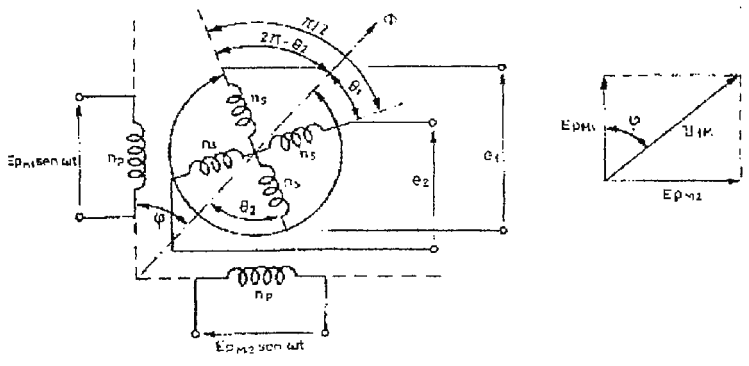


Figura 7 Esquema de resolver

d) Censores Inductosyn

Es un transductor electromagnético utilizado para la medida de desplazamientos lineales, con precisión del orden de micras. Se emplea en máquinas medidoras de coordenada y máquinas herramientas de control numérico. El transductor consta de dos partes acopladas magnéticamente, una denominada escala fija y situada paralela al eje de desplazamiento y otra solapada a la anterior deslizante y solidaria a la parte móvil.

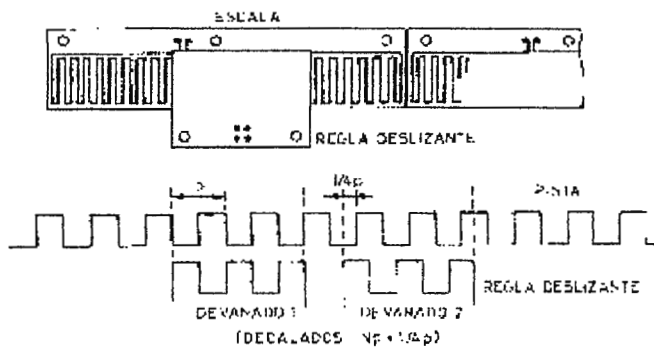


Figura 8 Inductosyn

La parte fija lleva grabado un circuito impreso con pistas en forma de onda rectangular con un paso p . La parte móvil tiene dos más pequeños, encarados con los de la escala, y desfasados entre si un número entero de pasos mas $\frac{1}{4}$ de paso (análogamente a lo visto para encoders incrementales). Si se excita la parte fija con una señal alterna en cada uno de los circuitos de la parte deslizante se recoge una tensión que es función del desplazamiento lineal y el paso de onda de la escala. La amplitud varia entre un máximo y un mínimo según las que los circuitos fijo y móvil estén enfrentados o decalados $\frac{1}{2}$ de paso. La medida se realiza sumando el número de ciclos de señal de salida completos, más la variación dentro de un ciclo. La indeterminación del sentido se resuelve comparando la fase de los dos captadores.

e) Censores LASER

Los sensores LASER pueden utilizarse como detectores de distancias por análisis de interferencias (interferometría LASER). El principio de funcionamiento se basa en la superposición de dos ondas de igual frecuencia, una directa y la otra reflejada. La onda resultante pasa por valores máximos y mínimos al variar la fase de la señal reflejada. Los sensores industriales generan un haz de luz que se divide en dos partes ortogonales mediante un separador. Un haz se aplica sobre un espejo plano fijo, mientras el otro refleja sobre el objeto cuya distancia se quiere determinar, los dos haces se superponen de nuevo en el separador, de forma que al separarse el objeto se generan máximos y mínimos a cada múltiplo de la longitud de onda del haz. La distancia se mide contando dichas oscilaciones o franjas, obteniéndose una salida digital de elevada precisión.

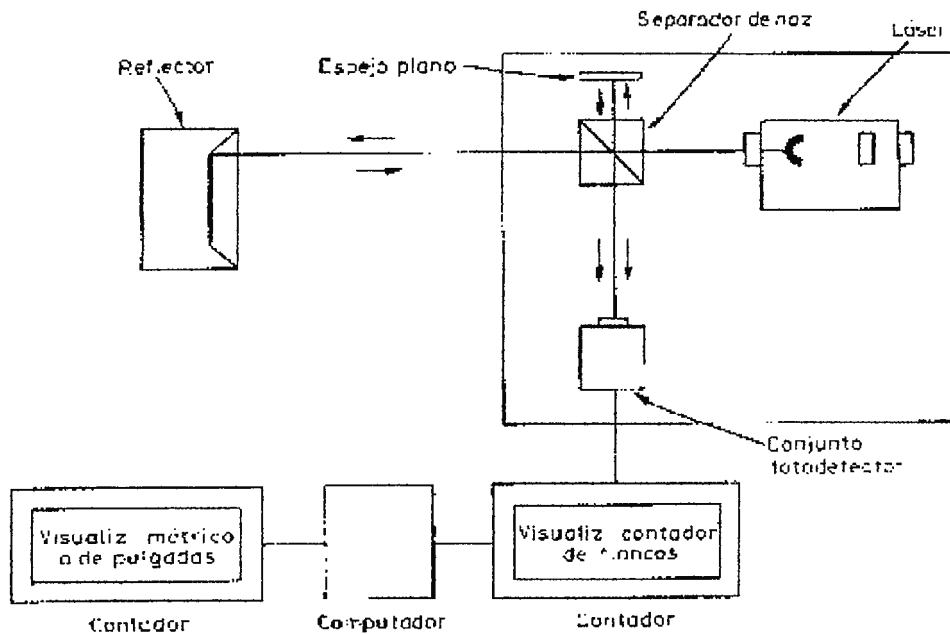


Figura 9 Esquema de interferómetro LASER

f) Sensores ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos emiten una señal de presión hacia el objeto cuya distancia se pretende medir, y miden el tiempo que transcurre hasta la recepción del eco reflejado. El más conocido es el SONAR o en la actualidad los sistemas de

ecografía, en el campo industrial se suelen emplear para controlar niveles de sólidos en depósitos, presencia de obstáculos en celdas robotizadas, detección de grietas en la inspección de materiales o soldaduras.

g) Sensores magnetoestrictivos

Están también basados en la detección de un impulso ultrasónico generado por la deformación elástica que se produce en algunos materiales bajo el efecto de un campo magnético.

Básicamente se trata de una varilla de material magnético en la que se genera una perturbación ultrasónica mediante una bobina inductora, sobre la varilla se coloca un imán móvil que puede deslizarse. El imán provoca un cambio de permeabilidad en el medio y esto provoca una reflexión de la onda ultrasónica, pudiéndose detectar la distancia al imán por el tiempo en recibir el eco.

4.2 Sensores acústicos

Las ondas sonoras se manifiestan por las variaciones de presión y velocidad que ellas generan. En la mayoría de los casos el campo acústico en un punto es el resultado de la superposición de ondas sonoras que han experimentado reflexiones múltiples. Los micrófonos son los sensores que facilitan la conversión de una señal acústica en eléctrica. Se pueden aplicar diversos principios a su realización siendo la más común la combinación de fenómenos mecánico-acústicos y su conversión electromecánica.

◆ Capacitivos

El micrófono de condensador está formado por una placa delgada o membrana llamada diafragma, tal que es susceptible de moverse por acción de las variaciones de presión sonora, y por otra placa posterior fija y paralela al diafragma de la figura a. Los movimientos de éste, respecto de la placa posterior, determinan variaciones de la capacidad eléctrica del condensador así formado. La polarización del condensador se realiza a un nivel fijo de corriente continua y a

través de un circuito con alta constante de tiempo (si se compara con las variaciones de presión). Las variaciones de presión provocan variaciones de la capacidad eléctrica que se traducen en variaciones de tensión. Este tipo de micrófono se caracteriza por el bajo nivel de ruido y respuesta en frecuencias uniforme así como de tener una adecuada sensibilidad acústica, lo que hacen de él un sensor muy apropiado para la medida acústica, sus principales inconvenientes son la susceptibilidad para la humedad y la pequeña capacidad de salida.

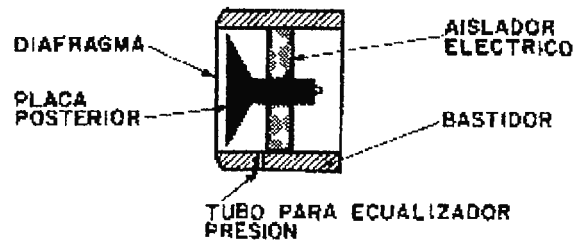


Ilustración i Micrófono capacitivo

◆ Piezoeléctricos

Este tipo de micrófono utiliza la fuerza producida por la presión del aire para deformar un material piezoeléctrico que a su vez genera carga eléctrica. Los materiales utilizados pueden ser tanto cristales naturales (cuarzo, turmalina, etc), como los creados añadiendo impurezas a una estructura cristalina natural (titanatos de Bario y titanozirconatos de Plomo). En la figura b se representa el esquema constructivo de un micrófono de este tipo. El diafragma se utiliza como colector de fuerza para aplicarla sobre el cristal, el esfuerzo que se le aplica es de flexión, esto obliga a disponer el cristal simplemente apoyado o en voladizo. Este micrófono es muy robusto mecánicamente aun cuando tiene una sensibilidad acústica más baja, otro inconveniente lo supone su alta sensibilidad a las vibraciones.

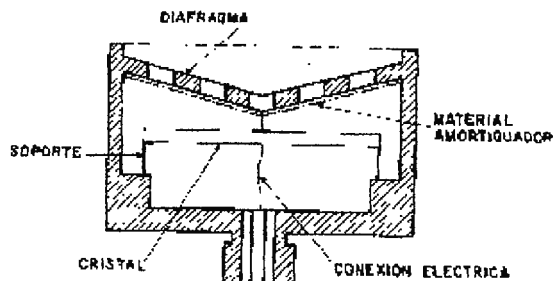


Ilustración ii Micrófono piezoeléctrico

◆ Electrodinámicos

Se denominan también de bobina móvil. Este sensor utiliza la velocidad comunicada al diafragma por la presión sonora para inducir una fuerza electromotriz en la bobina móvil que se halla en el interior de un campo magnético. Su constitución es pues muy semejante a la de un altavoz electrodinámico, la baja impedancia permite su colocación con cables largos a gran distancia de punto de análisis y su ruido interno es muy bajo, por contra la respuesta en frecuencia no es muy buena y es sensible a campos magnéticos externos y vibraciones, en la figura c aparece representado un esquema constructivo de este micrófono.

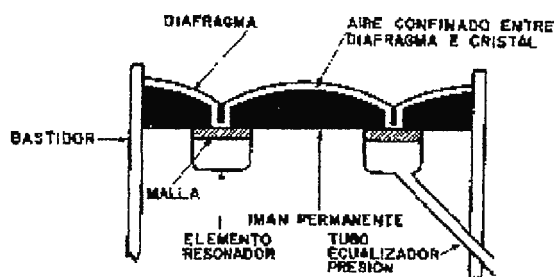


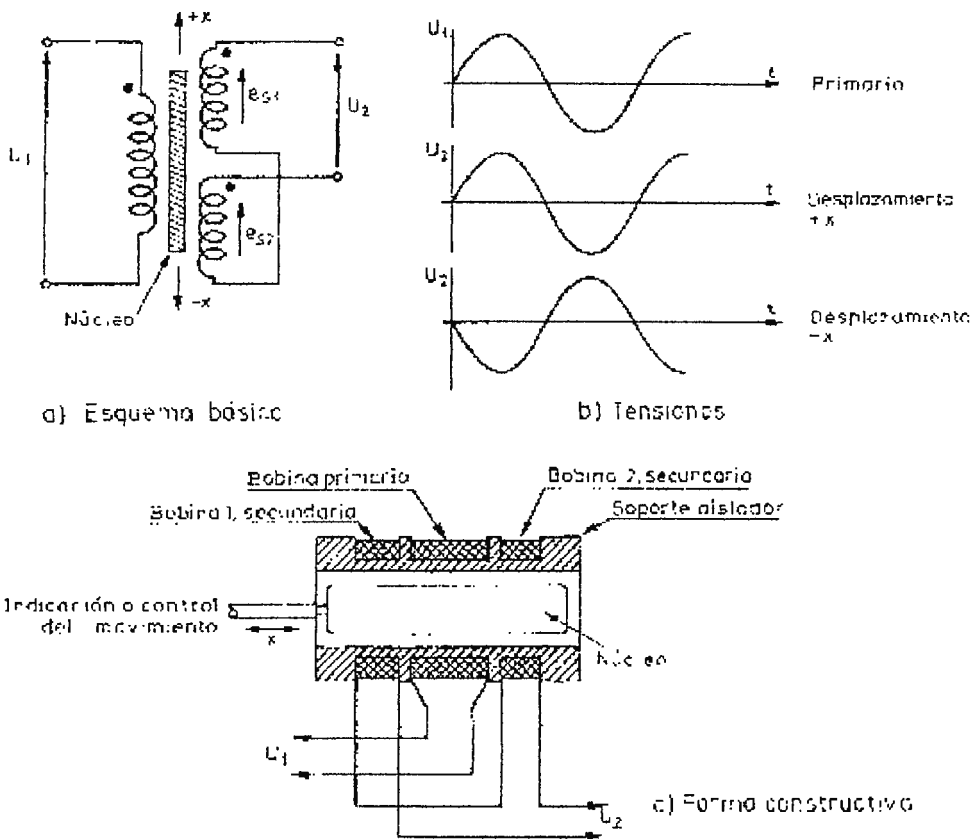
Ilustración iii Micrófono electrodinámico

4.3 Censores de pequeños desplazamientos o deformaciones.

✕ Transformadores diferenciales

El transformador diferencial dispone de un primario y dos secundarios idénticos acoplados magnéticamente al primario mediante un núcleo móvil, dicho núcleo es solidario a un palpador, cuyo desplazamiento es el que se mide, de tal forma que en reposo el palpador está colocado simétricamente respecto de los secundarios y al desplazarse se descentra. El desplazamiento puede ser lineal o rotativo.

En la Figura se representa un transformador diferencial lineal, tanto en estos como en los rotativos, los dos secundarios se suelen conectar en oposición, de tal forma que, en la posición cero, las tensiones inducidas en cada uno de ellos son iguales y por tanto, la tensión total obtenida es nula. Si el núcleo se desplaza, las tensiones de los secundarios dejan de ser iguales y la tensión U_2 varia en módulo y signo según el sentido de desplazamiento. Pueden alcanzarse resoluciones de algunas décimas de milímetro.

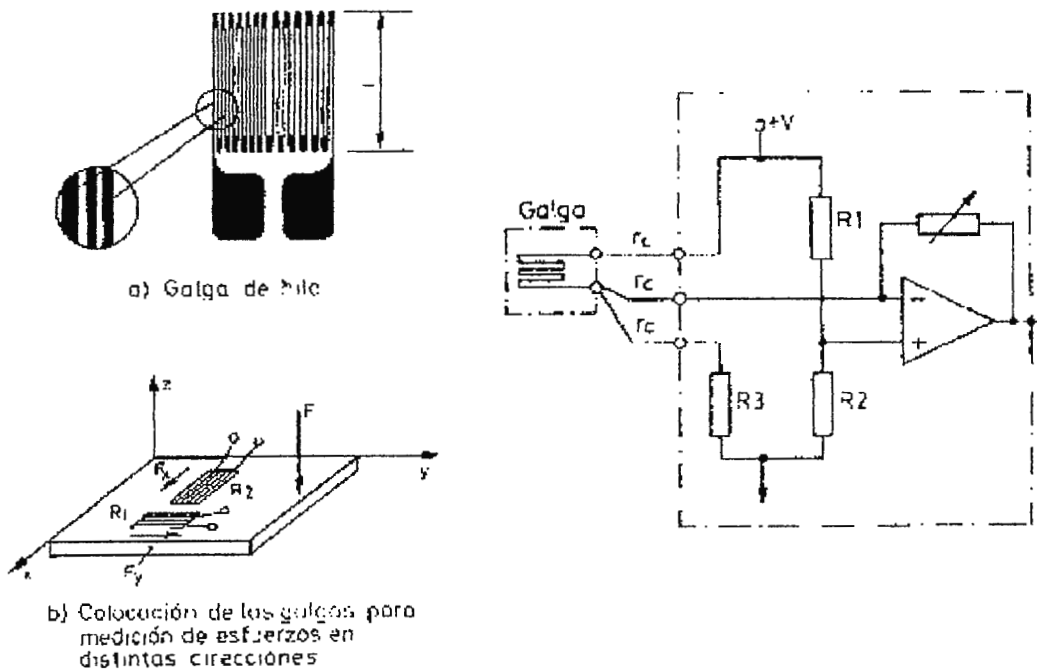


Transformador diferencial lineal

✘ Galgas extensométricas

Las galgas extensométricas son sensores de deformaciones basados en la variación de la resistencia eléctrica con la deformación, en un hilo conductor calibrado, o en resistencias construidas a base de pistas de semiconductor. Se emplean también, combinadas con muelles o piezas deformables para detectar de forma indirecta esfuerzos. En definitiva suelen usarse más que como sensores de deformación como sensores de medida indirecta de esfuerzos (fuerza o par).

En las galgas de hilo la resistencia esta formada por un hilo dispuesto en forma de zigzag sobre un soporte elástico, con una longitud preferente (L) a lo largo de la cual se encuentra la mayor cantidad de hilo. Al deformarse la galga en la dirección preferente, se produce un alargamiento del hilo y una disminución de su sección y, por tanto, una variación en su resistencia. Para poder medir variaciones de resistencia significativas, la galga debe tener una resistencia alta 100 y 1000 Ω , y funcionar con un consumo muy bajo, para evitar que el efecto Joule provoque variaciones importantes de la resistencia por calentamiento. La medida de deformaciones requiere una meticulosa colocación de las galgas y una calibración laboriosa, y la amplificación suele realizarse por métodos diferenciales con tres hilos como el puente representado en la figura.



Galga extensométrica. Puente de medida

Las galgas de semiconductor poseen una sensibilidad muy superior a las de hilo debido a que el fenómeno de variación de resistencia por la deformación

se le une un efecto piezoeléctrico (variación de resistividad por la deformación del semiconductor), sin embargo este fenómeno tiene una gran dependencia de la temperatura y obliga a compensar los resultados térmicamente lo cual dificulta la calibración.

✘ Transductores piezoeléctricos

Algunos elementos cristalinos como el cuarzo, la turmalina u otros materiales sintéticos poseen la propiedad de adquirir una polarización en la dirección de los denominados ejes eléctricos, cuando se les somete a un esfuerzo y se deforman según la dirección de los llamados ejes mecánicos. El fenómeno se debe al desplazamiento que sufre el centro de gravedad de las cargas, generando un efecto dipolo eléctrico. Esta propiedad se aprovecha para construir sensores de deformación o de medida indirecta de esfuerzos, utilizando o bien la carga eléctrica que se produce o bien la frecuencia de oscilación.

Los sensores basados en la carga, miden la cantidad de ésta que se produce en la dirección de los ejes eléctricos, al someter al cristal a un esfuerzo en los ejes mecánicos. La densidad de carga producida es proporcional a la presión ejercida sobre el cristal, la constante de proporcionalidad para el cuarzo, por ejemplo, es de $2.1 \cdot 10^{-12}$ culombios/ newton, lo que permite establecer una relación que ligue la fuerza ejercida con la carga producida.

Los sensores piezoeléctricos basados en la frecuencia de oscilación, se basan en la variación que sufre ésta ante una deformación del cristal, cuando se le coloca un circuito con los electrodos dispuestos según la dirección de los ejes eléctricos. La frecuencia propia de oscilación de este montaje depende de las dimensiones del cristal, si estas varían, también lo hará la frecuencia.

4.4 Visión artificial

✘ Características generales

Los equipos de visión están constituidos por los siguientes elementos :

Cámara

Iluminación

Bloque de adquisición de imagen

Bloque de procesamiento de imagen

Estos equipos se caracterizan por el procesado en tiempo real de las imágenes. La mayor parte de los equipos de visión empleados en la actualidad se dedican a lo que podría denominarse genéricamente "Inspección y control de calidad". Pero son las aplicaciones como el reconocimiento, clasificación así como el guiado de robots, las que se aproximan más a su campo de uso dentro de la mecatrónica. Se trata de, a través de las imágenes obtenidas determinar coordenadas e identificar la orientación de los elementos en el entorno del sistema mecatrónico, con un cierto grado de incertidumbre. La visión aún en nuestros días tiene un coste elevado si se compara con otros sistemas de detección, por lo que en muchos casos debe competir en aplicaciones concretas con sistemas basados en otro tipo de sensores de menor coste.

El verdadero transductor en los sistemas de visión se halla en la cámara. Los sensores CCD (Charge Couple Device) son los más utilizados en la mayoría de las cámaras en la actualidad. Su rango de aplicación es para señales electromagnéticas de longitud de onda desde 400 a 1100 nanómetros, con lo que se cubre ampliamente el espectro de luz visible. Cuando se trata de sensores CCD es conveniente dividirlos en dos categorías, sensores de exploración de línea y sensores de área. El componente básico de un sensor de exploración de línea es un hilera de elementos de silicio fotosensibles (photosites). Los fotones de la imagen pasan a través de una estructura transparente policristalina de silicio y son absorbidos en el cristal de silicio, creando de esta forma pares electrón-hueco. Los fotoelectrones así generados son recogidos en los photosites, siendo la cantidad de carga acumulada en cada photosites proporcional a la intensidad lumínica en ese punto. Los sensores de área son similares a los de exploración en línea, con la diferencia de que los photosites están reunidos en forma de matriz. El sensor incluye toda la circuitería que almacena y transfiere la matriz de señales de carga y la convierte en una señal de vídeo dependiente del tiempo. Información temporal para la posición horizontal y vertical así como el valor del sensor son combinados para formar la señal de vídeo.

Estos sensores tienen el problema que dentro de su respuesta en frecuencia presentan un pico en la zona de luz infrarroja, siendo conveniente utilizar un filtro de infrarrojos para evitar los efectos perniciosos que esto provoca

en la zona de espectro visible, sobre todo si se usa iluminación incandescente. Muchos fabricantes especifican su resolución sólo si se usa un filtro de infrarrojos. Otra dificultad general en este tipo de cámaras esta en el llamado efecto "blooming" que es el encadenamiento de saturación de carga desde unos photosites a sus vecinos, a través de caminos de baja resistencia en la matriz de sensores. Este efecto produce unas rayas en un eje de la imagen o en los dos. Para evitar esto suelen usarse celdas adyacentes cuya misión es la de absorber el exceso de carga para que no contamine a las vecinas, sin embargo el empleo de estas celdas disminuye la resolución.

Las cámaras también pueden clasificarse en función de que posean salida digital o analógica. Las cámaras digitales reducen el ruido en la transmisión de señales de imagen a las tarjetas de procesamiento. En las cámaras analógicas la salida se encuentra expuesta en mayor grado a las distorsiones de ruido, por lo que son menos recomendables en ambientes industriales, siempre que su señal deba ser procesada.

Las cámaras que más se utilizan son las de nivel de grises, monocroma o en blanco y negro, dado que muchas aplicaciones sólo requieren la discriminación del nivel de luz que aporta la imagen sobre los photosites. Las cámaras de área operan en los siguientes modos:

Para realizar la adquisición y procesamiento de imágenes normalmente se precisa de hardware específico cabe distinguir :

Tarjetas "sin procesado propio" que permiten sobre un bus estándar (tradicionalmente VME y PC) la captura de la imagen y su almacenamiento en bancos de memoria, pudiendo ser procesada con posterioridad por la CPU del ordenador (por ejemplo un PC). El usuario de la tarjeta será el integrador del sistema de visión y deberá programar la aplicación ayudado generalmente por librerías de tratamiento de imagen.

Las tarjetas "inteligentes" dotadas de capacidad de procesamiento, a través de DSP, procesadores RISC, o procesadores convencionales. Estas tarjetas suelen tener además electrónica específica para transferencia de datos, que descarga de dicha tarea al procesador del ordenador (bus PCI).

en la zona de espectro visible, sobre todo si se usa iluminación incandescente. Muchos fabricantes especifican su resolución sólo si se usa un filtro de infrarrojos. Otra dificultad general en este tipo de cámaras esta en el llamado efecto "blooming" que es el encadenamiento de saturación de carga desde unos photosites a sus vecinos, a través de caminos de baja resistencia en la matriz de sensores. Este efecto produce unas rayas en un eje de la imagen o en los dos. Para evitar esto suelen usarse celdas adyacentes cuya misión es la de absorber el exceso de carga para que no contamine a las vecinas, sin embargo el empleo de estas celdas disminuye la resolución.

Las cámaras también pueden clasificarse en función de que posean salida digital o analógica. Las cámaras digitales reducen el ruido en la transmisión de señales de imagen a las tarjetas de procesamiento. En las cámaras analógicas la salida se encuentra expuesta en mayor grado a las distorsiones de ruido, por lo que son menos recomendables en ambientes industriales, siempre que su señal deba ser procesada.

Las cámaras que más se utilizan son las de nivel de grises, monocroma o en blanco y negro, dado que muchas aplicaciones sólo requieren la discriminación del nivel de luz que aporta la imagen sobre los photosites. Las cámaras de área operan en los siguientes modos:

Para realizar la adquisición y procesamiento de imágenes normalmente se precisa de hardware específico cabe distinguir :

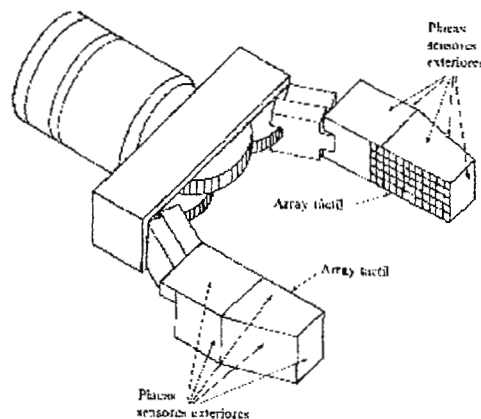
Tarjetas "sin procesado propio" que permiten sobre un bus estándar (tradicionalmente VME y PC) la captura de la imagen y su almacenamiento en bancos de memoria, pudiendo ser procesada con posterioridad por la CPU del ordenador (por ejemplo un PC). El usuario de la tarjeta será el integrador del sistema de visión y deberá programar la aplicación ayudado generalmente por librerías de tratamiento de imagen.

Las tarjetas "inteligentes" dotadas de capacidad de procesamiento, a través de DSP, procesadores RISC, o procesadores convencionales. Estas tarjetas suelen tener además electrónica específica para transferencia de datos, que descarga de dicha tarea al procesador del ordenador (bus PCI).

Los sistemas de visión tienden a ser cada vez más abiertos para casos en los que se trabaja directamente con sistemas programables, donde el hardware suele suministrarse junto con software, que suele ser librerías en lenguaje de alto nivel (lenguaje C). Estas librerías pueden ser de dos tipos. Las que permiten al usuario gestionar los recursos del hardware, y las de procesamiento de imagen.

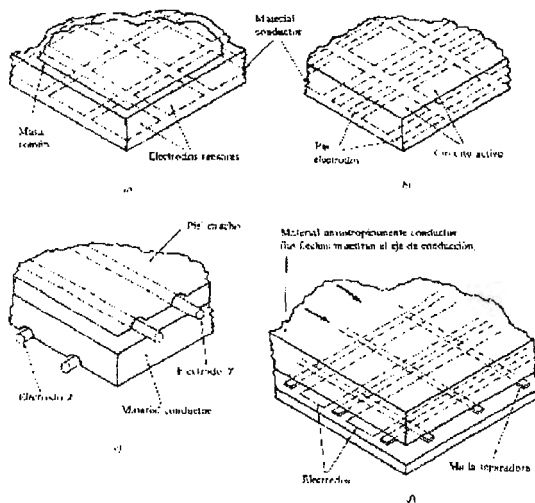
4.5 Censores táctiles

En campos como la robótica se han desarrollado conjuntos de detección táctil, capaces de proporcionar una información de contacto sobre un área más amplia que la que puede proporcionar un sensor único basado en transductores de pequeñas deformaciones. El empleo de este tipo de sensores se ilustra en la figura que muestra la mano de un manipulador en la que la superficie interior de cada dedo ha sido recubierta con una matriz táctil de detección, se trata de una matriz de microinterruptores todo-nada que proporcionan una información superficial de como se está produciendo el contacto.



Censor táctil

La tendencia actual es a usar en lugar de una matriz de microinterruptores, una matriz de electrodos en contacto con un material conductor dúctil (grafito) cuya resistencia varía con la presión de contacto o una matriz de sensores piezoeléctricos. Estos dispositivos se suelen llamar pieles artificiales. Algunas arquitecturas básicas de pieles artificiales se muestran en la figura.



Construcción de pieles artificiales

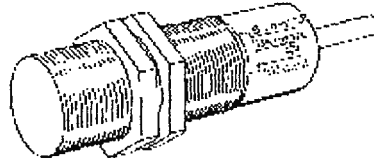
4.6 Detectores de proximidad

✘ Generalidades

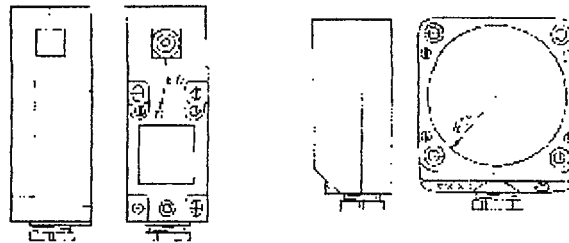
Por lo general se trata de sensores con respuesta todo o nada, con cierta histéresis en la distancia de detección, con salida de interruptor estático (transistor, tiristor, triac). Algunos pueden dar una salida analógica proporcional a la distancia.

✘ Inductivos

Sirven para detectar la proximidad de piezas metálicas en un rango desde 1 mm a 30 mm, con resolución del orden de la décima de milímetro, desde el punto de vista mecánico las formas de este tipo de sensor están normalizadas y aparecen en la figura.



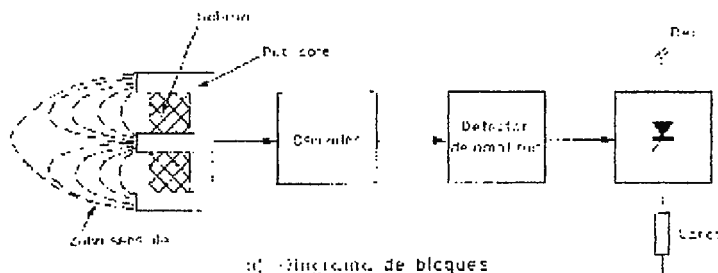
a) Dáptero de este tipo (foto: [1])



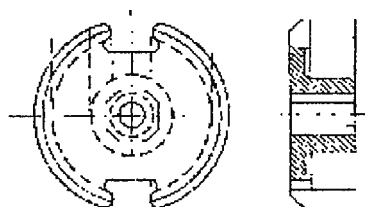
b) Formas de construcción con el estator en el cable (formas 2/3)

Formas constructivas detectores de proximidad

Desde el punto de vista funcional están constituidos por un circuito oscilador L-C con alta frecuencia de resonancia. La bobina está constituida sobre un núcleo de ferrita "Pot-Core" de forma que el flujo se cierra en la parte frontal. Como se aprecia en la figura. La presencia de metal dentro de la zona sensible altera la reluctancia del circuito magnético, atenúa el circuito oscilante y hace variar la amplitud de oscilación. La detección de dicha amplitud permite obtener una señal todo-nada.



a) Diagrama de bloques



b) Detalle del núcleo "pot-core"

Bloques funcionales y núcleo Pot-Core

El campo de aplicación más importante de este tipo de detectores es como final de carrera con ventajas sobre los electromagnéticos como la ausencia de

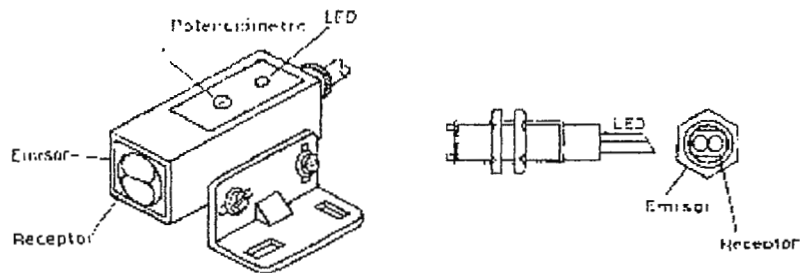
contacto, la robustez mecánica, la resistencia a ambientes agresivos y su bajo coste.

✗ Capacitivos

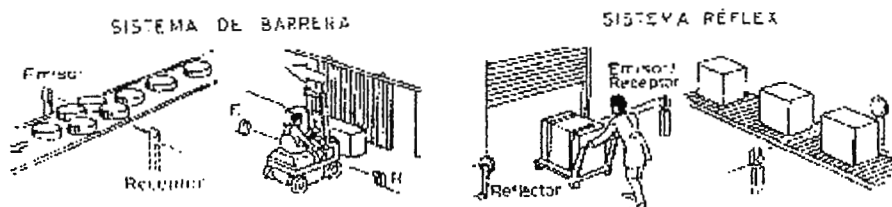
El principio de funcionamiento, y las características constructivas son muy similares a las descritas para los inductivos, la diferencia radica en que en este caso el elemento sensible es el condensador del circuito oscilador, formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible. Este tipo de sensores permite detectar materiales metálicos o no, pero su sensibilidad se ve muy afectada por el tipo de material y grado de humedad ambiental del cuerpo a detectar. Las aplicaciones típicas son en la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plástico, madera, agua, aceite, cartón, papel, etc.

✗ Ópticos

Emplean fotocélulas como elementos de detección. A veces disponen de un cabezal que contiene un emisor de luz y la fotocélula de detección del haz reflejado sobre el objeto. Otros trabajan en modo barrera (figura) y se utilizan para cubrir mayores distancias, con fuentes luminosas independientes del detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en la banda de infrarrojos.



a) Formas constructivas



b) Métodos de detección

Detectores de proximidad ópticos

Las ventajas de este tipo de detectores son la inmunidad a perturbaciones electromagnéticas, las distancias de detección grandes, alta velocidad de respuesta, identificación de colores y detección de pequeños objetos. Una variante importante son los construidos de fibra óptica que permite separar el punto emisor y el detector de la unidad principal del censor con las ventajas de accesibilidad que ello proporciona.

✘ Ultrasónicos

Están basados en la emisión-recepción de ondas ultrasónicas. Cuando un objeto interrumpe el haz, el nivel de recepción varía y el receptor lo detecta, la gran ventaja frente a las fotocélulas está en la detección de objetos transparentes, como cristal, plásticos, etc. Sin embargo no podrán ser usados en ambientes en los que el aire circule con flujo muy turbulento o con contaminación acústica elevada dada su dependencia de este medio para la transmisión de la onda de ultrasonido.

✘ Criterios de selección

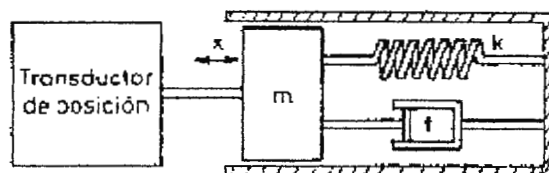
Para seleccionar de entre los diferentes tipos de detectores de proximidad, deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios. Las detecciones de distancias cortas (< 50 mm) pueden realizarse con captadores inductivos o capacitivos, (que resultan ser los de menor coste) el empleo de unos u otros dependerá de la naturaleza metálica o no del material a detectar. Para las distancias largas (> 50 mm) se hace necesario irse a ultrasónicos u ópticos, teniendo presentes las limitaciones que ofrecen los primeros en ambientes ruidosos y de los segundos con materiales a detectar transparentes.

4.7 Censores de aceleración.

✘ Acelerómetros

El movimiento de masas a velocidades elevadas requiere un control de aceleraciones para evitar esfuerzos dinámicos excesivos. En la mayoría de los casos en los que se requiere controlar la aceleración también es preciso controlar la velocidad, por lo que la aceleración puede calcularse indirectamente como

variación de la velocidad con el tiempo. No obstante existen transductores directos basados en la medición de una fuerza de inercia que actúa sobre una masa conocida. Esta medida puede realizarse a través de sensores piezoeléctricos o simplemente midiendo la deformación de un muelle solidario al sistema como se muestra en la Figura, en régimen de aceleración constante la deformación x es proporcional a la aceleración.



Acelerómetro de inercia

4.8 Transductores de velocidad

La detección de velocidad es muy importante en aquellos sistemas en los que se requiere un control dinámico, básicamente los hay de dos tipos, analógicos, basados en la dinamo tacométrica o tacodinámico, y digitales, basados en generadores de pulsos (encoder o similar).

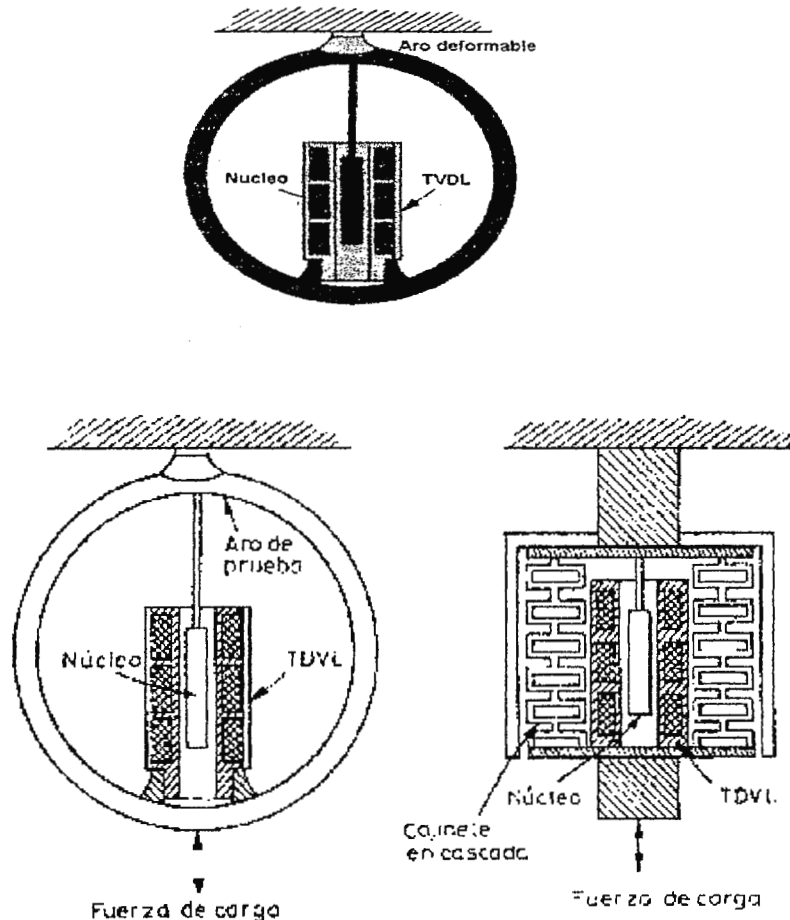
La tacodinamo es esencialmente un generador de continua con excitación por imanes permanentes. La tensión generada al girar el rotor es proporcional a la velocidad angular de giro.

Los transductores digitales de velocidad están basados en la detección de frecuencia de generadores de pulsos a base de captadores ópticos o inductivos, la velocidad es directamente proporcional a la frecuencia de la señal obtenida. La robustez y fiabilidad que estos transductores ofrecen para sistemas de control

digital, y su bajo coste, hace que estén sustituyendo a la tacodinamo para muchas aplicaciones.

4.9 Transductores de fuerza y par

La detección de fuerza y par suele realizarse de manera indirecta, a partir de la detección de pequeñas deformaciones que experimenta un sólido bajo la acción de dicha fuerza o par. Los sensores estudiados en el apartado de pequeñas deformaciones constituyen la base de los transductores de fuerza y par, el resto del transductor suele consistir en una pieza susceptible de ser deformada dentro del campo elástico, sobre la cual va colocado el elemento de medida de pequeñas deformaciones.



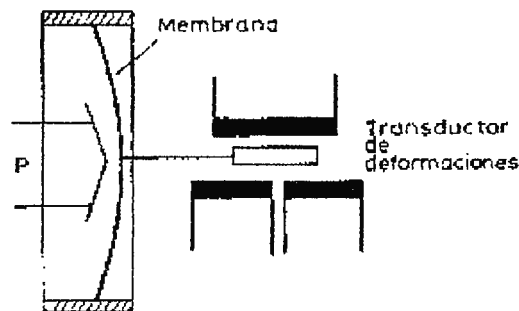
En la figura de la izquierda aparece una célula formada por una pieza cilíndrica deformable solidaria al núcleo de un transformador diferencial. En el caso de transductores de par se suele medir también la deformación lineal en una determinada zona, producida por la flexión o torsión de alguna pieza elástica. En la figura de la derecha se muestran piezas previstas para la medida de fuerzas y pares basándose en la colocación de galgas extensométricas.

5. Censores de propiedades fluido mecánicas.

5.1 Transductores de presión

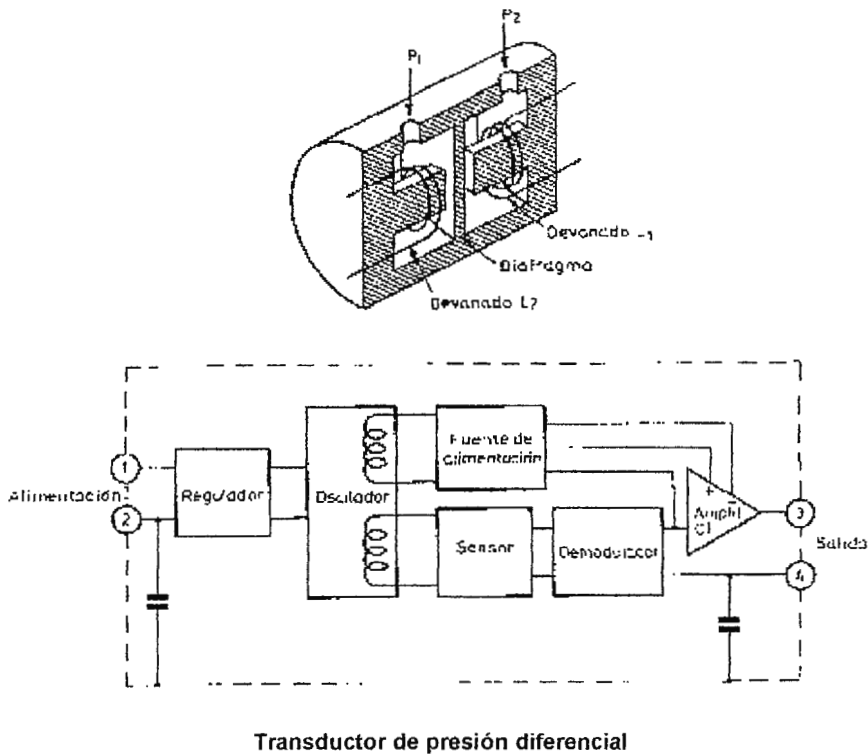
Los transductores de presión suelen estar basados en la deformación de un elemento elástico (membrana, tubo de Bourdon, etc), cuyo movimiento bajo la acción del fluido es detectado por un transductor de pequeños desplazamientos (galgas, transformador diferencial, piezoeléctrico, etc) del que se obtiene la señal eléctrica proporcional a la presión.

Los transductores más frecuentes son los de diafragma o membrana. El diafragma es una pared delgada que se deforma bajo el efecto de la presión, (figura). Si se mide dicha deformación mediante un transformador diferencial, se obtiene una medida indirecta de la presión.



Transductor de presión de membrana

La presión también puede medirse de forma diferencial la figura , muestra un transductor basado en el cambio de inductancia que experimentan las dos bobinas cuando se deforma el diafragma alojado entre ellas. Los devanados están conectados a un circuito tipo para sumar los efectos de ambas, resultando una tensión alterna de salida proporcional a la diferencia de presiones aplicadas en ambas cámaras.



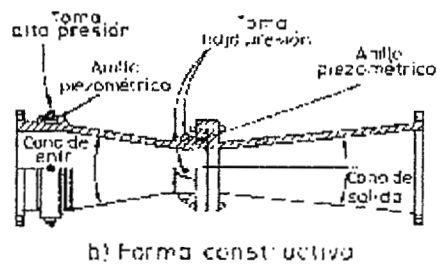
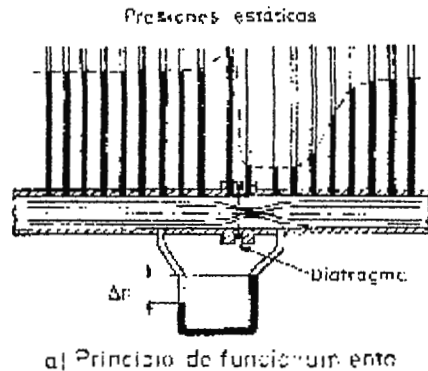
5.2 Transductores de caudal

Los transductores de caudal se basan en distintos principios según se trate de fluidos compresibles o no. El caudal puede definirse como masa por unidad de tiempo (caudal másico) o como volumen por unidad de tiempo (caudal volumétrico). El caudal volumétrico depende sólo de la sección considerada y de la velocidad del fluido, pero el caudal másico depende además de la densidad del fluido y esta a su vez de la presión y temperatura del mismo. Para fluidos incompresibles ambos caudales se pueden relacionar por una densidad que puede asumirse como constante, pero para fluidos compresibles no es así. La mayor parte de los sensores miden caudal volumétrico. En el caso de fluidos incompresibles la forma habitual de medición es hallar la velocidad de paso por una sección conocida. Para los compresibles, los métodos más adecuados se basan en el empleo de turbinas.

✘ Efecto Venturi

El efecto Venturi consiste en la aparición de una diferencia de presión entre dos puntos de una misma tubería con distinta sección y, por tanto, diferente

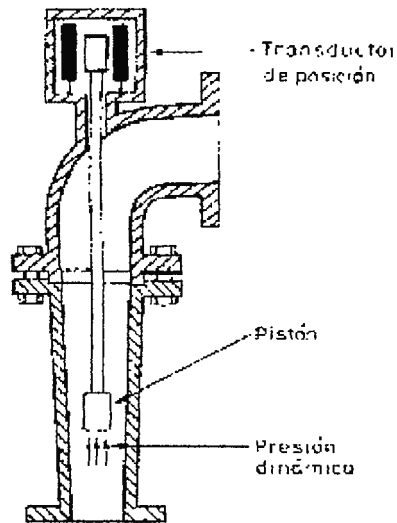
velocidad de paso del fluido. Para fluidos incompresibles, dicha diferencia de presión depende de la relación de diámetros, del caudal y de la densidad y por tanto de la temperatura. Por tanto se puede medir de forma indirecta el caudal a partir de la medida diferencial de presiones (Figura).



Transductor de caudal basado en efecto Venturi

✘ Presión dinámica

Estos transductores se basan en el desplazamiento de un pequeño pistón o flotador sometido a la presión dinámica de la corriente de fluido (Figura). Dicha presión equilibra el peso del cuerpo y provoca un desplazamiento del pistón proporcional a la velocidad del fluido, la medición de dicho desplazamiento permite obtener una indicación indirecta de la velocidad.



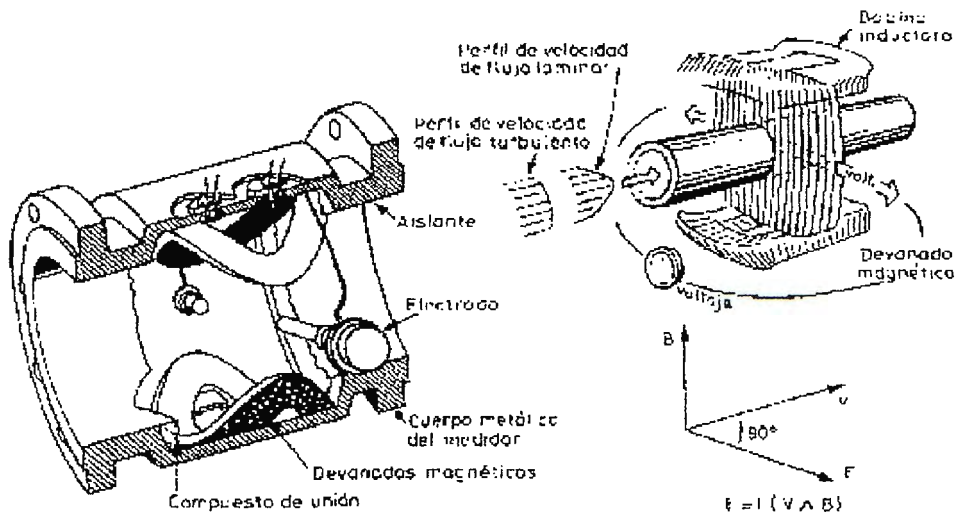
Transductor de caudal basado en presión dinámica

✘ Por velocidad y por inducción

Este tipo de transductores se basan en la ley de inducción de Faraday, según la cual, sobre un conductor que se desplaza transversalmente a un campo magnético se genera una fuerza electromotriz proporcional a la longitud del conductor, a su velocidad de desplazamiento y a la inducción del campo :

$$E = l(v \times B)$$

En el caso de un fluido conductor en movimiento, se produce por este principio una fuerza electromotriz en sentido perpendicular al movimiento y a la dirección del campo. La Figura muestra un esquema, en el que se indican las direcciones de movimiento (v), campo magnético (B) y fuerza electromotriz producida (E), que es captada por dos electrodos situados en las paredes del tubo.

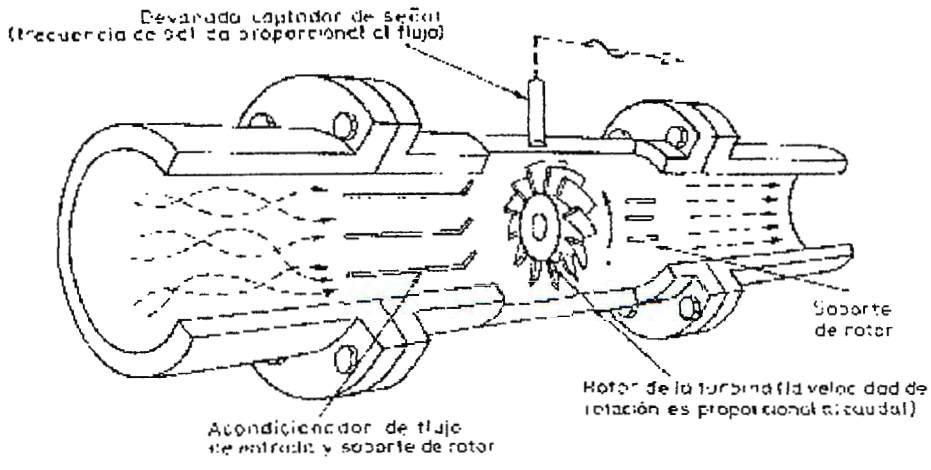


Transductor de caudal por inducción

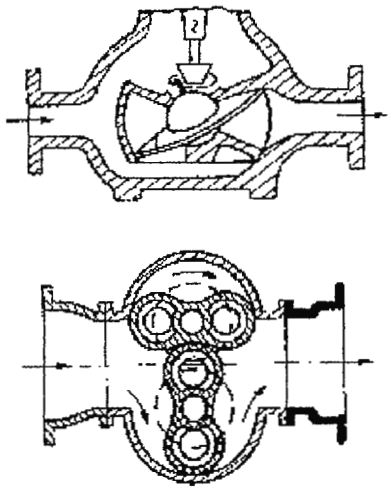
La fuerza electromotriz obtenida es proporcional al campo inductor, a la distancia entre electrodos de captación y a la velocidad del fluido, por tanto manteniendo constantes los dos primeros, se obtiene una indicación de la velocidad, y para sección y densidad constantes de manera indirecta de caudal. El método de medida tiene la ventaja de no interrumpir el flujo, por tanto no hay pérdidas de carga, por otro lado es apto para líquidos corrosivos o muy viscosos. Sin embargo las medidas pueden tener errores si la tubería no está completamente llena o si hay burbujas, y la fuerza electromotriz depende de la permeabilidad magnética del fluido.

✘ Volumétricos

Para medir caudal de gases suelen emplearse métodos de medición volumétricos intentando mantener presión y temperatura constantes. Los ejemplos más típicos son los de turbina disco oscilante y lóbulos.



Transductor de caudal de turbina



Transductores volumétricos

6. Transductores de temperatura

De acuerdo al principio de funcionamiento de los sensores de temperatura, se pueden distinguir tres grandes grupos:

✘ **Termostatos**

Interruptores (Todo-Nada) que conmutan a un cierto valor de temperatura

✘ **Termorresistencias**

Censores pasivos de tipo analógico basados en el cambio de resistividad eléctrica de algunos metales o semiconductores con la temperatura

✘ **Pirómetros de radiación**

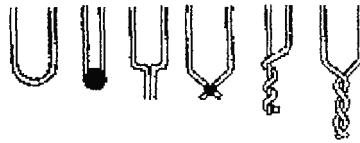
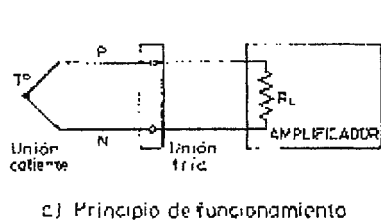
Censores analógicos para altas temperaturas, basados en los fenómenos de transmisión de calor por radiación en cuerpos muy calientes

6.1 Termostatos

Los termostatos conmutan a un cierto valor de temperatura, los más sencillos están basados en la diferencia de dilatación de dos metales. Este tipo de sensor normalmente tiene cierta histéresis alrededor del punto de conmutación. Los de tipo bimetalico se utilizan típicamente en sistemas de climatización, o como interruptores de protección. Los hay construidos en base a una sonda analógica de temperatura y un sistema comparador, tienen la ventaja de ser regulables y poder emplear sondas de muy pequeño tamaño (sensores PTC), lo que facilita su colocación en zonas de espacio reducido.

Termopares

Se trata de sensores activos analógicos basados en el efecto Seebeck. Este efecto consiste en la aparición de una tensión eléctrica entre dos piezas de distintos metales unidas o soldadas por un extremo, cuando este se calienta (unión caliente) y se mantiene los otros dos a una misma temperatura inferior (unión fría), (Figura).



Termopares

Para ciertos materiales existe una relación aceptablemente lineal entre la diferencia de temperaturas y la fuerza electromotriz generada, por tanto resultan ser buenos transductores, sin embargo aparecen problemas al añadir el circuito adicional de recogida de la señal en la unión fría, aparecen nuevas fuerzas electromotrices de contacto que sólo se verán compensadas si las uniones frías se mantienen exactamente a la misma temperatura. Si se requiere buena precisión será necesario compensar la variaciones de temperatura en la unión fría utilizando un sensor adicional (NTC). Por otro lado los valores de sensibilidad en estos sensores son bastante bajos lo que requiere amplificadores de gran resolución y bajo ruido, aun cuando otra forma de aumentar la sensibilidad es colocar varios termopares en serie, dado que se trata de un sensor económico, y siempre que no haya problemas de espacio.

6.2 Térmoresistencias Pt100

Los conductores eléctricos presentan un aumento de resistencia con la temperatura.

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(T_T - T_0)]$$

Aprovechando esta propiedad se construyen sondas analógicas de temperatura. Para ello es preciso utilizar un material cuyo coeficiente (coeficiente térmico de resistencia) se mantenga relativamente constante y de una buena sensibilidad. Las sondas industriales se suelen construir a base de Platino cuyo coeficiente térmico es $0.00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, dichas sondas suelen tener un valor nominal

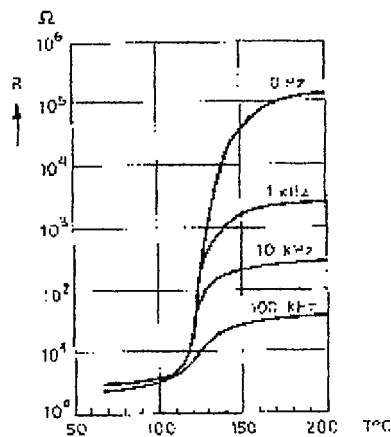
de 100 a 0°C, de donde se deriva el nombre Pt100. Las sondas Pt100 son aptas para un rango de temperaturas entre -250°C y 850°C, teniendo muy buena linealidad entre -200°C y 500°C.

6.3 Termoresistencias PTC, NTC (Termistores)

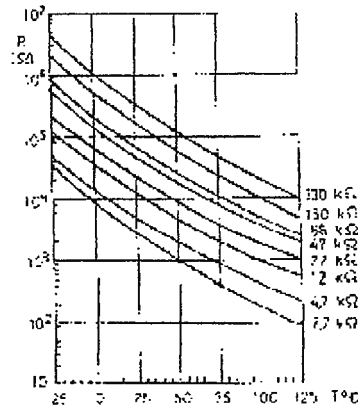
Las sondas PTC y NTC son en esencia termoresistencias a base de semiconductor. La sensibilidad de estas es mucho mayor que la de las Pt100 pero a costa de perder linealidad.

Las PTC (Positive Temperature Coefficient) son resistencias a base de óxidos de Bario y de Titanio, que muestran cambios muy bruscos de valor a partir de una cierta temperatura. En la Figura se muestra la relación resistencia / temperatura a distintas frecuencias para una sonda PTC. El comportamiento poco lineal hace que sean usadas como detectores de umbral.

Las NTC (Negative Temperature Coefficient) están construidas a base de óxidos de Hierro, Cobalto, Manganeso y Níquel dopados con iones de Titanio y Litio. Presentan la curvas de respuesta de la Figura, como puede verse son muy poco lineales con la temperatura (escala logarítmica de resistencias), por lo que su respuesta debe compensarse.



Termistores PTC



Termistores NTC

6.4 Pirómetros de radiación

La medida de temperatura con termopar o térmoresistencias implica el contacto directo entre el transductor y el cuerpo cuya temperatura se desea medir. Sin embargo el contacto es imposible si la temperatura a medir es superior al punto de fusión del material del transductor, o si el cuerpo caliente es muy pequeño y cambia su temperatura al efectuar la medida. En estos casos pueden utilizarse los pirómetros de radiación, que miden la temperatura a través de la radiación térmica que emiten los cuerpos calientes. La potencia total (Q_T) emitida por la superficie de un cuerpo negro (emisión total en todas las longitudes de onda) viene dada por la Ley de Stefan-Boltzmann :

$$Q_T = \sigma AT^4$$

Donde σ es la constante de Kurlbaum para el cuerpo negro ($5.75 \cdot 10^{-8} \text{ Jm}^{-2}\text{K}^{-4}\text{s}^{-1}$) A es la superficie del cuerpo emisor y T la temperatura absoluta del cuerpo. Basándose en esta ecuación y conocida la geometría del cuerpo, se puede conocer su temperatura midiendo la potencia irradiada. La potencia emitida por los cuerpos reales es siempre menor que la del cuerpo negro ideal, y existen factores de corrección en función del material del que se trate. Los pirómetros de radiación total están contruidos a base de una cámara negra, que recibe la radiación a través de una ventana de superficie conocida. El haz radiado se hace incidir sobre una superficie metálica, que se calentará por efecto de la radiación, La medida de la temperatura de dicha superficie permite conocer la temperatura del cuerpo emisor. Los pirómetros de brillo miden únicamente la radiación emitida en una longitud de onda específica a través de fotocélulas.

7. GENERALIDADES DE LOS PLC'S

El término PLC de amplia difusión en el medio significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Originalmente se denominaban PC's (Programmable Controllers), pero, con la llegada de las IBM PC's, para evitar confusión, se emplearon definitivamente las siglas PLC.

En Europa, el mismo concepto es llamado Autómata Programable.

La definición más apropiada es: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

Es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, e industrial por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles encontrados en la industria.

Esta familia de aparatos se distingue de otros controladores automáticos en que puede ser programado para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros muchos que, solamente pueden controlar un tipo específico de aparato. Un programador o Control de Flama de una caldera, es un ejemplo de estos últimos.

Además de poder ser programados, se insiste en el término "Control Automático", que corresponde solamente a los aparatos que comparan ciertas señales provenientes de la máquina controlada de acuerdo con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control para mantener la operación estable de dicha máquina.

Las instrucciones almacenadas en memoria permiten modificaciones así como su monitoreo externo.

7.9 Historia de los PLC's

En 1969 la División Hydramatic de la General Motors instaló el primer PLC para reemplazar los sistemas inflexibles alambrados usados entonces en sus líneas de producción.

Ya en 1971, los PLC's se extendían a otras industrias y, en los ochentas, ya los componentes electrónicos permitieron un conjunto de operaciones en 16 bits,- comparados con los 4 de los 70s -, en un pequeño volumen, lo que los popularizó en todo el mundo.

En los primeros años de los noventas, aparecieron los microprocesadores de 32 bits con posibilidad de operaciones matemáticas complejas, y de comunicaciones entre PLC's de diferentes marcas y PC's, los que abrieron la posibilidad de fábricas completamente automatizadas y con comunicación a la Gerencia en "tiempo real".

7.10 Componentes

Los pequeños PLC's son compactos y contienen en un solo cajón todos los componentes, reciben por lo tanto el nombre de tipo "caja de zapatos". En cambio, los mayores, son del tipo modular y se conectan las diferentes partes de una manera que pueden ser reemplazadas individualmente.

Un PLC consiste en las siguientes partes:

- ✓ CPU o Unidad de Proceso Lógico, que el en caso del PLC reside en un circuito integrado denominado Microprocesador o Microcontrolador, es el director de las operaciones del mismo. Por extensión, todo el "cerebro" del PLC se denomina CPU. El CPU se especifica mediante el tiempo que requiere en procesar 1 K de instrucciones, y por el número de operaciones diferentes que puede procesar. Normalmente el primer valor va desde menos de un

milisegundo a unas decenas de milisegundos, y el segundo de 40 a más de 200 operaciones diferentes.

- ✓ **MEMORIA.** Es el lugar de residencia tanto del programa como de los datos que se van obteniendo durante la ejecución del programa. Existe dos tipos de memoria según su ubicación: la residente, que está junto o en el CPU y, la memoria exterior, que puede ser retirada por el usuario para su modificación o copia. De este último tipo existen borrable (RAM, EEPROM) y, no borrables (EPROM), según la aplicación.
Las memorias empleadas en los programas van de 1 K a unos 128 K.
- ✓ **PROCESADOR DE COMUNICACIONES.** Las comunicaciones del CPU son llevadas a cabo por un circuito especializado con protocolos de los tipos RS-232C, TTY ó HPIB (IEEE-485) según el fabricante y la sofisticación del PLC.
- ✓ **ENTRADAS Y SALIDAS.** Para llevar a cabo la comparación necesaria en un control automático, es preciso que el PLC tenga comunicación al exterior. Esto se logra mediante una interfase llamada de entradas y salidas, de acuerdo a la dirección de los datos vistos desde el PLC.
El número de entradas y salidas va desde 6 en los PLC's de "caja de zapatos" tipo micro, a varios miles en PLC's modulares.
El tipo preciso de entradas y salidas depende de la señal eléctrica a utilizar:
- ✓ **CORRIENTE ALTERNA** 24, 48, 120, 220 V. Salidas: Triac, Relevador.
- ✓ **CORRIENTE DIRECTA (DIGITAL)** 24, 120 V. Entradas: *Sink*, *Source*. Salidas: Transistor PNP, Transistor NPN, Relevador.

- ✓ CORRIENTE DIRECTA (ANALOGICA) 0 - 5, 0 - 10 V, 0 - 20, 4 - 20 mA. Entradas y Salidas Analógicas.
- ✓ TARJETAS MODULARES INTELIGENTES. Existen para los PLCs modulares, tarjetas con funciones específicas que relevan al microprocesador de las tareas que requieren de gran velocidad o de gran exactitud.

Estas tarjetas se denominan inteligentes por contener un microprocesador dentro de ellas para su funcionamiento propio. El enlace al PLC se efectúa mediante el cable (bus) o tarjeta de respaldo y a la velocidad del CPU principal.

Las funciones que se encuentran en este tipo de tarjetas son de:

- Posicionamiento de Servomecanismos
- Contadores de Alta Velocidad.
- Transmisores de Temperatura.
- Puerto de Comunicación BASIC.

- ✓ BUS. Los sistemas modulares requieren una conexión entre los distintos elementos del sistema y, esto se logra mediante un bastidor que a la vez es soporte mecánico de los mismos.

Este bastidor contiene la conexión a la fuente de voltaje, así como el "bus" de direcciones y de datos con el que se comunican las tarjetas y el CPU.

En el caso de tener muchas tarjetas de entradas / salidas, o de requerirse éstas en otra parte de la máquina, a cierta distancia de la CPU, es necesario adaptar un bastidor adicional que sea continuación del original, con una conexión entre bastidores para la comunicación. Esta conexión si es cercana puede lograrse con un simple cable paralelo y, en otros casos, se requiere de un procesador de comunicaciones para emplear fibra óptica o, una red con protocolo establecida.

- ✓ FUENTE DE PODER. Por último, se requiere una fuente de voltaje para la operación de todos los componentes mencionados anteriormente. Y ésta, puede ser externa en los sistemas de PLC modulares o, interna en los PLC compactos.
Además, en el caso de una interrupción del suministro eléctrico, para mantener la información en la memoria borrable de tipo RAM, como es la hora y fecha, y los registros de contadores, etc. se requiere de una fuente auxiliar. En los PLCs compactos un "supercapacitor" ya integrado en el sistema es suficiente, pero en los modulares, es preciso adicionar una batería externa.
- ✓ PROGRAMADOR. Aunque de uso eventual en un sistema, desde un teclado con una pantalla de una línea de caracteres hasta una computadora personal pueden emplearse para programar un PLC, siempre y cuando sean compatibles los sistemas y los programas empleados.

Con base en lo anterior, podemos clasificar a los PLC por tamaño. Esto es, por el número de entradas/ salidas que se pueden tener o conectar. Ej. Un PLC con 216 entradas/ salidas permite la conexión de una combinación de entradas y salidas cuya suma no pase de 216.

Además del tamaño físico, es importante la velocidad de proceso del CPU y la memoria total que puede ser empleada para programas por el usuario. Ej. Un PLC con una velocidad de proceso de 1000 instrucciones en 0.8 ms promedio y memoria de 8KBytes (1 Byte = 8 bits)

Es necesario hacer notar que después de procesar las instrucciones, el PLC se comunica externamente, realiza funciones de mantenimiento como verificar integridad de memoria, voltaje de batería, etc. En seguida actualiza las salidas y acto seguido lee las entradas. Con lo que el tiempo de proceso total, puede llegar a ser el doble del de ejecución del programa.

7.11 Comparación entre los modelos de PLC's compactos

MAS COMUNES EN NUESTRO MEDIO.

En el orden: MITSUBISHI FX, SIEMENS 95U, SIEMENS 214U

NO.	INSTRUCCIONES		
- , - , -			
NO.	ENTRADAS/SALIDAS	DIGITALES	MAX
- , - , 64			
NO.	ENTRADAS/SALIDAS	ANALOGICAS	MAX
- , - , -			
NO.	MARCAS		(normal/retent)
- , 1536/512, 256/688			
NO.	CONTADORES		(normal/retent/rango)
- , 120/8/0-999, 128			
NO.	TEMPORIZADORES		(rango)
- , 128(0.01-9990 s), 128(0.001-s)			
MEMORIA	INTERNA	PARA	PROGRAMA (KB)
- , 8 KB, 2KB			
VELOCIDAD		(1	Kinstr)
- , 2 ms, 0.8ms			

7.4 Programación y lenguaje

Un PLC debe ser capaz de arrancar su programa siempre que exista una falla de energía, por lo que todas las eventualidades deben ser programadas en él.

En el programa se designan mediante direcciones los registros, los contadores, los temporizadores y las entradas y salidas. En los PLC pequeños estas direcciones están asignadas por el fabricante, pero en los mayores, pueden ser definidas por el usuario, con mayor aprovechamiento de la memoria.

Los PLC trabajan como todos los circuitos electrónicos únicamente con dos estados lógicos, ALTO y BAJO, ON y OFF, 1 y 0, etc., lo cual no es práctico desde el punto de vista de enlace hombre-máquina, por lo que se requiere de lenguajes de programación que traduzcan las ideas humanas a estados lógicos.

Los lenguajes de programación en sí, aunque normalizados en su parte básica, son tan variados como fabricantes de PLC hay, así como también la manera de acceder a dichos controladores.

Pero, en general podemos hablar de cuatro grandes grupos de lenguajes de programación: INSTRUCCIONES, DE ESCALERA, POR FUNCIONES y POR PASOS.

1. LENGUAJES DE ESCALERA (TIPO NEMA). Es el más conocido en el área de influencia norteamericana, ya que invariablemente todos los PLC de fabricación americana o japonesa permiten su programación en este lenguaje; ya sea para emplear los mismos diagramas de control alambrado existentes en las máquinas que se reconvierten o, ya sea para capacitar fácilmente al personal de mantenimiento en el manejo y arreglo de estos aparatos.
2. INSTRUCCIONES O BOOLEANO. Es el tipo más poderoso de los lenguajes de programación en cualquier marca de aparato, ya que es lo más cercano al lenguaje máquina y, puede hacer uso de particularidades de los mismos microprocesadores, y con ello hacer más rápido un programa o, más compacto.
3. PROGRAMACION POR FUNCIONES. Es el preferido por los Ingenieros europeos. Son los más matemáticos de los lenguajes, al requerirse manejo de tablas de verdad y simplificación de funciones lógicas booleanas para su empleo.
4. PROGRAMACION POR PASOS (GRAPHSTEP, GRAPH5). Este lenguaje fue inventado por ingenieros de la marca francesa Telemecanique, y posteriormente se hizo lenguaje estándar IEC, y son ahora muchos los fabricantes que tienen su propia versión.

Es en práctica un lenguaje más elevado que los anteriores al permitir con una simple instrucción hacer lo que en otros requería varias y complejas instrucciones, siempre y cuando se pueda programar la operación de la máquina de manera secuencial.

Este lenguaje es muy apropiado para el manejo de posicionadores, alimentadores, y todo aparato cuyos movimientos mecánicos sean repetitivos.

7.5 Conceptos de diagramas de escalera aplicados a PLC's.

Los elementos principales son: contactos y bobinas.

Los contactos o condiciones pueden ser de: entradas digitales, salidas digitales, temporizadores, contadores o, marcas (también llamadas banderas o memorias internas, que son equivalentes a los relevadores auxiliares en tableros alambrados).

Lo que llamamos "bobinas" es el resultado de la operación y "enciende" cuando las condiciones precedentes se cumplen, o en términos eléctricos, existe un camino de contactos en serie cerrados.

Además, existen dos tipos de bobinas: retentiva (tipo latch) y no retentiva.

SIMBOLOGIA.-

TIPO SIEMENS

I ó E ENTRADA

Q ó A SALIDA

F ó M MARCA, BANDERA O MEMORIA INTERNA

T TEMPORIZADOR

C CONTADOR

S Instrucción SET

R Instrucción RESET

Las I, Q y, Fs pueden ser llamadas por bit. Ej. Q0.0 = bit 0 del Byte 0 de salidas digitales. Asimismo por byte. Ej. I0 = los 8 bits del byte 0, o por palabra. Ej. FW0 = FB0 + FB1 .

Para que la salida Q1.0 encienda (valor lógico de 1), las condiciones son que la entrada I0.0 y las entradas I0.0 e I0.1 estén encendidas (valor lógico de 1) respectivamente.

Tabla de Referencia:

I0.0 botón pulsador de arranque

I0.1 botón pulsador de paro (normalmente cerrado)

Q1.0 relevador auxiliar del contactor del motor

El mismo arrancador sencillo se realiza con las instrucciones SET y RESET (relevador retentivo) de dos maneras. Observar que si los botones pulsadores se oprimen al mismo tiempo en los casos mostrados, se obtienen resultados

diferentes porque el PLC actualiza las salidas hasta terminar de ejecutar el programa.

Se muestra una mejor solución para un arrancador, considerando que tiene preferencia el paro.

Un ejercicio más complejo con las instrucciones dadas en el de un arrancador para un motor reversible..

Tabla de Referencia:

- I0.0 botón pulsador arranque adelante
- I0.1 botón pulsador paro (normalmente cerrado)
- I0.2 botón pulsador arranque atrás
- Q1.0 relevador auxiliar de motor hacia adelante
- Q1.1 relevador auxiliar de motor hacia atrás

Los temporizadores y las funciones más complejas se dibujan mediante un rectángulo donde se escriben los elementos constituyentes.

Un ejemplo de la utilización de un temporizador del tipo de retardo al conectar (ON DELAY) es el arrancador en dos pasos, cuya tabla de referencia es:

- I0.0 botón pulsador arranque
- I0.1 botón pulsador paro (normalmente cerrado)
- Q1.0 primera velocidad
- Q1.1 segunda velocidad
- T0 temporizador de retardo al energizar ajustado a 8 segundos para realizar el cambio entre velocidades.

Los contadores hacen el cambio cuando el estado lógico cambia de cero a uno y, los hay ascendentes y descendentes. Además, cuando su valor llega a cero, su bit de salida cambia de estado. Y, pueden ser regresado su valor a cero mediante la instrucción RESET y, pueden ser predeterminados mediante la instrucción SET. Por ejemplo

Tabla de referencia:

- I0.0 a I0.3 botones pulsadores
- C0 contador
- CU Instrucción contar hacia arriba
- CD Instrucción contar hacia abajo

Es importante notar que el valor de un contador como de una temporización puede ser mostrado mediante un panel de operación.

7.6 Conceptos de programación por instrucciones en lenguaje step 5, para PLC's SIEMENS.

Además de la simbología mencionada en el punto anterior, es preciso añadir las funciones booleanas AND, NAND, OR, y NOR, las que son:

A ó U AND

AN ó UN NAND

O OR

ON NOR

Además, cuando exista duda sobre la precedencia de las operaciones, se pueden usar los paréntesis para agrupar instrucciones:

A(O(Observar que para comenzar se emplea frecuentemente A ó AN.

La lista de instrucciones

A I0.0

= Q1.0

y para la 5.5.1b

A I0.0

AN I0.1

= Q1.0

La figura 5.5.1c

O I0.0

O Q1.0

A I0.1

= Q1.0

La figura 5.5.1d

A I0.0

S Q1.0

A I0.1

R Q1.0

A I0.1

R Q1.0

A I0.0

S Q1.0

Se incluyen espacios para hacer más fácil la lectura pero, en este lenguaje pueden omitirse.

La figura 5.5.1e

A I0.0

AN I0.1

S Q1.0

A I0.1

R Q1.0

Estamos haciendo uso de los paréntesis para hacer notar su uso.

A(O I0.0 O Q1.0)

A I0.1

AN Q1.1

= Q1.0

O

I0.2

O

Q1.1

A

I0.1

AN

Q1.0

= Q1.1

Y, sobre la figura 5.5.1h, usamos la marca M0.0 y la instrucción de carga constante a un temporizador (L KTx) y la de puesta en marcha de temporizador con retardo al energizar (SR Tx).

O I0.0 O Q1.0 O Q1.1 A I0.1 = M0.0

A M0.0 AN T0= Q1.0

A M0.0 L KT 800.0 SR T0

A T0 = Q1.1

El listado de instrucciones de los contadores:

A I0.0 CU C0

A I0.1 CD C0

A I0.2 R C0

A I0.3 L C20 S C0

7.7 Ejercicios de programación

SEMAFORO DE PEATONES.

Requisitos:

a) En la entrada I0.0 esta conectado el botón pulsador de iniciar el ciclo, para que paren los autos y puedan pasar los peatones.

b) Las salidas están asignadas como sigue:

Q1.0 Rojo Peatones

Q1.1 Verde Peatones

Q1.2 Rojo Trafico Vehicular

Q1.3 Amarillo Trafico Vehicular

Q1.4 Verde Trafico Vehicular

c) Ningún color parpadea.

PROGRAMA SECUENCIAL DE 8 PASOS

FB 6

"RELOJ DEL SISTEMA" ** EL CICLO ES 50/50. NOTA: SI EL PERIODO DEL RELOJ NECESARIO ES 1.0 SEGUNDO, UTILICE EL RELOJ DEL PLC **

AN F9.2

L KT30.0 ** FRECUENCIA REQUERIDA ENTRE DOS **

SR T0

A T0

= F9.2

A F9.2

AN F9.1

S F9.0 ** RELOJ **

A F9.2

A F9.1

R F9.0

AN F9.2

A F9.0

S F9.1

AN F9.0

AN F9.2

R F9.1

FB 20

"SECUENCIA AUTOMATICA"

A F21.0

LKT 100.0

SR T20

A F21.1

LKT 100.1

SR T21

A F21.2

LKT 100.2

SR T22

A F21.3

LKT 100.3

SR T23

A F21.4

LKT 100.4

SR T24

A F21.5

LKT 100.5

SR T25

A F21.6

LKT 100.6

SR T26

A F21.7

LKT 100.7

SR T27

O F21.0

O F21.1

O F21.2

O F21.3

O F21.4

O F21.5

O F21.6

O F21.7

ON I0.0 ** CONDICION DE ARRANQUE **

JC = X01

L KH 0001

T FW 20

X01 AN F20.0

JC = X02

AN T20 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X02 AN F20.1

JC = X03

AN T21 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X03 AN F20.2

JC = X04

AN T22 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X04 AN F20.3

JC = X05

AN T23 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X05 AN F20.4

JC = X06

AN T24 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X06 AN F20.5

JC = X07

AN T25 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X07 AN F20.6

JC = X08

AN T26 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X08 AN F20.7

JC = X09

AN T27 ** CONDICION DE SALTO **

BEB

JU FB50

"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"

X09 BE

FB30

"ACCIONAMIENTOS"

O F20.0

= Q16.0

FB40

"MULTIPLEXADOR DE DIECISEIS FASES"

L FW40

L KHFFFF

AW
L KH0000
><F
JC = X01
L KH0001
T FW40
JU = X02
X01 L FW40
SLW 1
T FW40
X02 BE
FB50
"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"
L FW20
SLW 1
T FW20
BE
OB1
JU FB6
"RELOJ DEL SISTEMA"
JU FB20
"SECUENCIA AUTOMATICA"
JU FB30
"ACCIONAMIENTOS"
JU FB50
"AUXILIAR SECUENCIA AUTOMATICA"
DB6 ** PROGRAMA DE USO DE PANTALLA OP393 II
00:KH=0000
01:KH=010B
02:KH=010C
03:KH=0600
04:KH=0010
05:KH=00FF

06:KH=000E
07:KH=0132
08:KH=0134
09:KH=0136
10:KH=0206
11:KH=0138
12:KF=14516
13:KH=0000
14:KH=HF

1.8 Usos

Los PLC se encuentran en la gran mayoría de las máquinas de proceso que se fabrican actualmente y, a veces disfrazados de tablillas electrónicas de control, pero siempre reduciendo en gran medida la mano de obra que requerían todos los tableros de control alambrados que hasta hace unos años eran omnipresentes en la industria y, en gran medida su gran difusión los ha abaratado tanto que aún en las operaciones más sencillas, el PLC toma el lugar de temporizadores y contadores.

Al alambrear un PLC se debe tener cuidado en emplear los cables con código de colores para evitar en lo posible cualquier error que pudiera ser muy costoso.

Las compañías fabricantes de máquinas usan el siguiente código de colores para los cables:

AZUL para circuitos de control en c.d.

ROJO para control en c.a.

VIOLETA y /o GRIS para entradas / salidas del PLC.

NEGRO en circuitos de fuerza

BLANCO en cables puestos a tierra en c.a. (neutro) y el VERDE /AMARILLO o solamente VERDE para la conexión a tierra.

1.9 Tendencias

06:KH=000E
07:KH=0132
08:KH=0134
09:KH=0136
10:KH=0206
11:KH=0138
12:KF=14516
13:KH=0000
14:KH=HF

1.8 Usos

Los PLC se encuentran en la gran mayoría de las máquinas de proceso que se fabrican actualmente y, a veces disfrazados de tabllillas electrónicas de control, pero siempre reduciendo en gran medida la mano de obra que requerían todos los tableros de control alambrados que hasta hace unos años eran omnipresentes en la industria y, en gran medida su gran difusión los ha abaratado tanto que aún en las operaciones más sencillas, el PLC toma el lugar de temporizadores y contadores.

Al alambrear un PLC se debe tener cuidado en emplear los cables con código de colores para evitar en lo posible cualquier error que pudiera ser muy costoso.

Las compañías fabricantes de máquinas usan el siguiente código de colores para los cables:

AZUL para circuitos de control en c.d.

ROJO para control en c.a.

VIOLETA y /o GRIS para entradas / salidas del PLC.

NEGRO en circuitos de fuerza

BLANCO en cables puestos a tierra en c.a. (neutro) y el VERDE /AMARILLO o solamente VERDE para la conexión a tierra.

1.9 Tendencias

06:KH=000E

07:KH=0132

08:KH=0134

09:KH=0136

10:KH=0206

11:KH=0138

12:KF=14516

13:KH=0000

14:KH=HF

1.8 Usos

Los PLC se encuentran en la gran mayoría de las máquinas de proceso que se fabrican actualmente y, a veces disfrazados de tabllas electrónicas de control, pero siempre reduciendo en gran medida la mano de obra que requerían todos los tableros de control alambrados que hasta hace unos años eran omnipresentes en la industria y, en gran medida su gran difusión los ha abaratado tanto que aún en las operaciones más sencillas, el PLC toma el lugar de temporizadores y contadores.

Al alambrear un PLC se debe tener cuidado en emplear los cables con código de colores para evitar en lo posible cualquier error que pudiera ser muy costoso.

Las compañías fabricantes de máquinas usan el siguiente código de colores para los cables:

AZUL para circuitos de control en c.d.

ROJO para control en c.a.

VIOLETA y /o GRIS para entradas / salidas del PLC.

NEGRO en circuitos de fuerza

BLANCO en cables puestos a tierra en c.a. (neutro) y el VERDE /AMARILLO o solamente VERDE para la conexión a tierra.

1.9 Tendencias

Las máquinas modernas controladas por un PLC tienen pocos botones de mando, porque han sido sustituidos en gran medida por los paneles de mando que a su vez tienen una pequeña o gran pantalla de avisos y, en algunos casos hasta permiten la programación de la Producción.

Además, la tendencia es hacia una fabricación integrada y, los PLC juegan el papel del soldado raso en esa cadena al efectuar todas las operaciones burdas de control.

Estos sistemas donde los PLC son supervisados por sistemas más complejos están actualmente en uso en las grandes compañías acereras, de alimentos y de automóviles y, con la caída en los costos reales actuales, se puede anticipar su uso en fábricas y empresas más pequeñas en el próximo futuro.

En nuestro medio, esperamos ver cada vez un mayor número de PLC controlando las máquinas de nuestras industrias.

Prácticas de laboratorio

Automatización Industrial.

Elaborado por :
María Eugenia Martínez
José Luis Ponze Zotelo
Milton Arsenio Santos Rivas
arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

El presente manual persigue llenar el vacío existente en la formación Técnica de la Universidad Don Bosco en el área de automatización hidráulica y neumática.

La motivación de solventar esta problemática se debe a la necesidad de formación actualizada en esta rama de la mecánica, pilar en el desarrollo industrial. La evolución constante de la industria en búsqueda de solventar los procesos, cada vez más complejos, por medio de sistemas automatizados justifica la existencia de este medio como apoyo a los procesos de automatización.

No pretendemos proporcionar todos los elementos en el sector de la formación, sino que se consideraron todos aquellos que sirven como bases a los conocimientos elementales.

La estructura del presente manual se encuentra dividida en dos secciones, la primera contempla el marco teórico y la segunda contempla ejercicios de práctica de laboratorio.

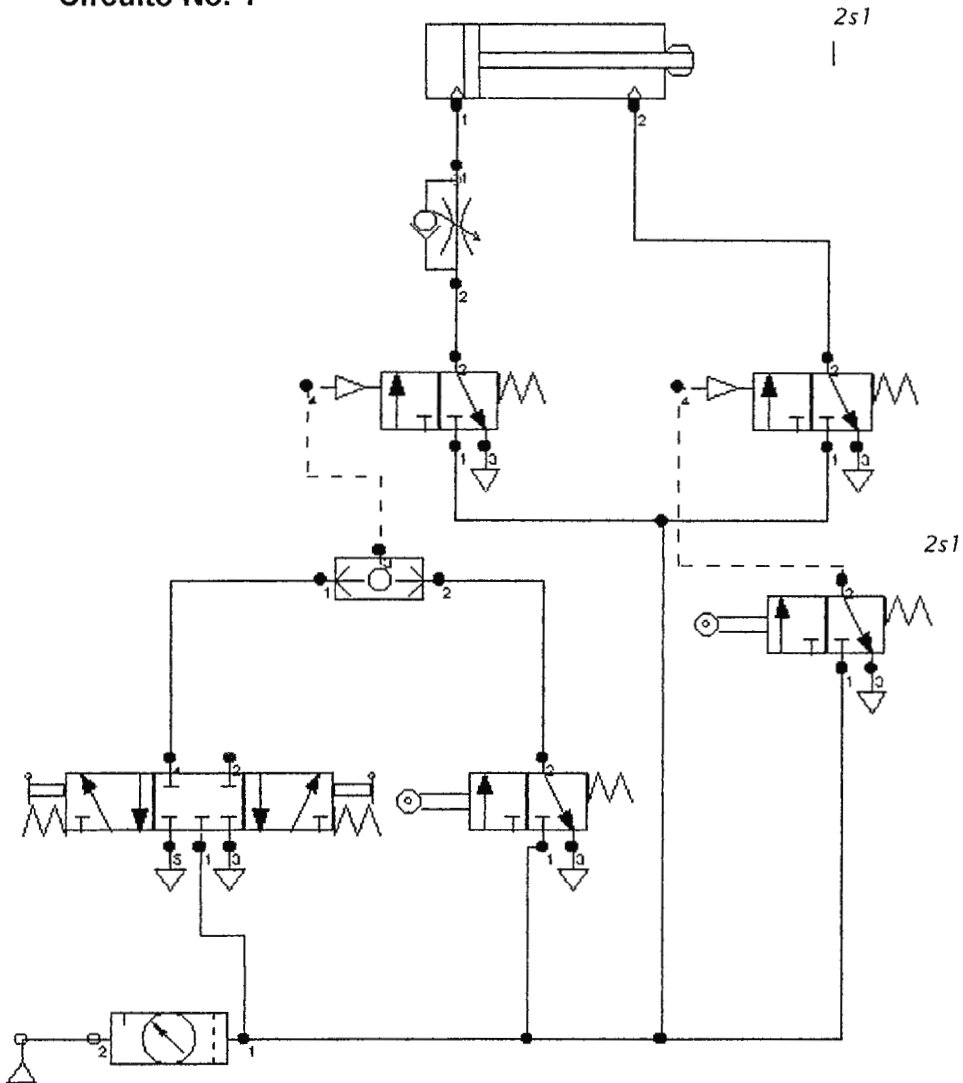
Esperamos contribuir con los estudiantes de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimiento de los fluidos.

Si en algo hemos logrado contribuir en su formación, nos sentiremos más que satisfechos.

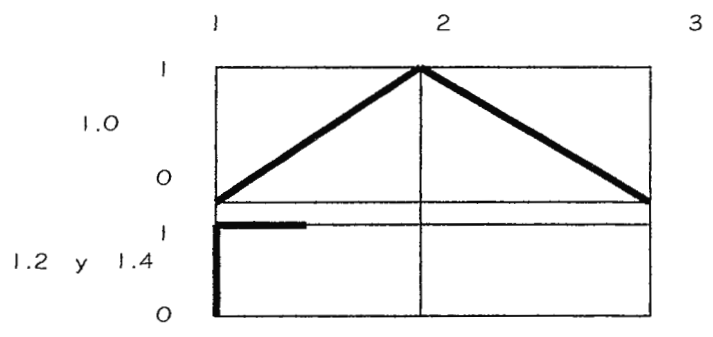
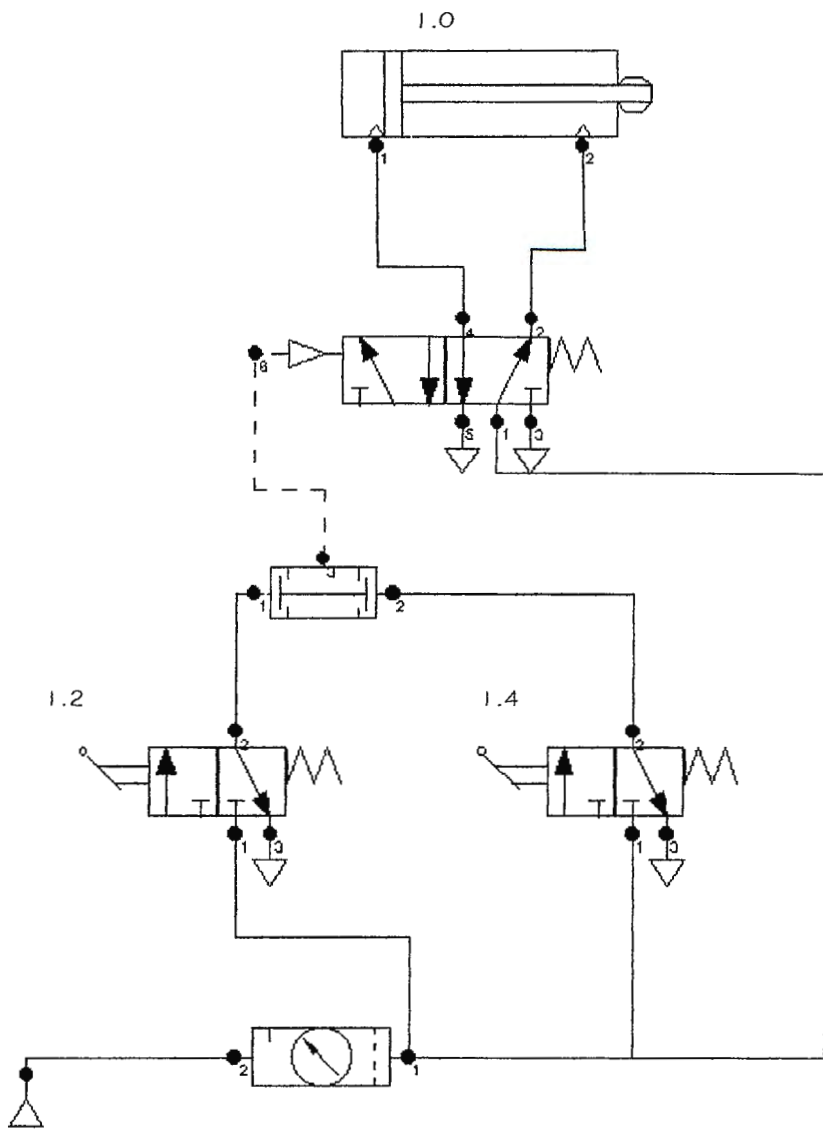
Los autores:

Prácticas de automatización

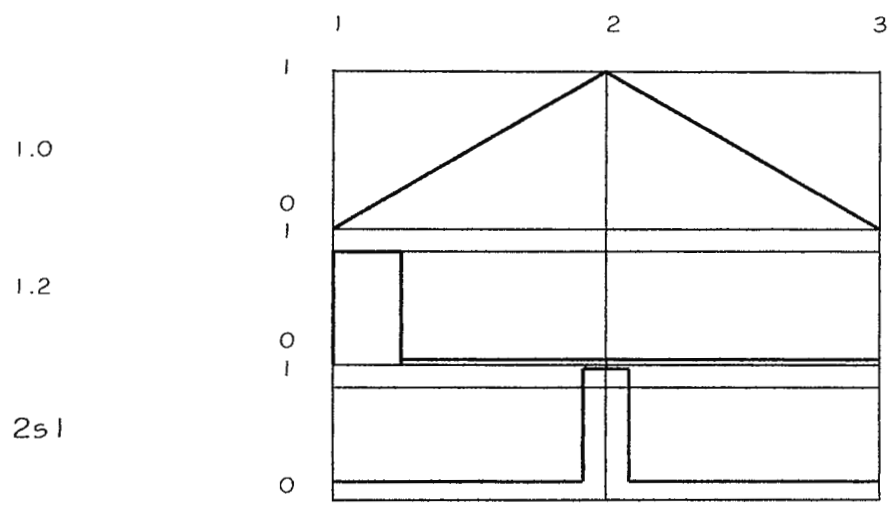
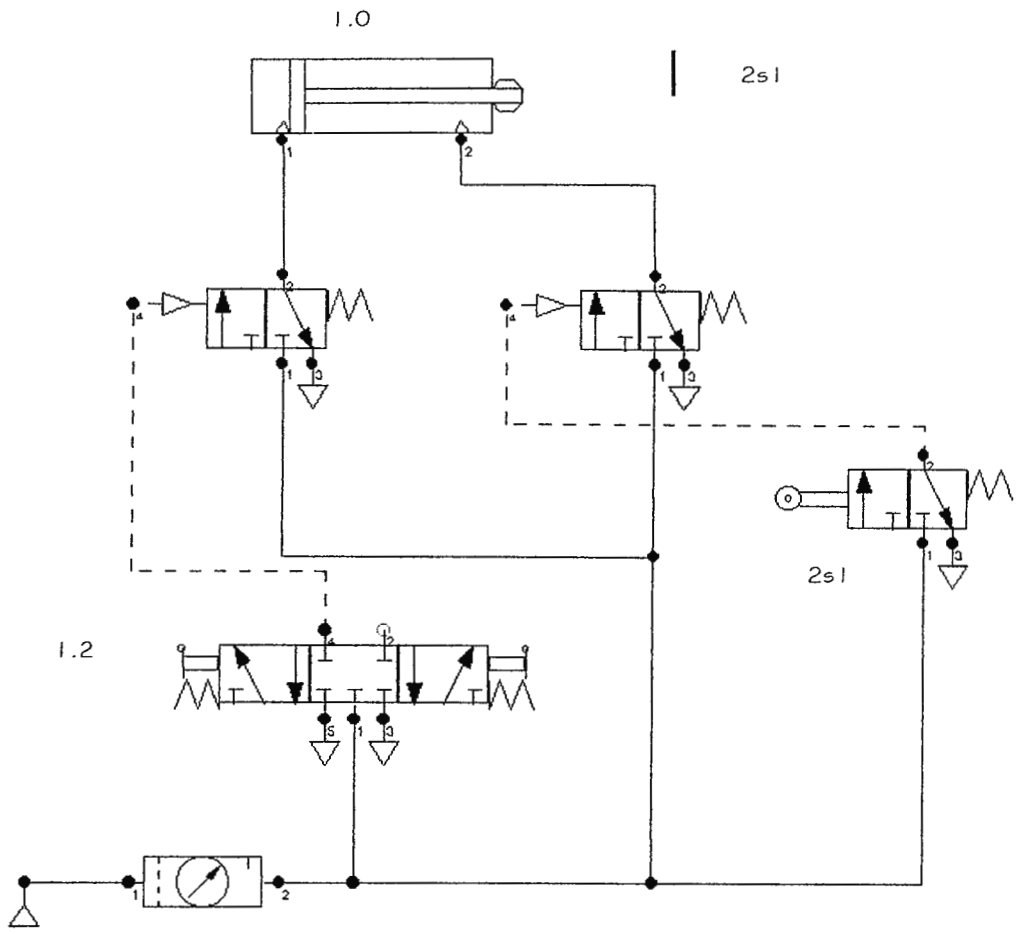
1. Circuito No. 1



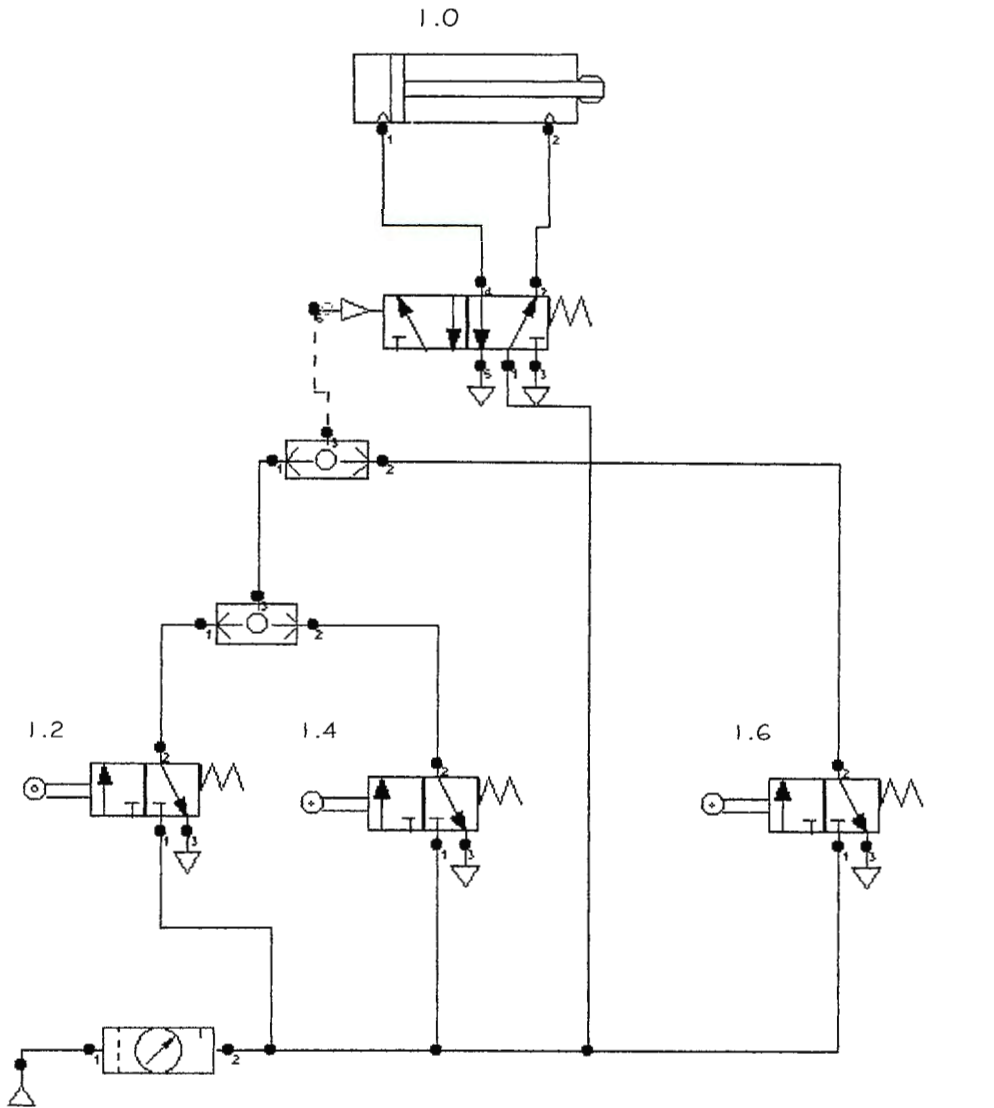
2. Circuito No.2



3. Circuito No. 3

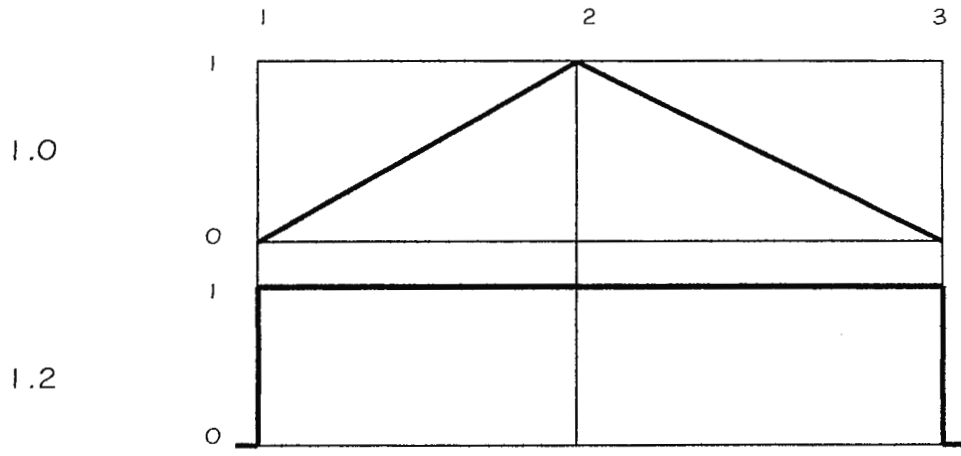
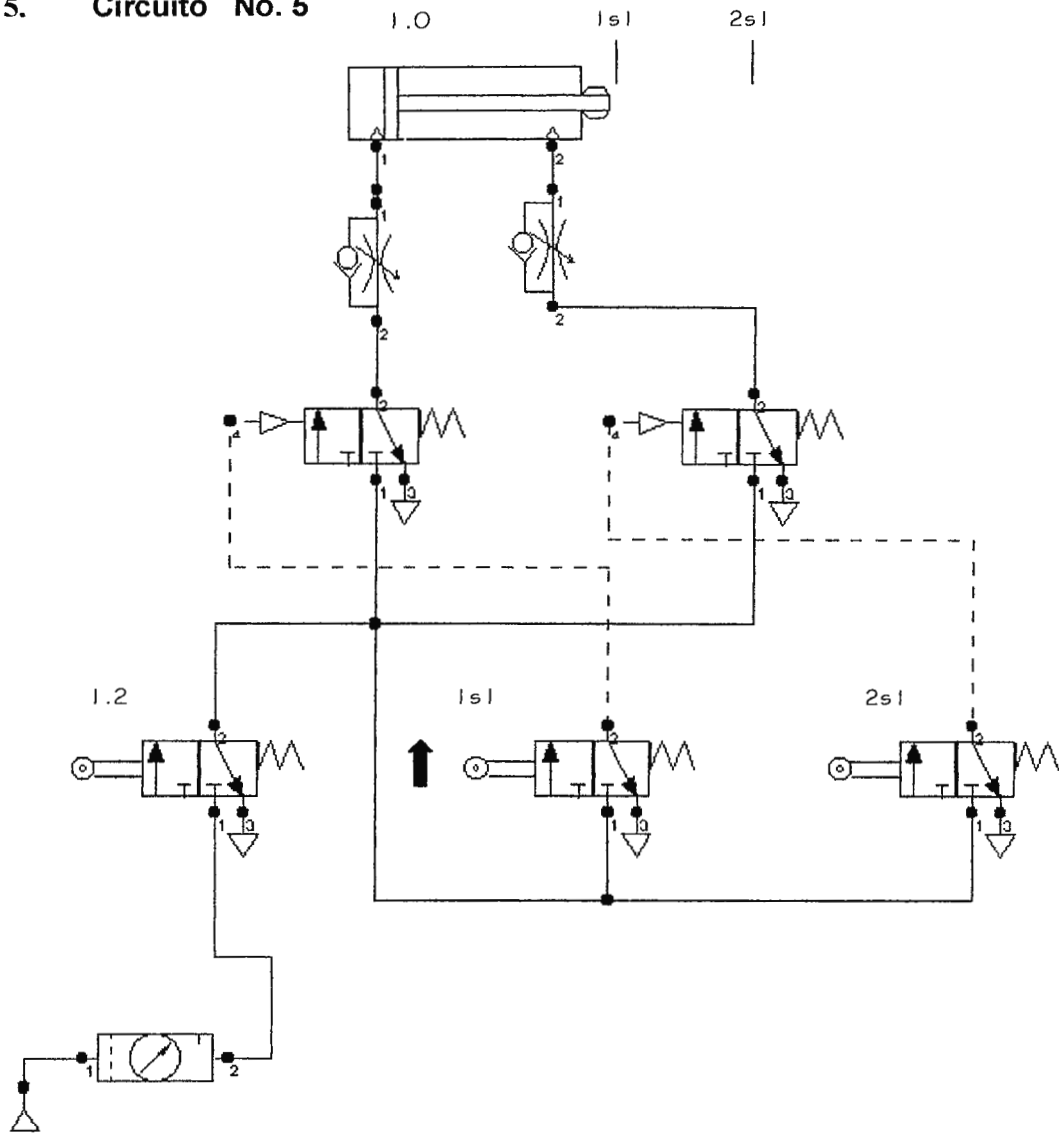


4. Circuito No. 4



	1	2	3
1.0	1	1	0
1.2 ó 1.4 ó 1.6	0	0	0

5. Circuito No. 5



Ejercicios de automatización.

Indicaciones

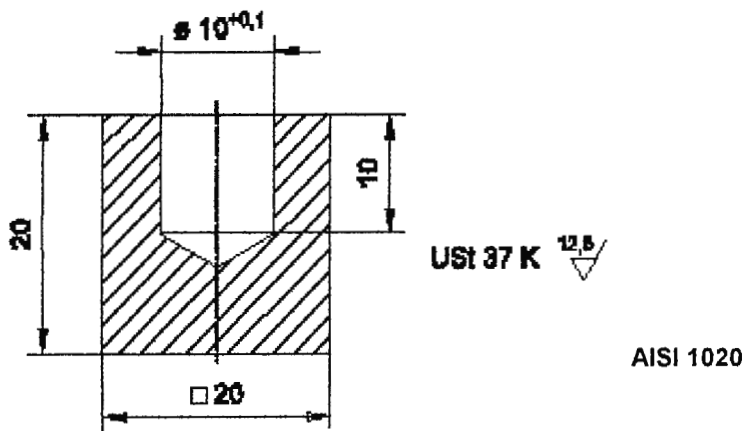
1. Se deberá de justificar la solución en función de las condiciones de operación del sistema problema a solucionar.
2. La solución de los problemas deberá de presentar los siguientes circuitos:
 3. Circuito Hidráulico
 4. Circuito Neumático
 5. Circuito Lógico(digital)
 6. Circuito Eléctrico en DIN
 7. Circuito Eléctrico en ASA
8. Los circuitos eléctricos deberán de considerarse con el empleo de sensores de posición (foto celdas) y Temporizadores.
9. Antes de los circuitos deberá de especificarse los siguientes diagramas de movimientos, con su respectiva explicación:
 10. Diagrama espacio fase
 11. Diagrama espacio tiempo
 12. Diagrama de mando
13. Características de los elementos a emplearse, tales como carreras, formas de sujeción, velocidades, presiones y caudales de operación para la solución al problema planteado. Suficiente que especifique para uno de los dos circuitos de trabajo (hidráulico o neumático).

Maquina Taladradora con almacén de alimentación por gravedad

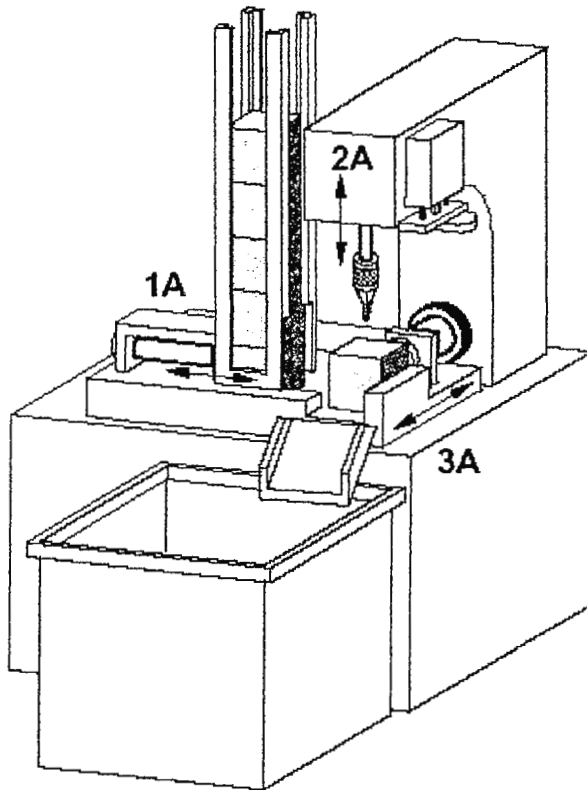
Descripción:

Piezas cuadradas de acero son alimentadas por un almacén de gravedad a la máquina taladradora, son sujetados por unas mordazas de una prensa, son maquinados y por ultimo son eyectados.

Las piezas a maquinarse tienen las siguientes especificaciones



Establezca herramientas a emplearse, y condiciones de corte: avances y revoluciones.



La posible condición de funcionamiento de la máquina es la presentada en la figura 2.

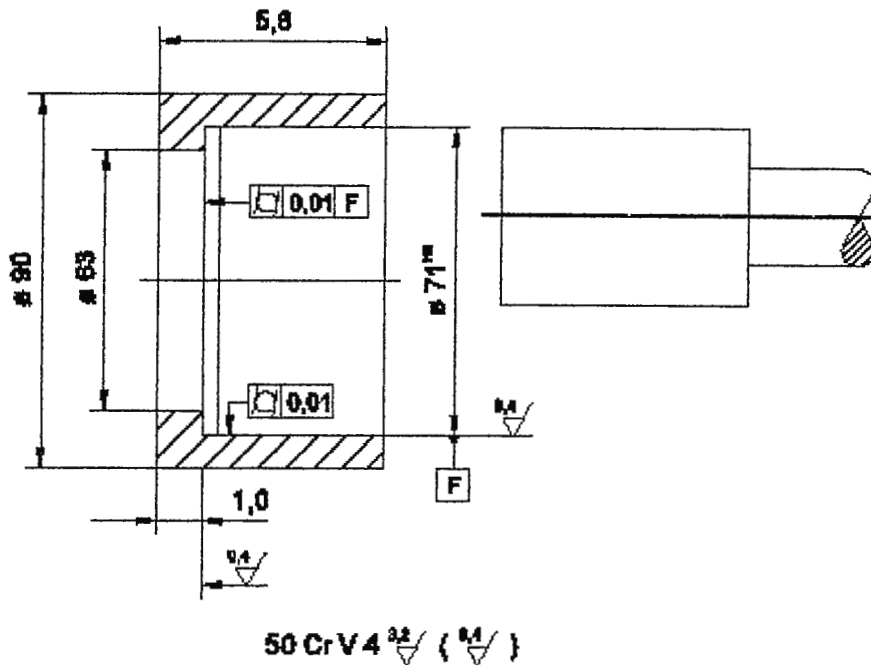
El sistema de control es por zeteo al botón de marcha. El ciclo debe de ser continuo ,y poseer un control que permita detener y regresar el sistema en cualquier instante operación.

La presión de sujeción recomendada es de 4 bares.

Después de maquinada la pieza debe de ser eyectada por 3A, luego de un periodo de 6segundos para que regrese 2A

Automatización Parcial de un Molino para Interiores

Empleando líneas de accionamiento neumáticas y de trabajo hidráulica



Considere ajustes y medidas, para especificar característica de los elementos.

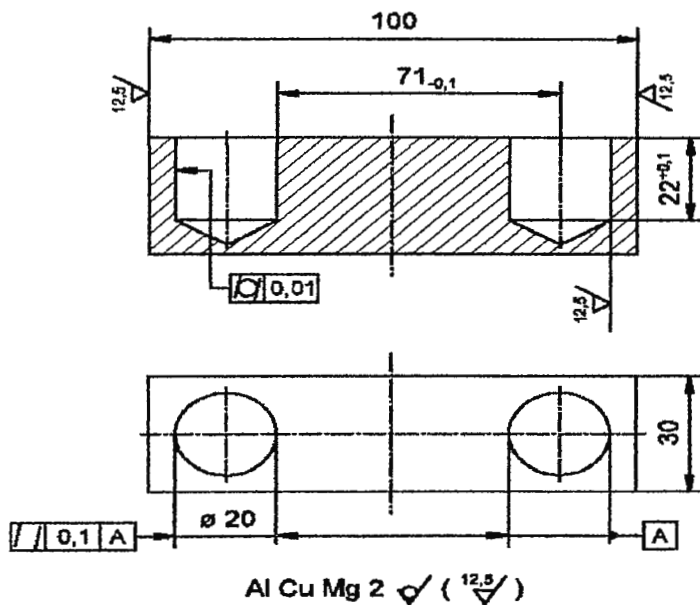
Si necesita de un mecanismo para el sistema a la maquina diseñelo

Se emplea un cilindro con estabilización de velocidad (hidráulico) para tornearse al asiento hasta llenarse en el alojamiento interno, terminando de compactarse al finalizar es eyectado por medio de otro cilindro.

El ciclo debe de iniciar al pulsar el botón de marcha, el macho debe de permanecer por 2 segundos después de finalizar su recorrido. Una vez se ha retraído por completo se espera 1 segundo para eyectar el material.

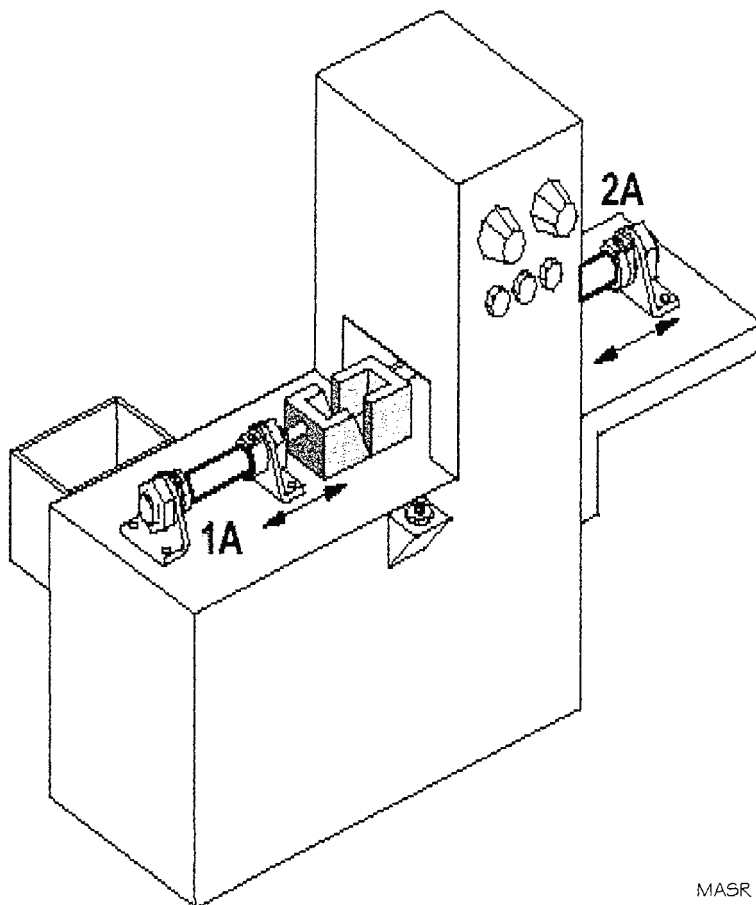
Máquina taladrando con cuatro husos

Para producir agujeros con cuatro husos de la máquina taladradora. Por medio de una válvula accionada por un pedal de pie (la simulación se puede hacer por medio de un botón de empuje) se llevan a cabo los cuatro husos de la máquina por un movimiento doble. El primer movimiento se lleva a cabo, taladrándose dos agujeros a un diámetro de 8mm, entonces la regresan, una vez se han recalibrado se taladran los agujeros a un diámetro de 20mm. El movimiento de alimentación se estrangula; el golpe del retorno es casi sin restricción. Un regulador de presión determina el fuerza de cilindro de máximo. Ajuste la presión a $p = 4$ bar (400 kPa). Durante los dos movimientos del taladro, el cilindro se sostiene para $t = 1.5$ segundos en el posición de extensión.



Introducción de material en una estación de corte por láser

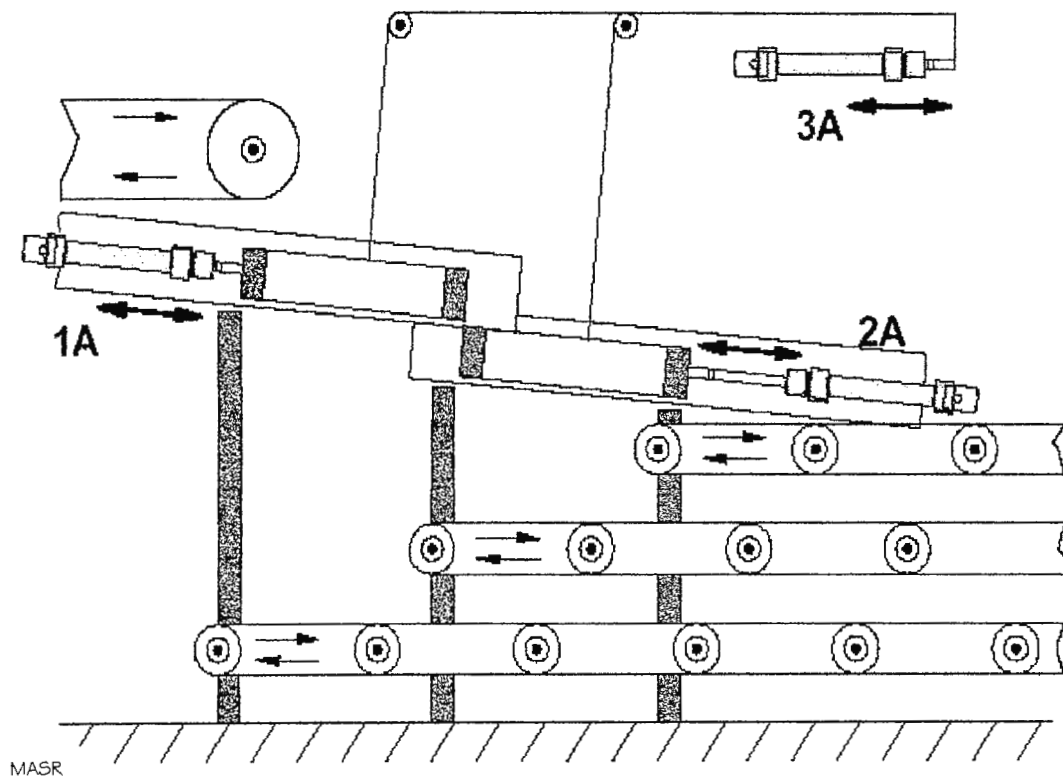
Piezas de lámina de acero inoxidable de un espesor de 0.6mm son introducidas manualmente a la estación de sujeción. Después el cilindro 2A se extiende para sujetar con 1A el tiempo de duración de esta operación es de 1.8 segundos, luego se contrae sujetando con 1A (se encuentra extendiéndose) para desplazar la pieza a la unidad de corte donde el corte se realiza durante un tiempo de 5 segundos. Regresando 1A y 2A al punto sujeción. Finalmente se contrae 2A



MASR

Clasificador de piedras de canteras.

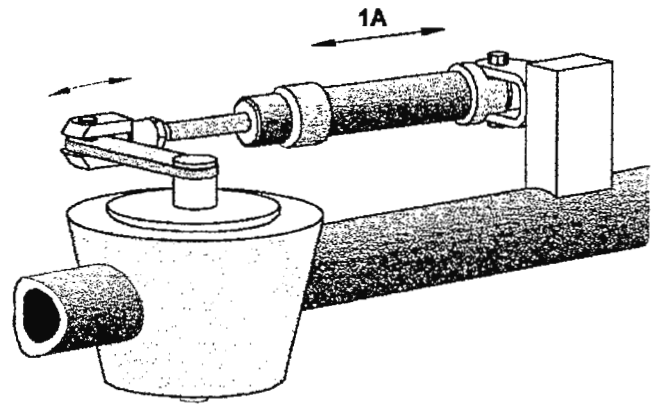
Se transporta piedras de una cantera. Por medio de un rodio se aplastan las piedras, a través de vibración de los dos tamiz(cribas) son transportados por la banda superior. El tamiz superior es el mas fino (1A) se mueve al contrario del tamiz grueso (2A). Los tamiz se encuentran oscilando a una frecuencia de 1 Hz(ciclo/ segundo) a través de desfase con temporización. Realiza dos ciclos antes de que 3A desatasque a los tamices por medio de dos cables , emplee un cilindro de simple efecto.



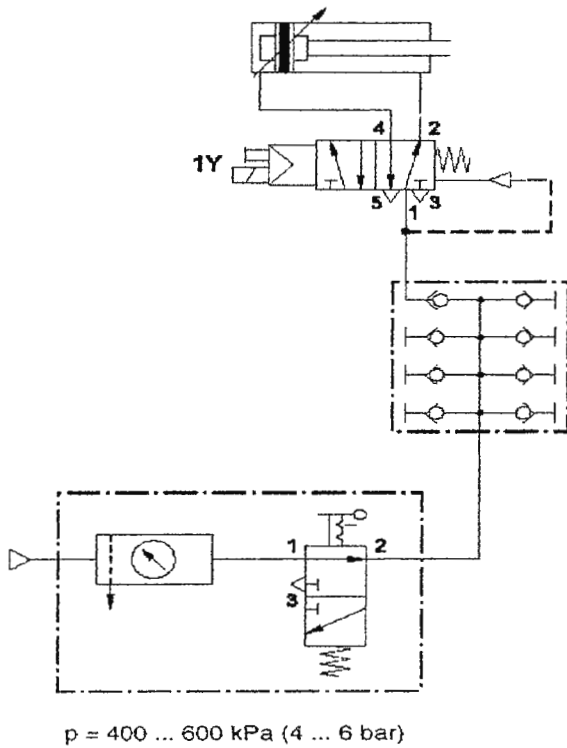
MASR

Circuito memorizante de marcha prioritaria.

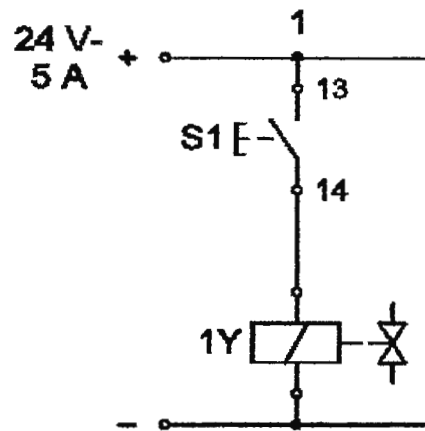
Una válvula de cierre es accionada por medio de un cilindro neumático de doble efecto. Cuando se acciona la señal (abrir) el vástago avanza y permanece delante hasta que se oprime el pulsador de cerrar. El pulsador que abre la válvula debe de prevalecer sobre la acción del pulsador que la cierra.



Situación del problema



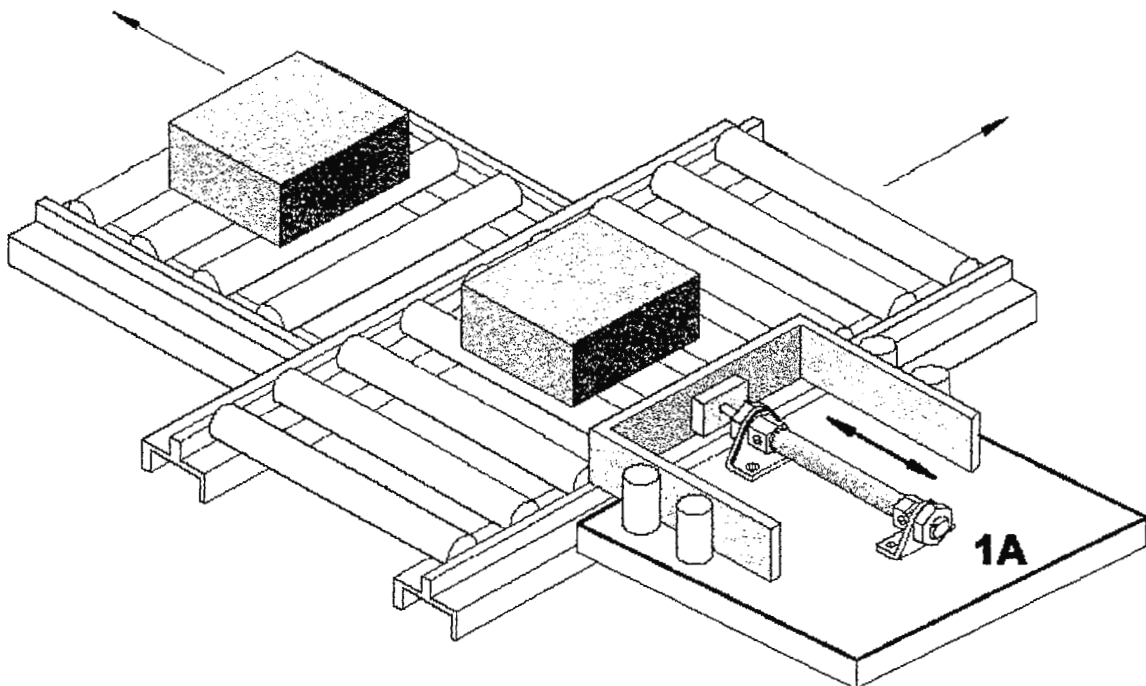
Solución Neumática



Solución eléctrica

Unidad de transferencia.

En una estación de transferencia, se desplaza cajas desde un transportador a otro. El operador acciona un pulsador para transferir la caja en el riel principal, el dispositivo debe de permanecer en esa posición hasta que se presione un segundo pulsador para transferir la carga al riel secundario. Los pulsadores de avance deben de ser inoperantes mientras se encuentren activos los sensores magnéticos colocados en ambos extremos de la camisa del cilindro. El émbolo magnético del cilindro, en sus posiciones extremas, cierran los contactos magnéticos como confirmación de la posición del émbolo.



Situación del problema

RECONOCIMIENTO DE LOS PROFESIONALES DE LA

Apuntes de Clases

Neumática

Elaborado por :

Maria Eugenia Martínez

eugenial611@latinmail.com

José Luis Ponce Zotelo

poncezotelo@latinmail.com

Milton Arsenio Santos Rivas

arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

Los contenidos que se presentan a continuación buscan reforzar el marco teórico en el área de la neumática, refuerzo que ayudará tanto a docentes como educandos que se forman en esta institución.

La neumática, a pesar de ser una ciencia que cada día toma un mayor impulso dentro de la industria en general, padece el problema de la falta de documentación; ya que, la poca información que se encuentra está en inglés u otro idioma, o simplemente no va mas allá de explicar los principios básicos de esta importantísima área.

Los contenidos expuestos a continuación, han sido seleccionados e investigados en base a la experiencia personal de las dificultades encontradas en años anteriores; y aun cuando queda todavía mucho más por investigar, cubren las expectativas que buscan mejorar y actualizar la formación que se imparte sobre la fascinante área de la neumática.

Esperamos contribuir con los estudiantes de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimiento de los fluidos de potencia.

Aquí se presenta la información para que otros la hagan fructificar y entonces, concedores de haber contribuido en el aprendizaje de muchas más personas, nos sentiremos satisfechos del esfuerzo realizado.

Los autores.

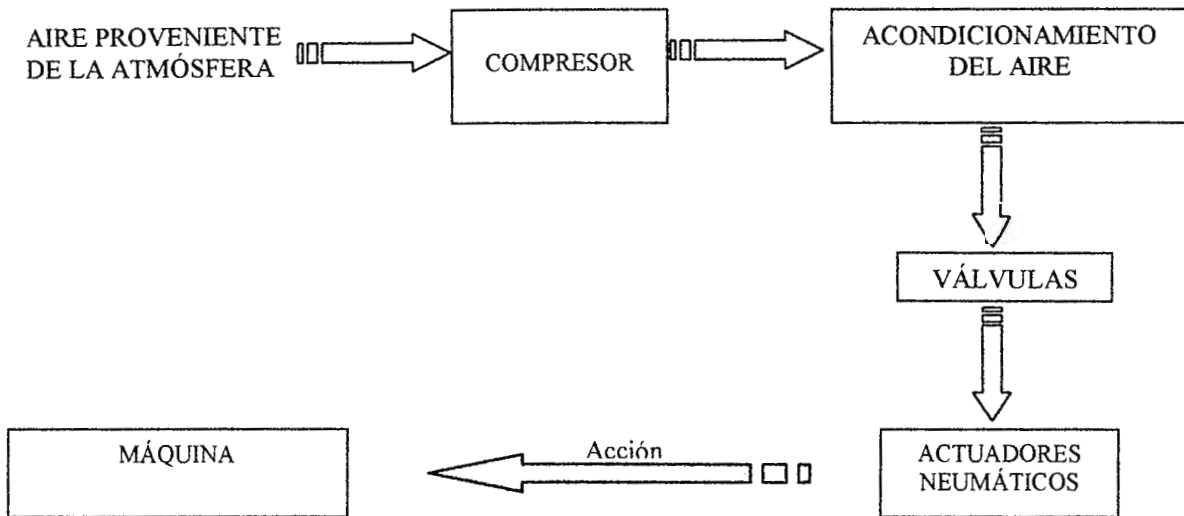
1. Introducción.

Un sistema de potencia fluida es el que transmite y controla la energía por medio de la utilización de líquido o gas presurizado. En la Neumática, esta potencia es producto del aire que procede de la atmósfera y se reduce en su volumen por compresión, aumentando así su presión. La idea anterior, permite formular un enunciado sobre el significado de la Neumática:

“La Neumática, es una ciencia de la física que estudia el aprovechamiento del aire para utilizar las propiedades internas de éste en diferentes aplicaciones industriales como acondicionamiento y/o en sistemas de automatización”

El aire presenta connotaciones muy importantes desde el punto de vista de su utilización; desde su necesidad para la vida, donde el ser humano sin saberlo, llena en sus pulmones el compresor más antiguo de la historia, capaz de bombear 100 litros de aire por minuto con una presión entre 0.02 y 0.08 bares, hasta contener olas en el mar o impedir el congelamiento de agua por burbujeo.

Aun cuando las aplicaciones de la Neumática no tienen límites: desde su utilización, por parte del óptico, de aire a baja presión para comprobar la presión del fluido en el ojo humano, a la multiplicidad de movimientos lineales y rotativos en máquinas con procesos robóticos, hasta las grandes fuerzas necesarias para las prensas neumáticas y martillos neumáticos que rompen el hormigón, el principio básico de un sistema Neumático es tan simple y sencillo como el mostrado a continuación:



La concepción y estudio de los sistemas neumáticos requiere el conocimiento de los elementos neumáticos y su funcionamiento, así como la interconexión entre ellos.

La energía neumática, que emplea aire comprimido como fuente de potencia, tiene cualidades excelentes entre las que destacan:

- El aire es abundante y barato.
- Se transforma y almacena fácilmente
- Es limpio, no contamina y carece de problemas de combustión con la temperatura.

Los elementos neumáticos pueden alcanzar velocidades de trabajo elevadas pero, dada la compresibilidad del aire, su regulación no es constante.

2. Marco histórico

Los griegos, en la antigüedad, estudiaron cuatro elementos principales: el agua, el fuego, el aire y la tierra; uno de ellos "el aire", poseía por su naturaleza volátil y presencia transparente, la más fina expresión de la materia, que en otras densidades y estados constituían además los otros elementos; era casi el alma.

A partir de esto, los griegos utilizaron el aire de muy diversas formas; en algunos casos, tal como se presenta en la naturaleza, o sea en movimiento, como en la navegación a vela. Más tarde los molinos de viento la transformaron en energía mecánica.

El conocimiento y la aplicación del aire comprimido tomó consistencia a partir de la segunda mitad del siglo XVII, cuando el estudio de los gases tomó importancia a través de científicos como: Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle, Gay Lussac, etc.

Los sucesos más notables acaecidos en el avance del uso del aire comprimido pueden resumirse en el siguiente cuadro:

Época	Científico	Aporte
1688	<i>Papín</i>	<i>Máquina de émbolos</i>
1762	<i>John Smeaton</i>	<i>Cilindros soplantes</i>
1776	<i>John Wilkinson</i>	<i>Prototipo compresor</i>
1857		<i>Perforación túnel Mont Cenis</i>
1869	<i>Weestingham</i>	<i>Freno de aire para Ffcc..</i>
1888		<i>Red de la distribución de aire en París</i> <i>Distribución neumática de correspondencia en París</i>

Las investigaciones en el campo de las aplicaciones del aire comprimido no han terminado todavía. Actualmente es posible realizar elevados ciclos de trabajo con una vida larguísima de los compresores; utilizando la electrónica como mando, se ofrecen soluciones inmejorables para muchos problemas de automatización industrial.

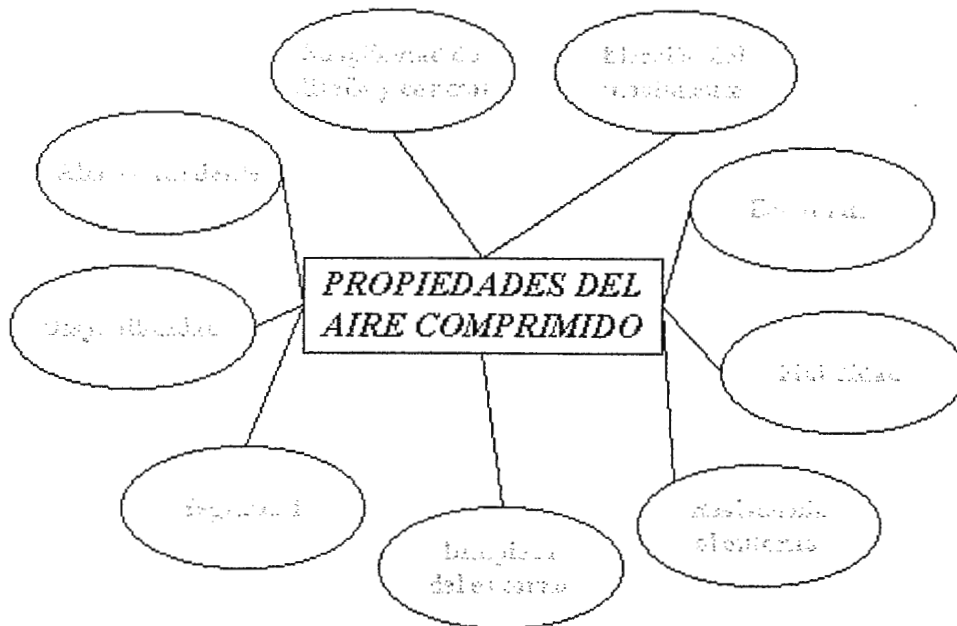
Sectores industriales como: alimentación, ensamblaje y manipulación, sistemas robotizados o industrias de procesos continuos son automatizados en gran parte, aprovechando las ventajas que la neumática ofrece.

Por lo tanto, la neumática, es una tecnología imprescindible como interfase de potencia entre la electrónica de mando y el trabajo a desarrollar.

3. Conceptos Básicos

Antes de proceder al estudio de los elementos neumáticos, es necesario recordar algunos conceptos de las propiedades del aire comprimido y de la mecánica de fluidos que propician el entendimiento de la teoría neumática.

Dentro de las razones importantes para la extensa utilización del aire comprimido en la industria tenemos las propiedades mostradas en el siguiente esquema:



Las magnitudes que más frecuentemente se utilizan son: presión y caudal, aunque, para la aplicación práctica de los accesorios neumáticos, también conviene hacer referencia a las leyes naturales relacionadas con el comportamiento del aire como gas; es decir, se vuelve necesario conocer los conceptos fundamentales de la Teoría de los Gases Perfectos por ser el aire, un fluido que puede considerarse como tal.

3.1 Presión

La presión ejercida por un fluido sobre una superficie (y viceversa), es el cociente entre la fuerza y el área transversal de la superficie que recibe su acción:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{ó siendo más específicos} \quad P = \frac{dF}{dA}$$

En todo punto de la atmósfera terrestre existe una determinada presión que varía con la altura y las condiciones meteorológicas y se conoce con el nombre de presión atmosférica. Esta presión es igual al peso por unidad de superficie de la columna de aire comprendida entre esta superficie y la última capa de la atmósfera. Normalmente se mide con un instrumento llamado barómetro.

La presión resultante de dividir la fuerza ejercida por la sección sobre la que actúa se llama presión absoluta.

Por el hecho de estar todos los cuerpos sometidos a la presión atmosférica, conviene referirse no a la presión absoluta, sino a la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica, a la que se llama presión relativa o manométrica.

Para comprender la fuerza de avance a que está sometido un émbolo debemos restar del producto $P_{abs} \cdot A$ el producto $P_{atm} \cdot A$, que representa la fuerza que le opone la presión atmosférica.

Es decir:

$$F = P_{abs} * A - P_{atm} * A = (P_{abs} - P_{atm}) * A = P_r * A$$

El uso del concepto de presión relativa simplifica el cálculo.

En la práctica, la presión relativa de la instalación es de primordial importancia y se conoce con el nombre de presión de trabajo o presión efectiva. Según las normas CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), de no advertir lo contrario, si se da una presión debe entenderse como manométrica.

La unidad de presión en el Sistema Internacional (SI) es el N/m^2 que recibe el nombre de Pascal. Esta unidad tiene el inconveniente de ser demasiado pequeña para la mayor parte de las aplicaciones. El CETOP recomienda la utilización del bar como unidad, pues su uso neumático es más práctico.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N} / \text{m}^2$$

Tradicionalmente se venían empleando como unidades de presión la atmósfera o el kg/cm^2 , de valor muy cercano al bar. Así pues, si no hablamos con rigor, 1 bar, 1 atm y $1 kg/cm^2$ se pueden considerar equivalentes.

La unidad británica de presión es el psi. (pound per square inch = libra por pulgada cuadrada).

3.2 Caudal

Se define el caudal como la cantidad de fluido que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo.

La unidad básica para el gasto volumétrico "Q" es el metro cúbico normal por segundo (m^3/s). En la neumática práctica, los volúmenes se expresan en términos de litros por minuto (l/mim.) o decímetros cúbicos normales por minuto (dm^3/min). La unidad no métrica habitual para el gasto volumétrico es el "pie cúbico standard por minuto" (scfm).

3.3 Potencia neumática

Para los estudios de rendimiento, indispensables en los análisis económicos de instalaciones, es imprescindible introducir el concepto de potencia de un fluido en movimiento.

El aire comprimido en la neumática, como el aceite en la oleohidráulica, son vehículos a través de los cuales se transmite potencia de una fuente exterior de energía, en general un motor eléctrico o de combustión interna, a unos receptores.

La potencia instantánea consumida por un receptor es igual al producto de fuerza por velocidad. Para una mejor comprensión, supongamos que este receptor es un cilindro.

La fuerza total ejercida por el cilindro es igual al producto de la presión por la sección útil del cilindro. El volumen que se crea por unidad de tiempo, al avanzar el cilindro, es ocupado por el caudal.

De donde la expresión de potencia es:

$$N = F * v = (P * A) * \left(\frac{Q}{A}\right) = P * Q$$

Si expresamos la presión en N/m^2 y el caudal en m^3/s , la potencia se expresa en watios.

3.4 Leyes fundamentales de los gases perfectos

Las características esenciales del estado gaseoso son:

- ▶ La presión de un gas en equilibrio es la misma en todos los puntos de la masa.
- ▶ La densidad de un gas depende de su presión y temperatura.
- ▶ La masa de un gas presenta una resistencia prácticamente nula a los esfuerzos de corte.

Las leyes que rigen el comportamiento de los gases perfectos, aunque no son cumplidas exactamente por los gases reales, son sencillas.

◆ Ley de Boyle-Mariotte:

A temperatura constante, el volumen ocupado por la masa gaseosa invariable está en razón inversa de su presión, es decir, que en tales circunstancias se verifica:

$$P * V = Cte.$$

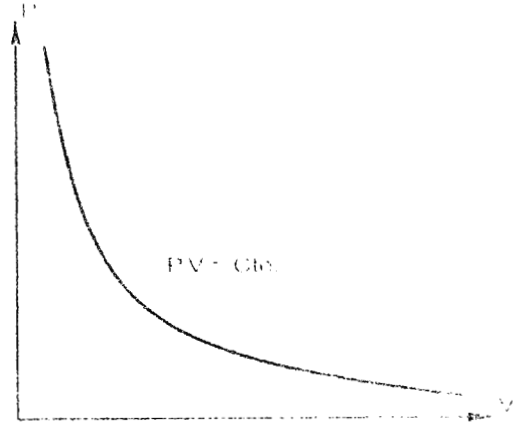
También se puede escribir:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = P_3 * V_3 = Cte.$$

O también de esta otra manera:

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

Si la temperatura T es constante, las líneas que unen los puntos que se hallan a la misma temperatura se llaman "isotermas" o "isotérmicas del gas", siendo su curva representativa la hipérbola equilátera sobre el plano $P V$ como la que aparece en la figura.



◆ Ley de Gay Lussac:

A presión constante, el volumen ocupado por una masa dada de gas, es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = Cte$$

Dichas transformaciones se denominan "isobaras" o "isobáricas del gas", siendo su línea representativa, una línea paralela a V sobre el plano $P V$. Esto se comprende fácilmente, pues tanto más se comprime un gas, más aumenta su temperatura.

◆ Ley de Charles:

A volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas determinada, es directamente proporcional a la temperatura, esto es:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = Cte.$$

Las curvas que unen los puntos que tienen el mismo volumen específico se denominan "isocoras", "isosteras" o "isopléricas". En un gas perfecto, las isocoras son líneas rectas verticales sobre el plano P V.

Esta ley proporciona una de las bases teóricas principales para el cálculo a la hora de diseñar o elegir un equipo neumático, cuando sea necesario tener en cuenta los cambios de temperatura.

Las relaciones anteriores, se combinan para proporcionar la "ecuación general de los gases perfectos":

$$PV = NR_u T$$

Donde: P = Presión

V = Volumen

N = Número de moles del gas

R_u = Constante universal de los gases [8.314 kPa.m³ / (kgmol.K)]

T = Temperatura

◆ Transformación adiabática:

Las leyes anteriores se referían siempre a cambios lentos, con solamente dos variables cambiando al mismo tiempo. En la práctica cuando, por ejemplo, el aire entra en un cilindro, no tiene lugar un cambio de estas características, sino un cambio adiabático. La conocida Ley de Boyle se transforma según la siguiente expresión:

$$P * V^k = Cte$$

Esta ley viene expresada analíticamente por:

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt[k]{\frac{P_1}{P_2}}$$

de donde:

$$P_1 * V_1^k = P_2 * V_2^k$$

3.5 Volumen estándar

Debido a las interrelaciones entre volumen, presión y temperatura, es necesario referir todos los datos de volumen de aire a una unidad estandarizada, el metro cúbico estándar, que es la cantidad de 1,293 Kg. de masa de aire a una temperatura de 0° C y a una presión absoluta de 760 mm. de Hg (101.325 Pa).

3.6 Ecuación de Bernoulli

Bernoulli dice:

"Si un líquido de peso específico P fluye horizontalmente por un tubo de diámetro variable, la energía total en los puntos 1 y 2 es la misma"



Esto se expresa en la fórmula general:

$$P_1 + \frac{1}{2}\delta * V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\delta * V_2^2$$

de donde obtendremos:

$$\Delta P = \frac{1}{2}\delta * (V_1^2 - V_2^2)$$

Ecuación aplicada también a los gases si la velocidad del flujo no supera los 330 m/s aproximadamente. Aplicaciones de esta ecuación son el tubo de Venturi y la compensación del flujo en los reguladores de presión.

3.7 Humedad del aire

El aire de la atmósfera contiene siempre un porcentaje de vapor de agua. La cantidad de humedad presente, depende de la humedad atmosférica y de la temperatura.

La cantidad real de agua que puede ser retenida, depende por completo de la temperatura; 1 m³ de aire comprimido es capaz de retener sólo la misma cantidad de vapor de agua como 1 m³ de aire a presión atmosférica.

3.8 Humedad relativa

A excepción de condiciones atmosféricas extremas, como una repentina caída de la temperatura, el aire atmosférico no se satura nunca. El coeficiente entre el contenido real de agua y el del punto de condensación se llama humedad relativa y se indica como porcentaje:

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{Contenido real de agua}}{\text{Cantidad de saturación}} \times 100$$

3.9 Punto de rocío

Uno de los conceptos clásicos para señalar el grado de humedad de un aire comprimido o de un aire ambiente es el punto de rocío, que se distingue por las siglas PR.

El punto de rocío determina una temperatura t , a la cual el aire llega al punto de saturación; esto es, el aire se convierte en aire saturado. No se producirán condensaciones si la temperatura del aire se mantiene por encima del punto de rocío. Si bien, un enfriamiento del aire por debajo de la temperatura del PR, el vapor contenido en el aire comienza a condensar en forma de agua líquida.

3.10 Presión y caudal

La relación más importante que existe para los componentes neumáticos es la que existe entre presión y caudal.

Si no existe circulación de aire, la presión en todos los puntos del sistema será la misma, pero si existe circulación desde un punto hasta otro, querrá decir que la presión en el primer punto es mayor que en el segundo, es decir, existe una diferencia de presión. Esta diferencia de presión depende de tres factores:

- de la presión inicial.
- del caudal de aire que circula.
- de la resistencia al flujo existente entre ambas zonas.

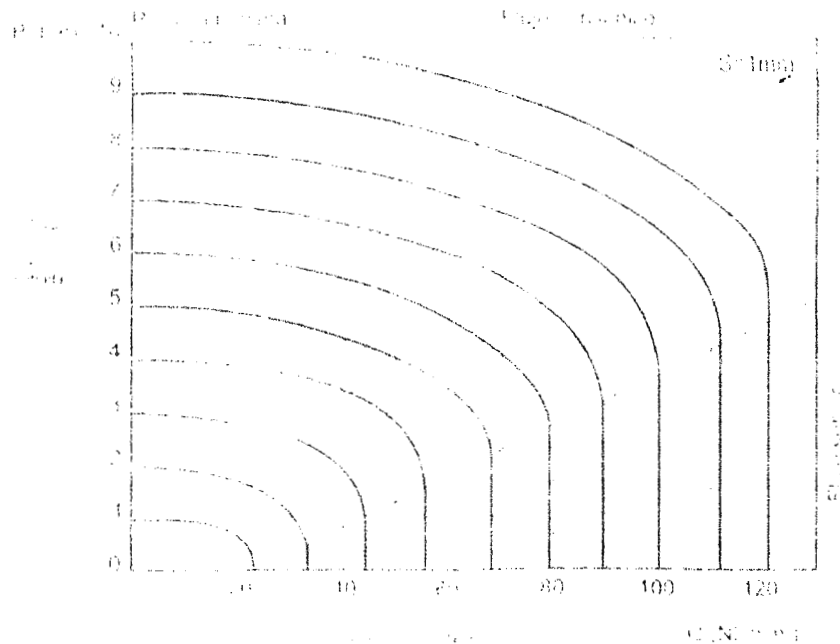
La resistencia a la circulación de aire es un concepto que no tiene unidades propias (como el ohmio en la electricidad) sino que en neumática se usa el concepto opuesto, es decir, conceptos que reflejan la facilidad o aptitud de un elemento para que el aire circule a través de él, el área de orificio equivalente "S" o el "Cv" o el "Kv".

La sección de orificio equivalente "S" se expresa en mm^2 y representa el área de un orificio sobre pared delgada que crea la misma relación entre presión y caudal que el elemento definido por él.

Estas relaciones son, en cierta manera, similares a la electricidad, donde "Diferencia de potencial = Resistencia x Intensidad". Esto, trasladado de alguna forma a la neumática, sería: "Caída de presión = Caudal x Área efectiva", sólo que, mientras que las unidades eléctricas son directamente proporcionales, esta relación para el aire es bastante más compleja y nunca será simplemente proporcional.

En electricidad, una corriente de un amperio (1 A), crea sobre una resistencia de un ohmio (1 Ω) una tensión de un voltio (1 V). Esto se cumple bien sea desde 100 V a 99 V, o desde 4 V a 3 V. En cambio, una caída de presión a través del mismo objeto y con el mismo caudal, puede variar con la presión inicial y también con la temperatura. Razón, la compresibilidad del aire.

Para definir uno de los cuatro datos interrelacionados que han sido mencionados, a partir de los otros tres, necesitamos el diagrama que se muestra a continuación:



El triángulo de la esquina inferior derecha marca el rango del flujo a velocidad "sónica", cuando el caudal de aire alcanza una velocidad próxima a la velocidad del sonido. En este caso, el caudal ya no se puede incrementar independientemente de la diferencia de presión que puede existir entre la entrada y la salida. Como puede verse, las curvas, en esta zona, caen verticalmente.

Esto supone que el caudal no depende de la diferencia de presión sino de la presión de entrada.

◆ Uso del diagrama:

La escala de presión en la izquierda indica tanto la presión de entrada como la de salida. La primera línea vertical de la izquierda representa el caudal cero y, evidentemente, la presión en la entrada y la salida; las diferentes curvas para las presiones de entrada desde 1 hasta 10 bar, indican cómo varía la presión de salida con el incremento de caudal.

Ejemplo:

Presión de entrada = 6 bar.

Caída de presión = 1 bar (presión de salida = 5 bar).

Seguimos la curva que parte de 6 hasta que corta la horizontal del nivel de 5 bar. Desde este punto, seguimos la línea a trazos que baja verticalmente hasta la escala de caudales, en la que obtenemos un valor de 55 l/min. Esta situación concreta, define lo que se ha llamado el "volumen de flujo estándar (Qn)", un valor encontrado en los catálogos para una rápida comparación de capacidad de caudal de otras válvulas.

El caudal obtenido en este diagrama es para un elemento (válvula, racor, tubería, etc.) con una sección equivalente "S" de 1 mm². Si el elemento en cuestión tiene, según catálogo, un "S" de 4,5 mm², el caudal será 4,5 veces mayor. En este caso: 4,5 x 55 = 245 l/min.

3.11 Unidades

El Sistema Internacional de Unidades está aceptado en todo el mundo desde 1960, pero Estados Unidos, el Reino Unido y Japón siguen utilizando preferentemente el sistema legal de pesas y medidas.

◆ Unidades básicas:

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD SI	NOMBRE
Masa	M	Kg	Kilogramo
Longitud	L	m	Metro
Tiempo	T	s	Segundo
Temperatura Abs.	T	°K	Grado Kelvin
Temperatura	t, θ	°C	Grado Celsius

◆ Unidades compuestas:

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD SI	NOMBRE
Radio	R	M	Metro
Ángulo	$\alpha, \beta, \chi, \delta, \varepsilon$	1	Radian
Área, sección	A	M ²	Metro cuadrado
Volumen	V	M ³	Metro cúbico
Velocidad	V	M/s	Metro por segundo
Velocidad angular	Ω	rad/seg	Radian por segundo
Aceleración	A	M/s ²	Metro por segundo al cuadrado
Fuerza, Peso	F	N	Newton
Trabajo	W	J	Joule

◆ Unidades compuestas:

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD SI	NOMBRE	SIST. INGLÉS
Presión	P	Pa	Pascal	psi
Volumen	V	m ³	Metro cúbico	Pie cúbico
Caudal	Q	m ³ /s	Metro Cúbico por segundo	scfm

4. Simbología

Al igual que en otras tecnologías, toda instalación neumática en la que haya dos o más elementos se representa mediante un esquema. Para ello se utilizan símbolos, cada uno de los cuales representa un cierto elemento o aparato.

Los símbolos que se presentan en este documento fueron diseñados por CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), y han sido adoptadas por ISO. Los símbolos ISO y CETOP se utilizan también en hidráulica.

Con la información contenida en el presente capítulo, se pretende definir los principios básicos de simbolización y los símbolos utilizados en los esquemas de representación simbólica de los aparatos hidráulicos y neumáticos, y de los accesorios empleados para la transmisión de la energía mediante fluido.

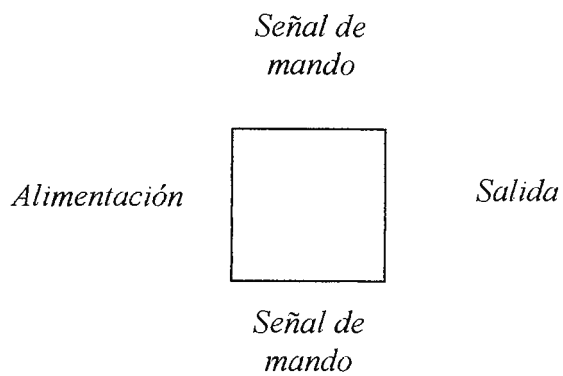
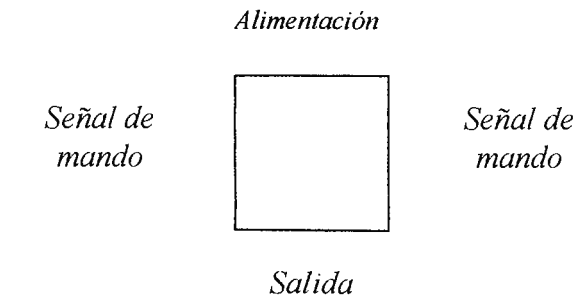
La utilización de estos símbolos ni impide que también se empleen otros símbolos utilizados principalmente para las tuberías en otras técnicas.

Los símbolos para aparatos hidromecánicos y neumáticos y sus accesorios son funcionales y se componen de uno o varios símbolos básicos y, en general, de uno o varios símbolos de función. Los símbolos no tienen escala ni, en general, sentido de orientación determinado.

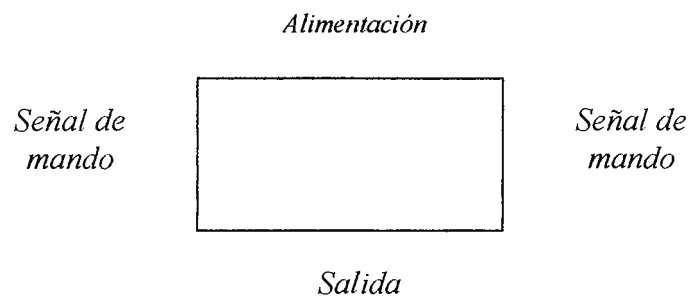
El símbolo debe quedar encerrado en una superficie; esta superficie será un cuadrado porque es posible identificar todos sus lados; el tamaño de este cuadrado no tiene importancia pero debe seguir la siguiente recomendación:

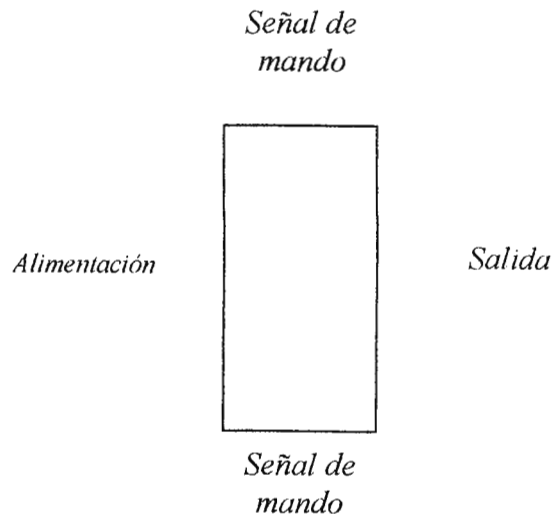
El sentido de paso del caudal debe ser de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, si no se puede seguir esta regla en algún caso particular, deberán utilizarse flechas para indicar el sentido de las señales. La alimentación y las salidas deben estar sobre los lados opuestos del símbolo.

- Elementos sin partes móviles:



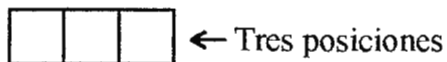
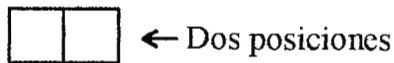
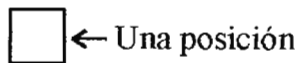
- Elementos con partes móviles:





Válvulas neumáticas:

Una válvula se simboliza por cuadros que representan ó simbolizan estados de conmutación:



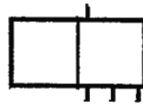
La posición de paso abierto para una válvula se representa por medio de una flecha de un extremo a otro del cuadrado.



La posición de bloqueo de flujo se muestra por una línea cortada, esto simboliza la interrupción de flujo.

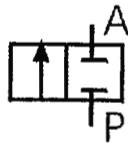


Las conexiones se agregan con pequeñas líneas en los costados de los rectángulos.

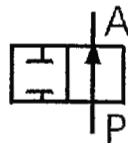


Una vez explicado la metodología para la formación de símbolos de válvulas , veamos algunos de los símbolos más comunes.

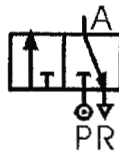
- ❖ Válvula 2 vías 2 posiciones (2/2) normalmente cerrada.



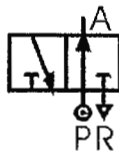
- ❖ Válvula 2 vías 2 posiciones (2/2) normalmente abierta.



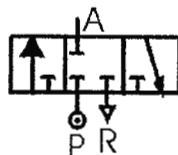
- ❖ Válvula 3 vías 2 posiciones (3/2) normalmente cerrada.



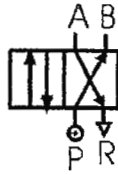
- ❖ Válvula 3 vías 2 posiciones (3/2) normalmente abierta.



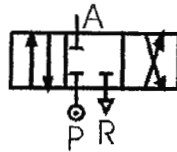
- ❖ Válvula 3 vías 3 posiciones (3/3) con centro bloqueado.



- ❖ Válvula 4 vías 2 posiciones (4/2).



- ❖ Válvula 4 vías 3 posiciones (3/3) con centro bloqueado.



❖ Conexiones:

A continuación se muestra la simbología utilizada para las líneas de transmisión como la notación y nomenclatura de conexiones a válvulas.

Líneas de conexión

- ❖ Conducto de trabajo



- ❖ Conducto flexible



- ❖ Origen de presión



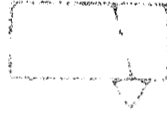
- ❖ Conducción eléctrica



- ❖ Conducto de mando



- ❖ Conducto de escape



- ❖ Conexiones fijas



- ❖ Cruce de conexiones

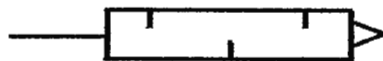


- ❖ Situación del escape en una línea

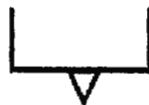


Conexiones

- ❖ Silenciador



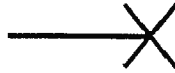
- ❖ Escape no recuperable



❖ Escape recuperable



❖ Conexión ciega



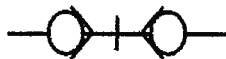
❖ Conexión de presión



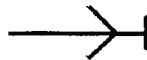
❖ Acoplamiento rápido



❖ Acoplamiento rápido con dos antirretornos



❖ Acoplamiento rápido conducto abierto



❖ Acoplamiento rápido conducto cerrado



❖ Acoplamiento rotativo de una vía



❖ Acoplamiento rotativo de tres vías



Nomenclatura de conexiones

La conexiones en las vías de las válvulas responden de acuerdo con la siguiente nomenclatura para letras y números.

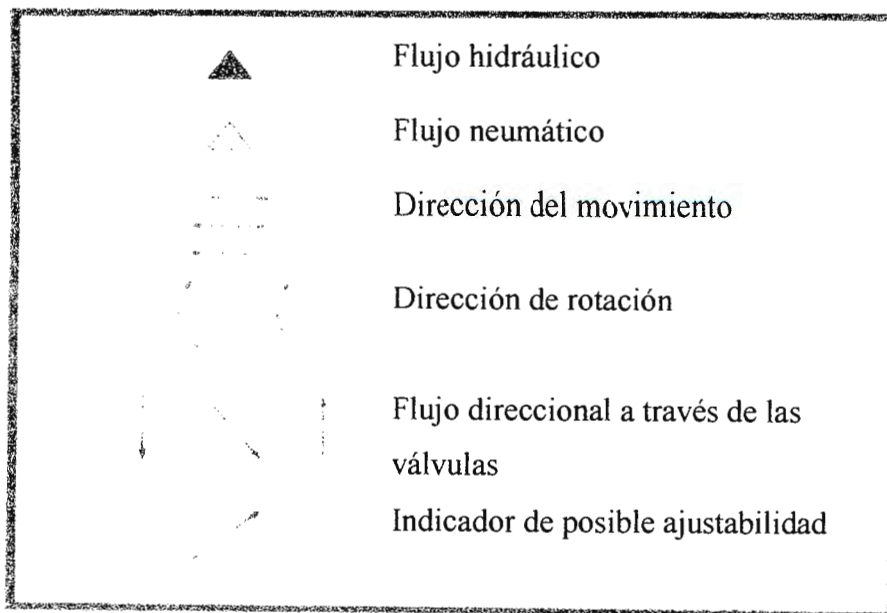
- ❖ A, B, C (2, 4, 6): utilizations o líneas de trabajo (vías representando salidas de las válvulas”. Se utilizan en orden ascendente conforme el número de salidas existentes.
- ❖ P (1): indica alimentación o inicio de presión.
- ❖ R, S, T (3, 5, 7): escapes de aire comprimido.
- ❖ L: escape de Fluido.
- ❖ Z, Y, X, (12, 14, 16): pilotajes (solo ciertas válvulas)

Las letras suelen acompañar a su respectivo símbolo en los diagramas, aunque el poner la letra o número junto con el símbolo, sea repetitivo ayuda en el caso de que el diagrama llegue a deteriorarse por alguna condición. El acomodo de los numero es con respecto a las letras, es decir $A = 2$, $B = 4$, . . . , $R = 3$, . . . , $X = 16$. Otro aspecto, referente a la simbología de las válvulas, que debe tomarse en consideración, es el hecho que dentro de un circuito, la nomenclatura de las conexiones debe colocarse en el rectángulo correspondiente a la posición inicial de trabajo.

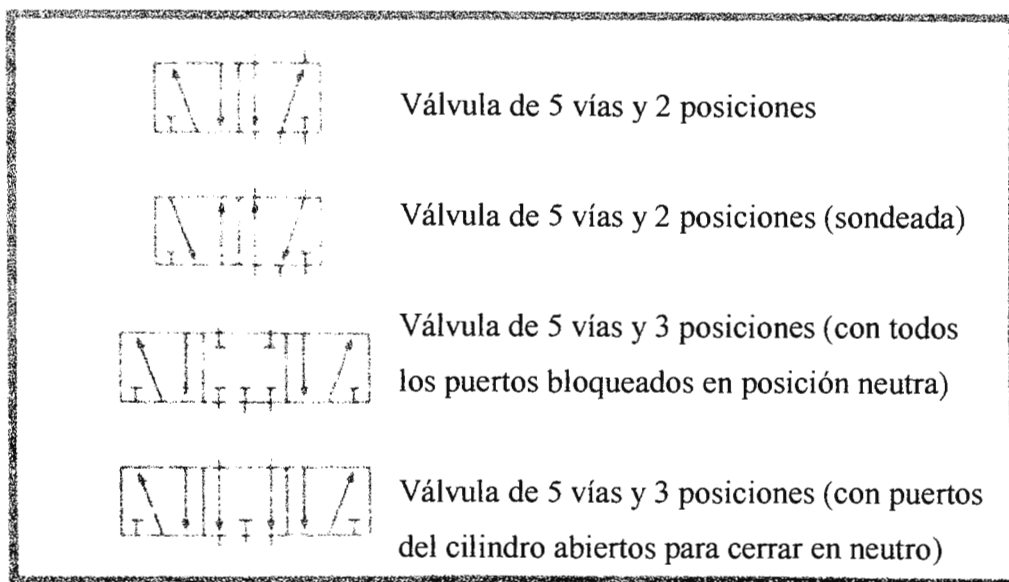
❖ Simbología complementaria:

Además de la simbología mostrada anteriormente, existen otra serie de símbolos, no menos importantes, sobre fluidos de potencia (hidráulica y neumática), los cuales también deben ser muy bien reconocidos; en las próximas páginas se muestran algunos de estos símbolos:


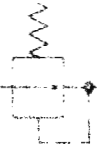



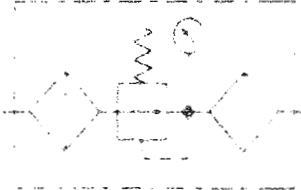




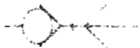
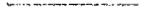


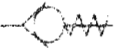
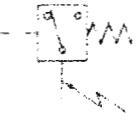

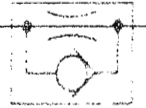

Símbolos de funciones:



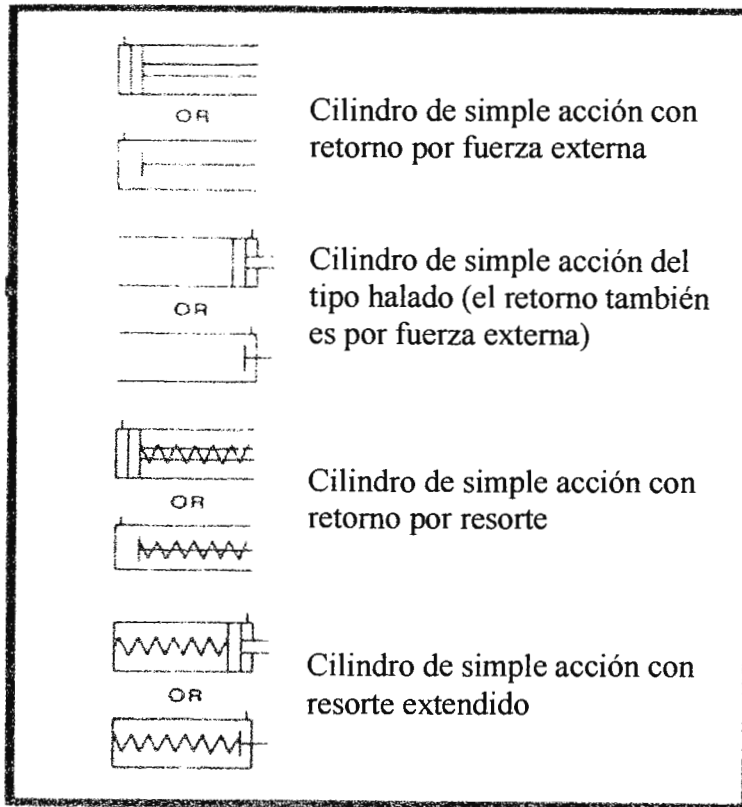
Algunas válvulas neumáticas de 5 puertos:



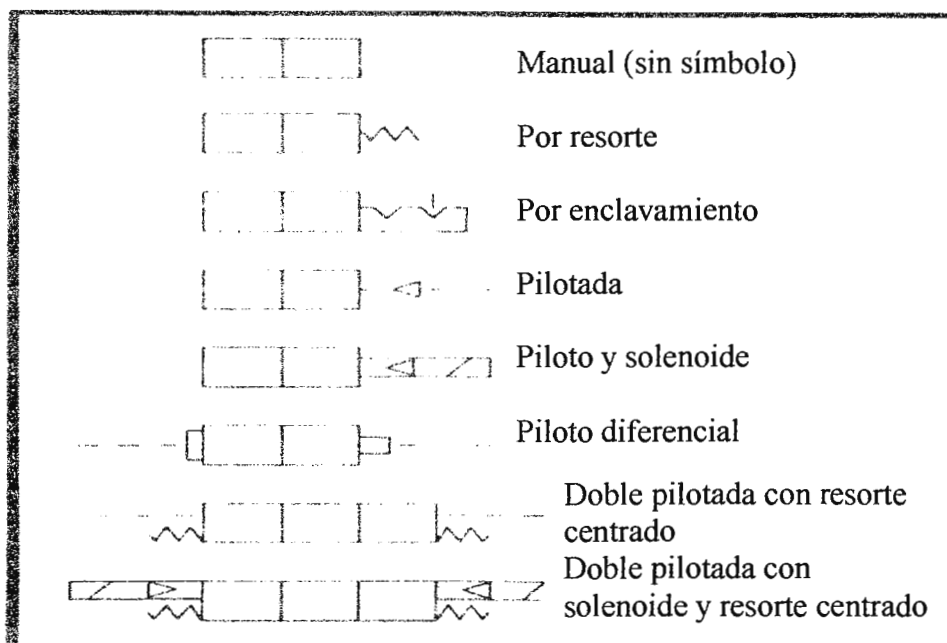
Simbología diversa:

	Resorte		Regulador de presión (sin alivio)
	Restricción (afectado por la viscosidad)		Regulador de presión (con manómetro)
	Restricción (no afectado por la viscosidad)		Unidad de mantenimiento: Filtro, regulador, manómetro
	Acople (paso cerrado por la válvula)		Unidad de mantenimiento simplificada
	Conector (paso abierto, sin válvula)		Acumulador
	Acople y conector unidos		Depósito hidráulico abierto a la atmósfera
	Válvula check		Depósito hidráulico con línea de retorno bajo el nivel del fluido
	Válvula check (cargada por resorte)		Presostato con interrupción eléctrica
	Válvula reguladora de caudal		
	Válvula para ajustar flujo		
	Válvula función "O"		

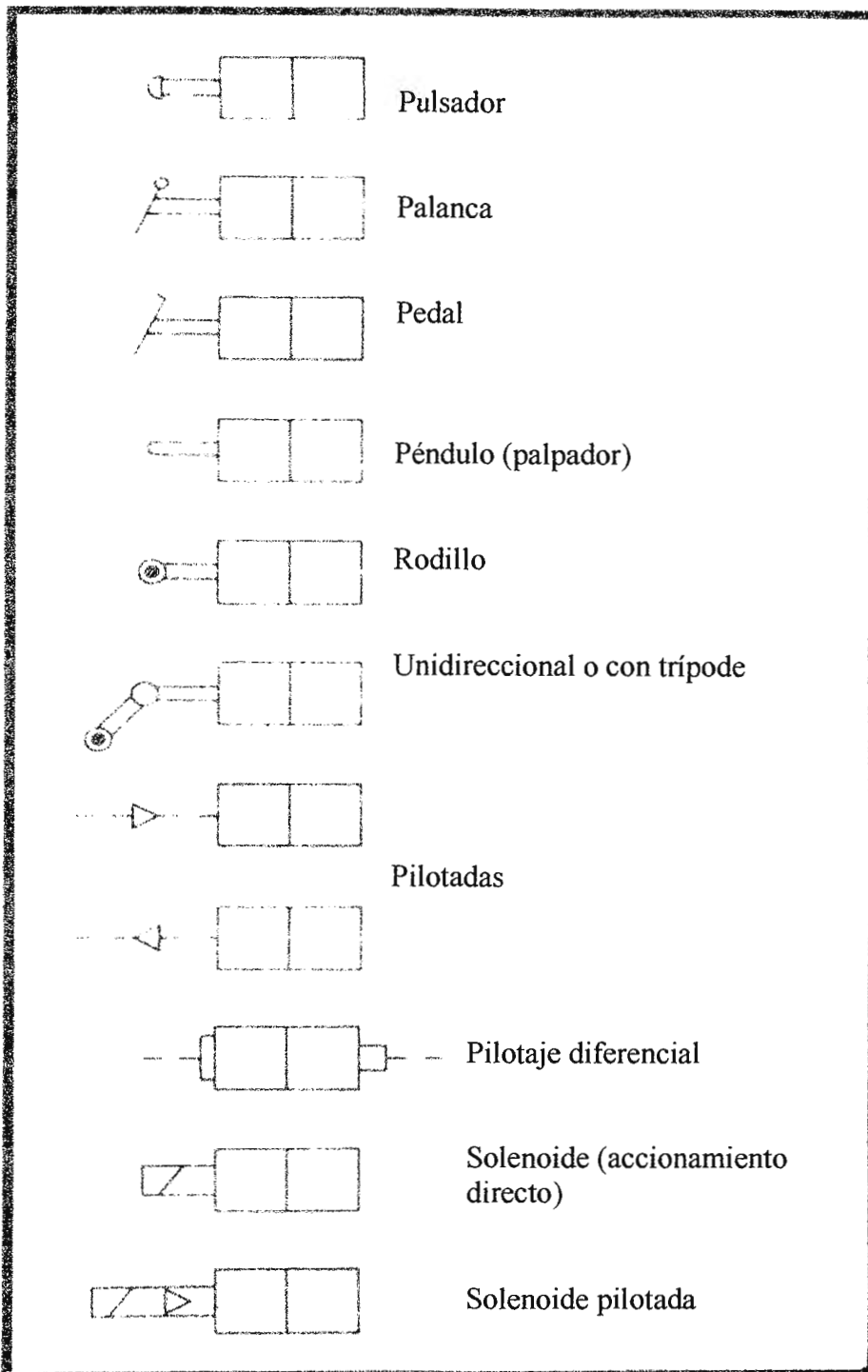
Actuadores – Cilindros de simple efecto:




















Retornos:





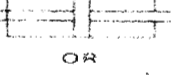
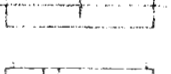

Sistemas de operación:



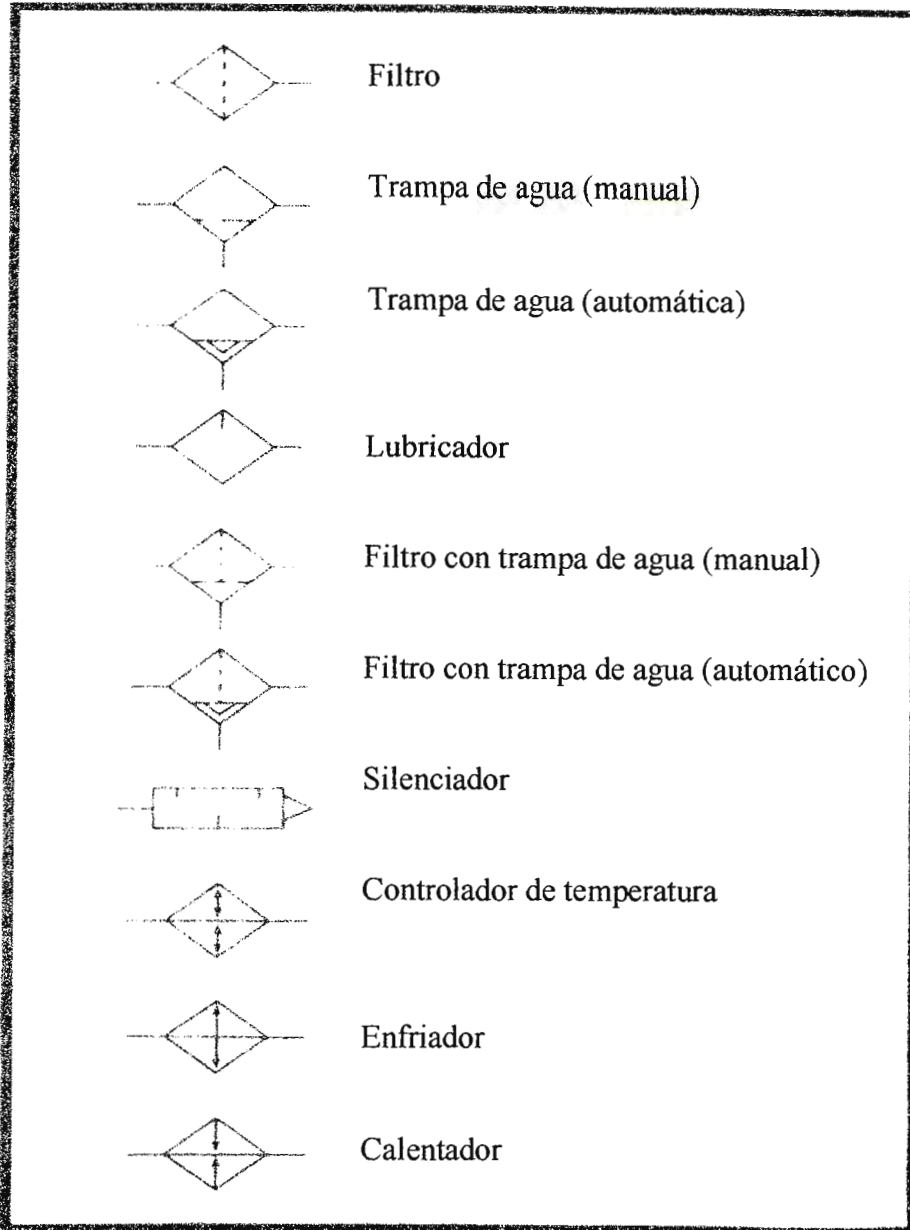
Simbología utilizando círculos:

	Compresor		Motor eléctrico
	Generador de vacío		Motor de aire unidireccional
	Alimentador de presión (simplificado)		Motor de aire bidireccional
	Manómetro		Bomba hidráulica unidireccional
	Termómetro		Motor hidráulico unidireccional
	Conexión rotatoria		Contador de flujo
	Motor oscilante		Bomba hidráulica bidireccional
	Enlace mecánico		Motor hidráulico bidireccional
	Rodillo		

Actuadores – Cilindros de doble efecto:

	Cilindros de doble efecto
	Cilindros de doble efecto y doble vástago
	Cilindro de doble efecto con amortiguación unidireccional
	Cilindro de doble efecto con amortiguación bidireccional (fijo)
	Cilindro de doble efecto con amortiguación bidireccional (ajustable)

Equipo de acondicionamiento:



5. Generación de aire comprimido

Los cilindros neumáticos, los actuadores de giro y los motores de aire suministran la fuerza y el movimiento a la mayoría de los sistemas de control neumático para sujetar, mover, formar y procesar el material.

Para accionar y controlar estos actuadores, se requieren otros componentes neumáticos, por ejemplo unidades de acondicionamiento de aire para preparar el aire comprimido y válvulas para controlar la presión, el caudal y el sentido del movimiento de los actuadores.

Un sistema neumático básico, consta de los componentes (agrupados en Sistema de producción y distribución de aire, y Sistema de consumo de aire de utilización) mostrados en la siguiente figura:



5.1 Sistema de Producción de Aire

5.1.1 Compresor:

El aire aspirado a presión atmosférica se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática.

5.1.2 Motor eléctrico:

Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

5.1.3 Presóstato:

Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.

5.1.4 Válvula anti-retorno:

Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito e impide su retorno cuando el compresor está parado.

5.1.5 Depósito:

Almacena el aire comprimido. Su tamaño está definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos de funcionamiento del compresor.

5.1.6 Manómetro:

Indica la presión del depósito.

5.1.7 Purga automática:

Purga todo el agua que se condensa en el depósito sin necesitar supervisión.

5.1.8 Válvulas de seguridad:

Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.

5.1.9 Secador de aire refrigerado:

Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema.

5.1.10 Filtro de línea:

Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una caída de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

5.2 Sistema de utilización

5.2.1 Purga de aire:

Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

5.2.2 Purga automática:

Cada tubo descendiente, debe tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática que impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

5.2.3 Unidad de acondicionamiento del aire:

Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesitan lubricación.

5.2.4 Válvula direccional:

Proporciona presión y pone a escape alternativamente las dos conexiones del cilindro para controlar la dirección del movimiento.

5.2.5 Actuador:

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura se ilustra un cilindro lineal, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

5.2.6 Controladores de velocidad:

Permiten una regulación fácil y continua de la velocidad de movimiento del actuador.

5.3 Compresores

El suministro de aire comprimido para instalaciones neumáticas comprende los siguientes apartados:

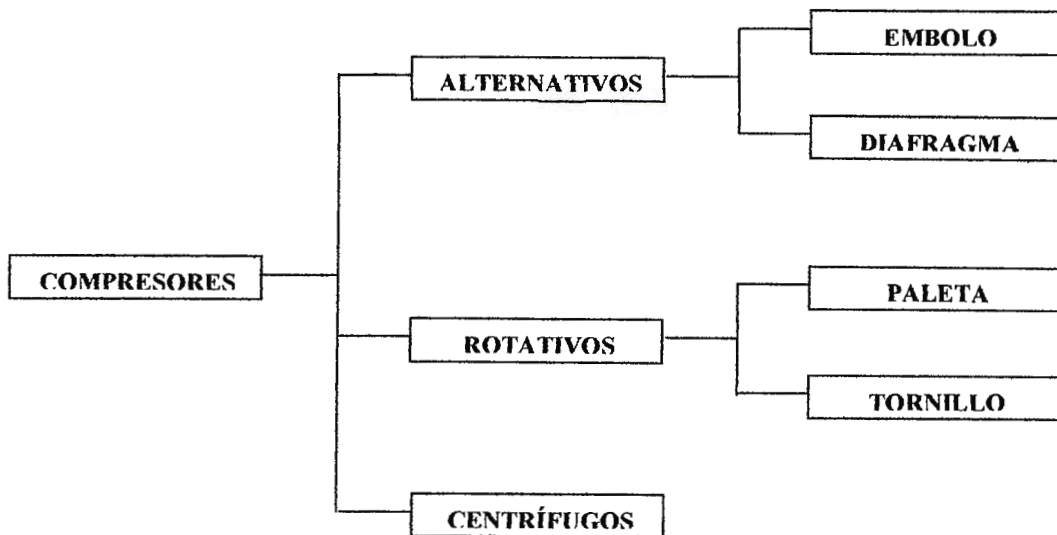
- ❖ Producción de aire comprimido mediante compresores
- ❖ Acondicionamiento del aire comprimido para las instalaciones neumáticas
- ❖ Conducción del aire comprimido hasta los puertos de utilización

El elemento central de una instalación productora de aire comprimido es el compresor.

La función de éste es la de aspirar aire a presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada. Un compresor convierte la energía mecánica de un motor eléctrico o de combustión, en energía potencial de aire comprimido.

Las características técnicas a valorar en los compresores son el caudal suministrado en l/min y m³/min, y la relación de compresión alcanzada en bar o en kg/cm²

Los compresores se clasifican de la siguiente manera:



5.3.1 Compresores alternativos:

5.3.1.1. Compresores de émbolos

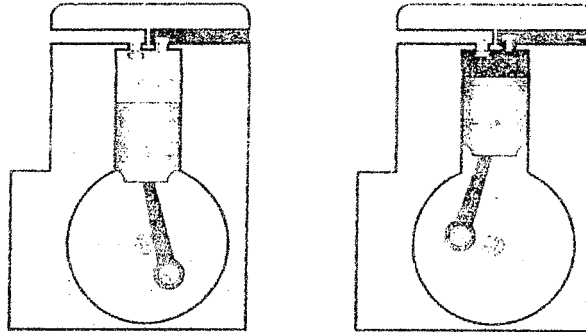
El compresor más frecuentemente utilizado es el de émbolos, pudiendo emplearse como unidad fija o móvil. En los compresores de émbolo, la compresión es obtenida en uno o más cilindro, en los cuales los émbolos comprimen el aire. Este tipo de compresores se dividen en:

- Compresores de una etapa
- Compresores de dos etapas
- Compresores de varias etapas

Compresores de una etapa

El aire aspirado a presión atmosférica, se comprime a la presión deseada con una sola compresión. El movimiento hacia abajo del émbolo aumenta el volumen para crear una presión más baja que la de la atmósfera, lo que hace entrar el aire en el cilindro por la válvula de admisión.

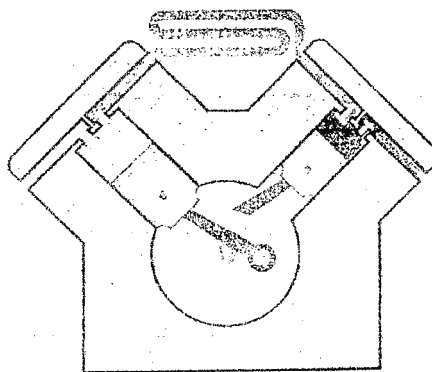
Al final de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la válvula de admisión se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la válvula de escape a abrirse para descargar el aire en el depósito de recogida.



Este tipo de compresor, alternativo, se utiliza generalmente en sistemas que requieran aire en la gama de 3 a 7 bares.

Compresor de émbolo de dos etapas

En un compresor de una sola etapa, cuando se comprime el aire por encima de 6 bares, el calor excesivo que se crea, reduce en gran medida su eficacia. Debido a esto, los compresores de émbolo utilizados en los sistemas industriales de aire comprimido son generalmente de dos etapas. El aire recogido a presión atmosférica se comprime en dos etapas, hasta la presión final.



Si la presión final es de 7 bares, la primera etapa normalmente comprime el aire hasta aproximadamente 3 bares, tras lo cual se enfría. Se alimenta entonces el cilindro de la segunda etapa que comprime el aire hasta 7 bares.

El aire comprimido entra en el cilindro de segunda etapa de compresión a una temperatura muy reducida, tras pasar por el refrigerador intermedio, mejorando el rendimiento en comparación con una unidad de una sola compresión. La temperatura final puede estar alrededor de 120 °C.

Compresor de émbolo de varias etapas

El aire comprimido en una etapa es enfriado antes de volverse a comprimir a más presión en la siguientes etapas. Entre los cilindros se intercalan los enfriadores adecuados, llamados por ello enfriadores intermedios. Asimismo, el aire es enfriado a la salida del último cilindro, al que se denomina enfriador final.

En líneas generales, los fabricantes de compresores los construyen en las siguientes escalas:

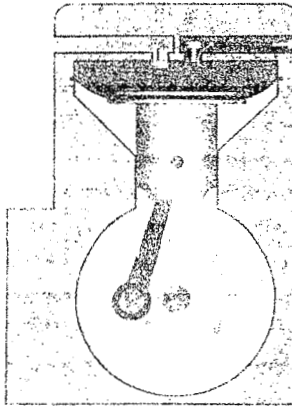
- Compresores de una etapa para presiones hasta 10 bar.
- Compresores de dos etapas para presiones hasta 50 bar.
- Compresores de tres y cuatro etapas para presiones hasta 250 bar.

Las ejecuciones más adecuadas para la neumática son las de una y dos etapas. Con preferencia se utiliza el de dos etapas en cuanto la presión final exceda de los 6 a 8 bar, porque se proporciona una potencia equivalente con gastos de accionamiento más bajos.

5.3.1.2. Compresores de diafragma

Los compresores de diafragma suministran aire comprimido seco hasta 5 bares y totalmente libre de aceite. Por lo tanto, se utilizan ampliamente en la industria alimenticia, farmacéutica y similares.

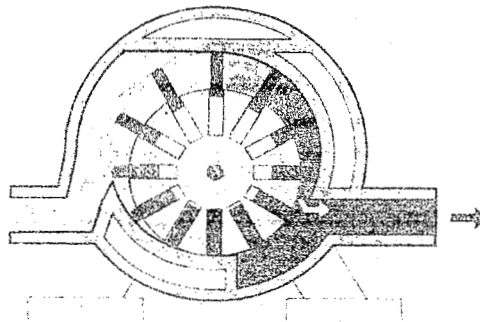
El diafragma proporciona un cambio en el volumen de la cámara, lo que permite la entrada del aire en la carrera hacia abajo y la compresión y el escape en la carrera hacia arriba.



5.3.2 Compresores Rotativos

5.3.2.1. Compresor rotativo de paletas deslizantes

Este compresor tiene un rotor montado excéntricamente con una serie de paletas que se deslizan dentro de ranuras radiales.

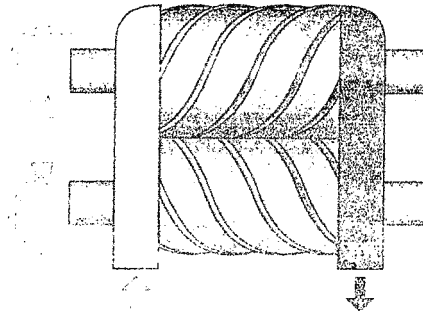


Al girar el rotor, la fuerza centrífuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator y el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada de aire hasta la salida, comprimiendo así el aire.

La lubricación y la estanqueidad se obtienen inyectando aceite en la corriente de aire cerca de la entrada. El aceite actúa también como refrigerante para eliminar parte del calor generado por la compresión, para limitar la temperatura alrededor de 190°C.

5.3.2.2. Compresor rotativo de tornillos

Dos rotores helicoidales engranan girando en sentidos contrarios. El espacio libre entre ellos disminuye axialmente en volumen, lo que comprime el aire atrapado entre los rotores. El aceite lubrica y cierra herméticamente los dos tornillos rotativos. Los separadores de aceite, eliminan el mismo del aire de salida.

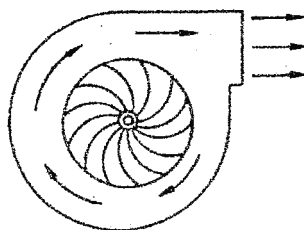


Con estas máquinas se pueden obtener caudales unitarios continuos y elevados, de más de $400 \text{ m}^3/\text{min}$, a presiones superiores a 10 bares. Este tipo de compresor, a diferencia del compresor de paletas, ofrece un suministro continuo libre de altibajos.

El tipo industrial de compresor de aire más común, sigue siendo la máquina alternativa, aunque los tipos de tornillo y paletas se están usando cada vez más.

5.3.3 Compresores Centrífugos

En los compresores centrífugos la compresión del aire se produce utilizando un rápido rodete giratorio. La presión es ejercida al forzar las partículas del aire existente en el rodete al alejarse del centro como resultado de la acción centrífuga. El rodete comunica una velocidad elevada y una presión a las partículas del aire. Esquemáticamente puede representarse como sigue:



La presión generada por estos compresores no es muy alta; son necesarios varios rodets para obtener una presión de 6 bar; en contraste con esta limitación, los compresores centrífugos pueden suministrar grandes volúmenes de aire. Otra ventaja sobre los compresores de émbolo es que los compresores centrífugos son accionados directamente por una máquina rápida como un motor eléctrico o una turbina de gas sin necesidad de utilizar la característica transmisión reductora de los compresores de émbolo.

5.4 Accesorios del compresor

5.4.1 Depósito de aire comprimido

Un depósito de aire comprimido es un acumulador a presión construido en chapa de acero soldada, montado horizontal o verticalmente, directamente después del refrigerador final para recibir el aire comprimido amortiguando así las oscilaciones en el caudal de aire, a medida que se consume.

Sus funciones principales son las de almacenar una cantidad suficiente de aire para satisfacer las demandas que superen la capacidad del compresor y minimizar la carga y descarga frecuentes del compresor; sin embargo, suministra también un enfriamiento adicional para precipitar el aceite y la humedad que llega del refrigerador, antes de que el aire se distribuya posteriormente. A este respecto, colocar el depósito del aire en un lugar fresco representa una ventaja.

El depósito debe estar provisto de válvula de seguridad, manómetro, purga automática y tapas de inspección para la comprobación o limpieza del interior.

5.4.2 Filtro de aspiración

La atmósfera de una ciudad típica puede contener 40 partes por millón/m³ de partículas sólidas, es decir polvo, suciedad, polen, etc. Si se comprime este aire a 7 bares, la concentración sería de 320 partes por millón/m³. Una condición importante para la fiabilidad y duración del compresor debe ser la instalación de un filtro eficaz y adecuado para impedir el desgaste excesivo de cilindros, anillos del

émbolo, etc., que es provocado principalmente por el efecto abrasivo de estas impurezas.

El filtro no debe ser demasiado fino, puesto que el rendimiento del compresor disminuye debido a la elevada resistencia al paso de aire y así las partículas de aire muy pequeñas (2-5 micras) no se pueden eliminar.

La entrada de aire debe estar situada de forma que, en la medida de lo posible, se aspire aire seco limpio, con conductos de entrada de diámetro lo suficientemente grandes para evitar una caída de presión excesiva. Cuando se utilice un silenciador, es posible incluir el filtro de aire que se colocará después de la posición del silenciador, de forma que esté sujeto a efectos de pulsación mínimos.

6. Distribución del Aire

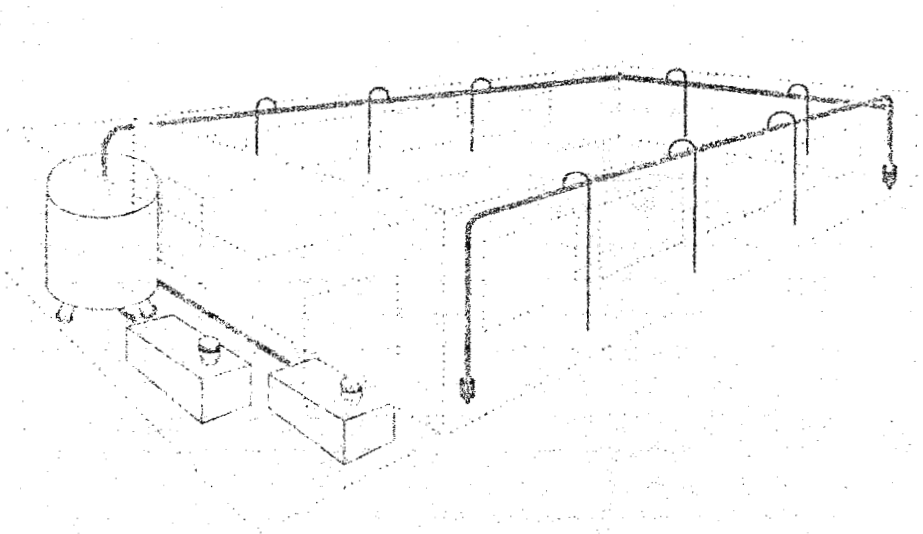
Para hacer llegar el aire comprimido a los puntos de consumo, se colocan tomas de aire de distribución, de forma permanente.

Se instalan válvulas de aislamiento para dividir la línea de distribución en secciones, con el fin de limitar el área que debe ser vaciada durante períodos de mantenimiento o reparación.

Existen dos configuraciones de trazado básicas: *final en línea muerta* y *conducto principal en anillo*.

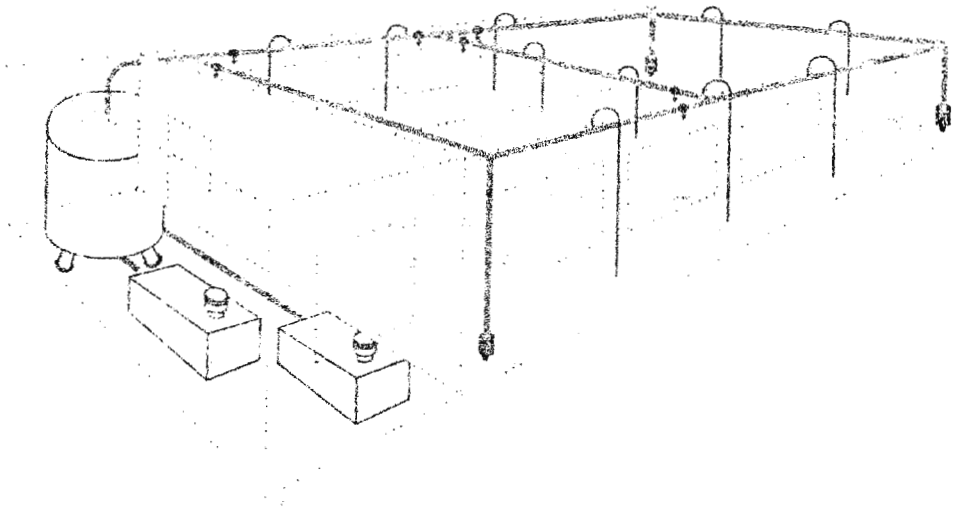
6.1 Final en Línea Muerta

Para favorecer el drenaje, las tuberías de trabajo tienen una pendiente de cerca del 1 % en la dirección del fluido y deberán ser adecuadamente purgadas. A intervalos ajustables, la línea principal puede ser devuelta a su altura original mediante dos largos tubos curvados en ángulo recto y disponiendo una derivación de purga en el punto más bajo.



6.2 Conducto principal en anillo

En un sistema de conducto principal en anillo, es posible alimentar el aire por dos lados a un punto de consumo elevado, lo que permite minimizar la caída de presión.



De cualquier forma, el agua es llevada en cualquier dirección y se deben prever tomas de salida para el agua con purgas automáticas.

6.3 Líneas Secundarias

A menos que estén instalados un post-enfriador eficiente y un secador de aire, el conducto de distribución del aire comprimido actúa como una superficie refrigerante y el agua y el aceite se acumulan a lo largo de su longitud.

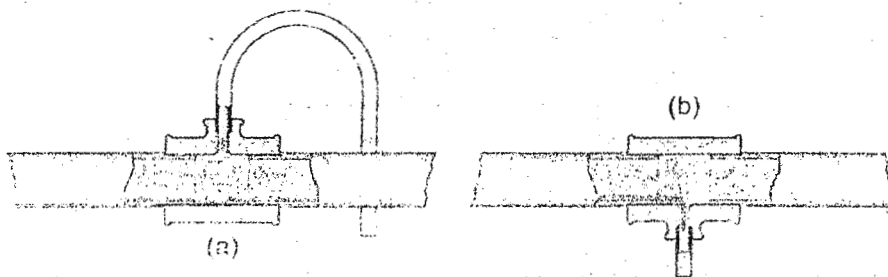


Fig. 6.4. (a) y (b) Agua y aceite.

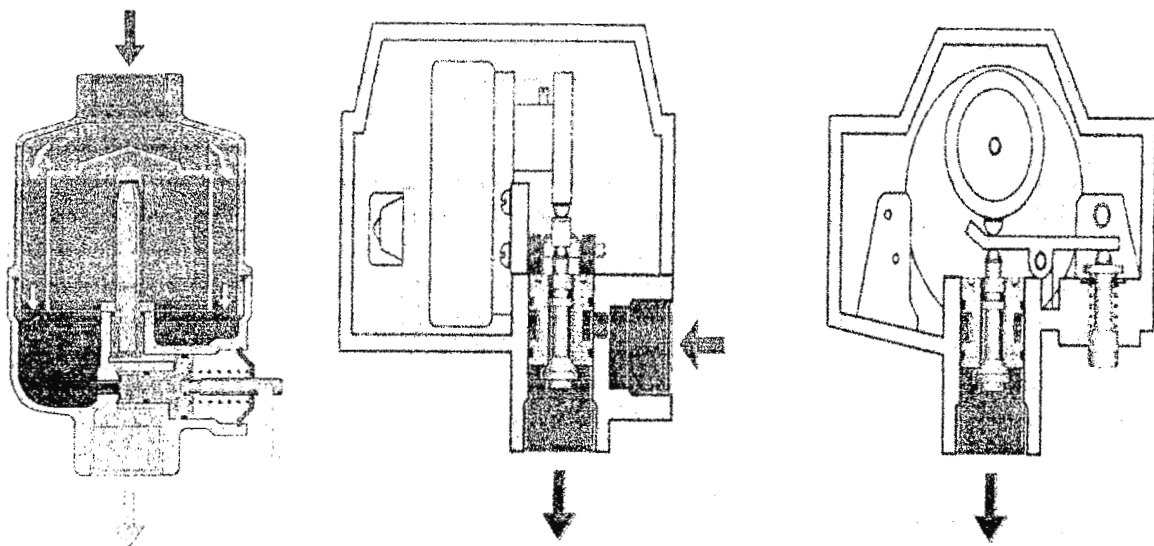
Las derivaciones de la línea se toman de la parte superior del conducto, para impedir que el agua del conducto principal entre en ellas. Mientras, deberá purgarse la parte inferior de la caída del conducto.

Los puntos de purga deben estar provistos de empalmes en "T" iguales instalados en puntos idóneos a lo largo del recorrido, en cada punto bajo. Deben purgarse manualmente a intervalos regulares, o bien estar provistos de purga automática.

Las purgas automáticas son un poco más caras de instalar al principio, pero compensa, si se consideran las horas de trabajo que se ahorran con respecto al funcionamiento de tipo manual. Con la purga manual, la negligencia conlleva problemas debido a la contaminación del conducto principal.

6.4 Purgas automáticas

En la siguiente figura se ilustran dos tipos de purga automática:



En el tipo de purga con flotador (izquierda), el tubo guía y el flotador, están conectados internamente a la atmósfera por medio de un filtro, una válvula de alivio, un orificio en el pistón c/ie resorte y a lo largo del vástago del accionamiento manual.

El agua de condensación se acumula en el fondo de la cavidad y, cuando sube lo suficiente para levantar el flotador de su asiento, la presión se transmite al émbolo que se mueve a la derecha para abrir el asiento de la válvula de alivio y expulsar el agua. El flotador baja entonces, para cerrar el suministro de aire al émbolo.

La válvula de alivio limita la presión por detrás del émbolo cuando el flotador cierra la tobera. Esta válvula pre-regulada asegura un tiempo adecuado de reinicialización al émbolo, puesto que el aire capturado es purgado por un escape funcional de la válvula de seguridad.

Las figuras seccionadas ilustran un tipo de purga accionado eléctricamente que drena periódicamente el agua de condensación por medio de una leva que dispara una válvula de vástago vertical accionada por palanca.

Ofrece las ventajas de poder trabajar con cualquier orientación y es extremadamente resistente a la vibración, así que resulta idóneo para compresores móviles y en los sistemas neumáticos de autobuses o camiones.

6.5 Selección del Tamaño de los Conductos Principales de Aire

El coste de los conductos de aire representa una porción elevada del coste inicial de una instalación de aire comprimido. Una reducción en el diámetro de la tubería, aunque baja el coste inicial de la instalación, hace aumentar la caída de presión en el sistema, incrementando así el coste de funcionamiento y superando el coste adicional de una tubería de diámetro más grande.

También, puesto que los costes de la mano de obra representan gran parte del coste global y dado que dicho coste varía muy poco entre diferentes tamaños de tubería, el coste de la instalación, de una tubería de diámetro interior de 25 mm. es parecido al de una tubería de 50 mm. de diámetro, mientras que la capacidad de caudal de una tubería de 50 mm. es cuatro veces la de una tubería de 25 mm.

En un sistema de conducto principal en anillo de circuito cerrado, el suministro por cualquier punto de salida particular se alimenta por dos derivaciones de tubería. A la hora de determinar el tamaño de la tubería, debe ignorarse esta alimentación doble, estimando que, el aire se suministra sólo por una tubería.

El tamaño del conducto del aire y de las derivaciones se calcula por la limitación de la velocidad del aire, que normalmente se recomienda que sea de 6m/s, mientras que los sub-circuitos -a una presión de aproximadamente 6 bares y de pocos metros de longitud- pueden funcionar a velocidades cíclicas hasta 20m/s. La caída de presión desde el compresor al extremo de la derivación de la tubería no debe superar los 0,3 bares.

6.6 Materiales para la Tubería

6.6.1 Tubería de gas estándar (SGP)

El conducto de aire es normalmente un tubo de acero o de hierro maleable. Se puede obtener en negro o galvanizado, que está menos sujeto a la corrosión. Este tipo de tubería puede ser roscada, para aceptar la gama de accesorios normalizados. Para diámetros de más de 80 mm, es más económico instalar bridas soldadas que hacer roscas en tuberías largas.

6.6.2 Tuberías de Acero Inoxidable

Se utilizan sobre todo, cuando se requieren grandes diámetros en líneas de conductos largos y rectos.

6.6.3 Tubos de Cobre

Cuando se requieren resistencia a la corrosión, al calor y una rigidez elevada, se pueden utilizar tubos de cobre con un diámetro nominal de hasta 40 mm., pero resultarán relativamente caros para diámetros mayores de 28 mm. Los accesorios fabricados para tubos de este material son fáciles de instalar.

6.6.4 Tubos de Goma (Manguera de Aire)

La manguera de goma o de plástico reforzado es la más adecuada para herramientas de mano neumáticas manuales, puesto que ofrece flexibilidad para la libertad de movimiento del operador.

La manguera de goma se recomienda principalmente para herramientas y otras aplicaciones en que el tubo está expuesto a desgaste mecánico.

6.6.5 Tubos de PVC o de NYLON

Se utilizan normalmente para la interconexión de componentes neumáticos.

Dentro de sus limitaciones de temperatura de trabajo, presentan obvias ventajas de instalación, permitiendo un fácil corte de la longitud deseada y una conexión rápida con otros accesorios bien por compresión o bien mediante enchufes rápidos.

Si se requiere una mayor flexibilidad para curvas más cerradas o movimiento constante, está disponible un nylon de grado más suave o poliuretano, que sin embargo presenta menores presiones admisibles de trabajo.

6.7 Acondicionamiento del Aire Comprimido

La simple compresión del aire en el compresor y la posterior conducción neumática no son suficientes, ya que el aire contiene bastantes impurezas que pueden causar efectos perniciosos en los equipos a emplear. Los principales enemigos de toda instalación neumática son: agua, aceite, polvo y suciedad.

El aire húmedo puede originar:

- Oxidación, causando averías en los elementos de la instalación.
- Excesivo desgaste del equipo neumático, ya que la humedad lava y arrastra el aceite lubricante.

Las partículas sólidas en forma de polvo y suciedad son los mayores enemigos de los elementos neumáticos, especialmente de las juntas de estanqueidad. La penetración de polvo y suciedad daña fácilmente los materiales utilizados en las juntas e imposibilita que realicen correctamente su función. La humedad y las impurezas del aire comprimido pueden ser extraídas con la ayuda de aparatos especiales.

El acondicionamiento del aire comprimido empieza antes de su compresión. El compresor aspira el aire de la atmósfera a través de un filtro que detiene cualquier partícula grande de polvo presente en el aire. Una buena localización del compresor puede disminuir la cantidad de humedad. Es conveniente aspirar aire fresco, preferiblemente de aquellos lugares donde no dé el sol o dé muy poco, ya que la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener un cierto volumen de aire viene dada por la humedad de saturación, la cual aumenta con la temperatura. El aire producido por el compresor tiene una temperatura elevada, estando todavía cargado de impurezas y, en particular, de vapores de agua y aceite.

A continuación del compresor, se instala un refrigerador que ocasiona una disminución de la temperatura del aire a un valor muy inferior al de punto de rocío, por lo que provoca la condensación de los vapores agua y aceite y su separación al exterior por medio de un separador de condensados.

La condensación que se produce durante la conducción de aire comprimido debido al progresivo enfriamiento, debe ser purgada al exterior de la tubería de conducción antes de que llegue a los elementos neumáticos. Es conveniente, pues, emplazar los puntos de purga en la instalación. Esta condensación puede ser evitada utilizando secadores de aire.

Los secadores son elementos que separan automáticamente la humedad del aire comprimido en grado suficiente para evitar que se produzcan posteriores condensaciones en el circuito. Los secadores pueden ser dos tipos:

- Secadores frigoríficos.
- Secadores de adsorción.

Los secadores frigoríficos operan con un punto de rocío a la presión trabajo de 2°C, garantizando un alto grado de secado del aire comprimido.

Los secadores de adsorción efectúan el secado mediante un absorbente sólido de naturaleza regenerable que retiene el vapor de agua contenido en el aire comprimido, eliminando este vapor al ser sometido dicho absorbente a un adecuado proceso de reactivación.

Los secadores frigoríficos pueden utilizarse en cualquier tipo de instalación, mientras que los de adsorción se aplican a instalaciones con más control de calidad del aire comprimido.

6.8 Preparación del Aire Comprimido

Justo antes de que el aire comprimido alimente los elementos neumáticos, debe ser tratado de nuevo para mejorar sus condiciones. Es necesario sacar el agua que haya podido condensarse en el último tramo antes de llegar al punto de utilización. El aire comprimido procedente de la red general, además de las pequeñas partículas que no han sido retenidas en el filtro de aspiración del compresor, contiene otras impurezas procedentes de la red de tuberías tales como residuos de la oxidación, polvo y cascarillas. Gran parte de estas impurezas se separan en los recipientes de condensación con una adecuada instalación de la red general, pero las partículas pequeñas son arrastradas en forma de suspensión por la corriente de aire.

Además se producen fluctuaciones de presión en la corriente de aire. Sin embargo, los consumidores deben poder trabajar siempre con la misma presión de aire; a lo anterior hay que añadir que las partes móviles de los elementos neumáticos también necesitan una lubricación.

Las impurezas y el agua en suspensión se retienen mediante un filtro. Después de éste, el aire comprimido pasa al regulador o reductor presión, mediante el cual se regula la presión del aire al nivel requerido. Finalmente, se efectúa la

incorporación de aceite al aire mediante un lubricador. El conjunto de estos tres elementos recibe el nombre unidad de mantenimiento.

6.8.1 Principio de funcionamiento

Cuando el aire comprimido entra en filtro, se dirige a través de deflectores direccionales y origina una corriente centrífuga. Las partículas pesadas, líquidas y sólidas, son impulsadas hacia la pared interior del depósito por la fuerza centrífuga. El condensado desciende hasta el fondo del depósito donde es eliminado por la purga automática o normal. Luego el aire pasa a través del elemento filtrante para eliminar las partículas sólidas. Una pantalla separadora mantiene «zona de calma» en la parte inferior del depósito que impide que turbulencia del aire haga retornar hacia la corriente de aire el líquido obtenido. Desde el filtro, el aire comprimido pasa al regulador de presión.

Cuando no hay presión sobre el muelle de regulación, la válvula del regulador está cerrada. Cuando se gira el tornillo de regulación, se aplica una presión al muelle que es transmitida a la válvula, por la membrana flexible, abriéndola. El aire pasa entonces al circuito secundario y ejerce una presión contra la membrana. Si la máquina a alimentar está en reposo, el circuito secundario se llena y la presión se equilibra cerrándose el regulador. Si la máquina utiliza el aire, la válvula del regulador permanece abierta y admite el aire necesario para equilibrar la presión del muelle.

Cuando el aire, filtrado y regulado, entra en el lubricador, una parte fluye por una válvula, presurizando el depósito. La mayor parte del aire de entrada pasa a través del lubricador por un sensor de flujo que permite que el lubricador mantenga automáticamente una densidad constante de aceite. La combinación del depósito de aceite presurizado y la diferencia de presión producida por el sensor de flujo, hacen que el aceite suba por el tubo sifón. Todo el aceite que pasa queda convertido en una niebla de densidad constante y continua hasta el punto de aplicación.




7. VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL (DISTRIBUIDORES)

Las válvulas de control de dirección, más conocidas en la práctica como válvulas distribuidoras, son las que gobiernan el arranque, paro y sentido de circulación del aire comprimido.

La misión que se encomienda a los distribuidores dentro de un circuito de automatización es la de mantener o cambiar, según unas órdenes o señales recibidas, las conexiones entre los conductos a ellos conectados, para obtener unas señales de salida de acuerdo con el programa establecido.

Simultáneamente, los distribuidores actúan como transductores o como amplificadores, ya que controlan una potencia neumática con otra menor, también neumática (amplificación), o de otra naturaleza: eléctrica o mecánica (transducción y amplificación).

De acuerdo con su uso, los distribuidores pueden dividirse en los siguientes grupos:

-  Distribuidores de potencia o principales. Su función es la de suministrar aire directamente a los actuadores neumáticos y permitir igualmente el escape.
-  Distribuidores fin de carrera. Estos distribuidores abren o cierran pasos al aire cuya función no será la de ir directamente al actuador, sino que se utilizan solamente para el accionamiento de otros mecanismos de control, tales como los distribuidores de potencia.
-  Distribuidores auxiliares. Son distribuidores utilizados en los circuitos y que, en combinación con válvulas fin de carrera y de potencia, se utilizan para dirigir convenientemente las señales de presión del aire.

Respecto a la localización de válvulas o distribuidores en máquinas o mecanismos, deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

- ❖ Los distribuidores principales deben montarse lo más próximos posible a los cilindros.
- ❖ La situación de las válvulas fin de carrera o manuales viene lijada por el punto y la manera en que han de ser controlados.
- ❖ La colocación de los distribuidores auxiliares es independiente, teniendo cuidado, sin embargo, de evitar las longitudes innecesarias de tubería.

Se ha de destacar que en general, salvo aplicaciones muy particulares, los distribuidores neumáticos no trabajan en forma proporcional sino que lo hacen en forma todo o nada, lo que significa que permiten el paso de aire o lo impiden.

Por lo tanto, los distribuidores proporcionan señales discretas, por lo que los automatismos en los que intervienen se denominan digitales.

Para llevar a cabo la elección de una válvula neumática es conveniente recurrir a ciertos criterios de elección, los cuales pueden abarcar los conceptos siguientes:

- Números de vías; y posiciones.
- Sistemas de accionamiento.
- Características caudal.

7.1 Concepto de Vías y Posiciones

Se entiende por número de vías el número máximo de conductos que pueden interconectarse a través del distribuidor.

El número de posiciones es el de conexiones diferentes que pueden obtenerse de manera estable entre las vías del distribuidor.

Las válvulas de vías se designan en los catálogos de los fabricantes por el número de las vías controladas y de las posiciones de maniobra estables. Así, una válvula 3/2 vías quiere decir que posee tres vías y dos posiciones de maniobra, donde la primera cifra es siempre indicativa del número de vías, y la segunda el número de posiciones.

Para evitar errores durante el montaje y además para identificarlos, se indican con letras mayúsculas o números.

Según DIN 24300, se indica así:

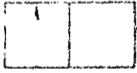
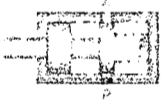

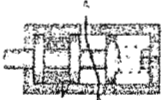
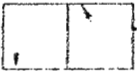
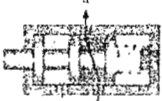
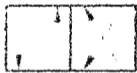

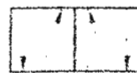
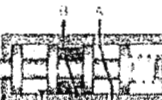
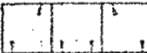


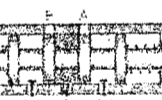

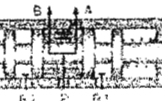
- P = Alimentación de aire comprimido.
- A, B, C = Salidas de trabajo.
- R, S, T = Escape de aire.
- X, Y, Z = Conexiones de mando.

Según normas CETOP, es:

- 1 = Alimentación de aire comprimido.
- 2 y 4 = Salidas de trabajo.
- 3 y 5 = Escape de aire.
- 12 y 14 = Conexiones de mando.

De acuerdo con estos conceptos podemos proceder a una primera clasificación de los distribuidores. Se indican cuáles son los principales tipos, sus aplicaciones más características y los símbolos respectivos.

Las funciones principales y sus símbolos ISO son las que figuran en el cuadro siguiente.

SIMBOLO	FORMA CONSTRUCTIVA	FUNCIÓN	APLICACIÓN
		Función de conexión 2/2 ON/OFF sin escape	Motores de aire y sopladores neumáticos
		3/2 Normalmente cerrada NC	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas
		3/2 Normalmente abierta NO	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas inversas
		4/2 Conexión entre utilizaciones A y B con escape común	Cilindros de doble efecto
		5/2 Conexión entre utilizaciones A y B con escapes separados	Cilindros de doble efecto
		5/3 Centro Abierto como 5/2 pero con utilizaciones A y B a escape en posición central	Cilindro de doble efecto, con posición de ser despresurizado
		5/3 Centro cerrado como 5/2, pero con las vías cerradas en posición central	Cilindro de doble efecto, que se ha de detener en cualquier posición
		5/3 Centro presurizado como 5/2 pero con presión en las vías de utili. en posic. central	Aplicaciones especiales. Cilindros con unidad de bloqueo

7.2 Válvulas 2/2 vías

Estas válvulas difícilmente pueden llamarse distribuidores, ya que de hecho sólo abren o cierran un conducto. Tienen un orificio para la entrada de aire y otro para la utilización. Evidentemente sólo admiten dos posiciones: vías cerradas o vías abiertas. Si está en reposo, la válvula sin accionar y las vías están cerradas, se denomina válvula normalmente cerrada, en caso contrario normalmente abierta.

En circuitos neumáticos la aplicación de estas válvulas es el cierre o aislamiento entre zonas de circuito.

Para controlar un cilindro de simple efecto se necesitarían dos válvulas de dos vías. Para hacer salir el cilindro, una de las válvulas debe conectar la fuente de presión al cilindro, mientras que la otra debe cerrar la comunicación con la atmósfera. Para que el cilindro regrese a su posición inicial, la válvula, que anteriormente alimentaba el cilindro, debe cerrar la alimentación mientras la otra abre el escape a la atmósfera.

Es interesante comprobar que si pulsamos de forma intermitente la válvula de escape del aire a la atmósfera, se obtienen posiciones intermedias en la carrera del cilindro. Con ello podemos obtener un sistema de elevación de carga para garajes, por ejemplo.

7.3 Válvulas de Tres Vías

En lugar de emplear dos válvulas de dos vías para mandar un cilindro de simple efecto, se usa normalmente un distribuidor de tres vías y dos posiciones. Una válvula de tres vías consta de un orificio de entrada, otro de salida y un tercer orificio para la descarga del aire. El accionamiento de la válvula comunica la entrada con la salida, quedando el escape cerrado. Al retornar la válvula a su posición inicial, se cierra la entrada de aire y se comunica la salida con el escape.

Por lo general, los distribuidores de tres vías son de dos posiciones $3/2$ vías- aunque también pueden ser de tres $3/3$ vías- quedando en su posición central o de reposo todas las vías cerradas.

Normalmente, se emplean para el mando de cilindros de simple efecto, finales de carrera neumáticos, como válvulas de puesta en marcha y paro de la instalación o válvulas piloto para el accionamiento de válvulas de tamaño mayor.

En casos excepcionales se pueden utilizar las válvulas de tres vías para mando de un cilindro de doble efecto; para ello se utilizan dos válvulas. Una de ellas alimenta a una de las cámaras del cilindro con aire a presión, simultáneamente la otra comunica la cámara contraria a escape.

7.4 Válvulas de cinco vías

Para gobernar un cilindro de doble efecto - se ha visto anteriormente - harían falta dos distribuidores de tres vías ya que, además de comunicar con la fuente de presión y cerrar el escape de una de las entradas del cilindro, hay que hacer simultáneamente la operación inversa por la otra entrada. En vez de ello, en la práctica se utiliza un distribuidor de cinco vías y dos posiciones.

La válvula de cinco vías consta de un orificio para la entrada, dos salidas para utilización y los dos escapes correspondientes. Todas las válvulas de cinco vías son de émbolo deslizante. Cada desplazamiento de éste comunica la entrada con una u otra salida, quedando la otra salida conectada al exterior mediante el escape correspondiente.

Se utiliza para el control de cilindros de doble efecto o para accionamiento de válvulas piloto de mayor tamaño.

Aparte de los distribuidores $5/2$, existen dos versiones de $5/3$ vías: una con ambas salidas a escape en posición central, que deja el cilindro libre y puede usarse para hacer la descarga previa, y otra con todas las vías cerradas para dejar el cilindro inmovilizado o bloqueado en posición central.

Para las mismas funciones que los distribuidores de cinco vías se fabrican distribuidores de cuatro vías. La diferencia fundamental es que los dos orificios de escape se reducen a uno solo.

Todos los distribuidores neumáticos que permiten el escape de aire a la atmósfera producen ruidos. Para disminuir el nivel acústico del escape existen unos elementos, llamados silenciadores, que ayudan a insonorizar el escape del aire.

7.5 Monoestable y Biestable

Las válvulas de retorno por muelle son monoestables. Tienen una posición preferencial definida, a la cual vuelven automáticamente cuando desaparece la señal en sentido contrario.

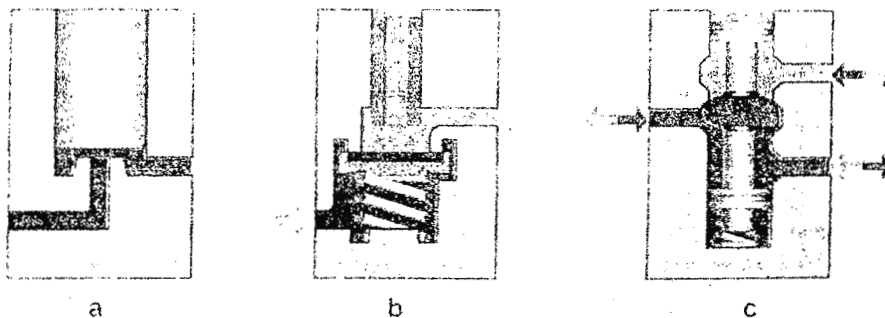
Una válvula biestable no tiene una posición preferencial y permanece en cualquier posición hasta que se activa una de las dos señales de impulso.

7.6 Tipos de Válvula

Los dos métodos principales de construcción son de asiento y de corredera, con juntas metálicas o elásticas.

7.6.1 Válvulas de Asiento

En una válvula de asiento, el fluido es controlado por un disco u obturador que se eleva en ángulo recto con respecto a su asiento, con una junta elástica.



Las válvulas de vástago vertical pueden ser válvulas de dos o tres vías. Para válvulas de cuatro o cinco, sería necesario integrar dos o más válvulas de asiento en una sola válvula.

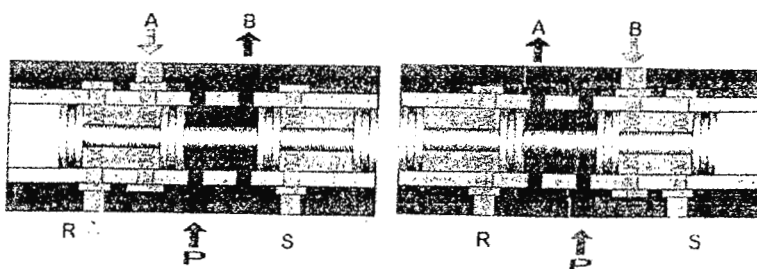
En a), la presión de entrada tiende a levantar la junta de su asiento y se requiere una fuerza suficiente (resorte) para mantener cerrada la válvula. En b), la presión de entrada ayuda al resorte que mantiene cerrada la válvula, pero la fuerza de accionamiento varía para presiones diferentes. Estos factores limitan estas configuraciones a válvulas con orificios de entrada de 1/8" o más pequeños.

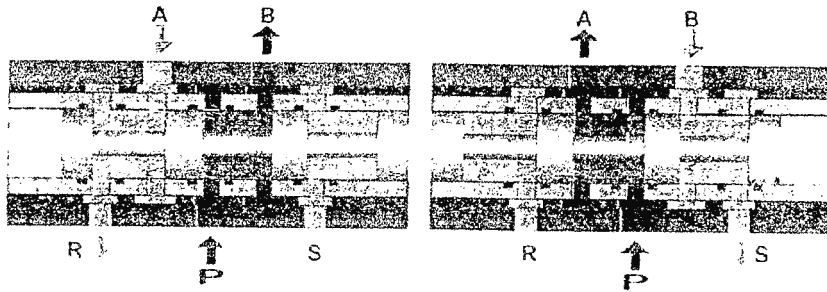
Las válvulas normalmente abiertas se pueden utilizar para bajar o hacer retroceder los actuadores presurizados, pero se utilizan más comúnmente en circuitos de seguridad o de secuencia.

7.6.2 Válvulas de Corredera

Las válvulas de carrete, rotativas y de corredera plana, utilizan un movimiento en sentido perpendicular al flujo, para abrir y cerrar las vías. Una corredera cilíndrica se desliza longitudinalmente en el cuerpo de la válvula, mientras que el aire fluye en ángulo recto según el movimiento de la misma. Las correderas tienen superficies iguales de cierre hermético y están equilibradas en presión.

En las próximas dos figuras se ilustran disposiciones de corredera y juntas. En la figura primera las juntas teóricas están fijadas en las ranuras de la corredera y se mueven en un alojamiento metálico. La válvula de la segunda figura tiene las juntas fijadas en el cuerpo de la válvula y mantienen su posición por medio de separadores.



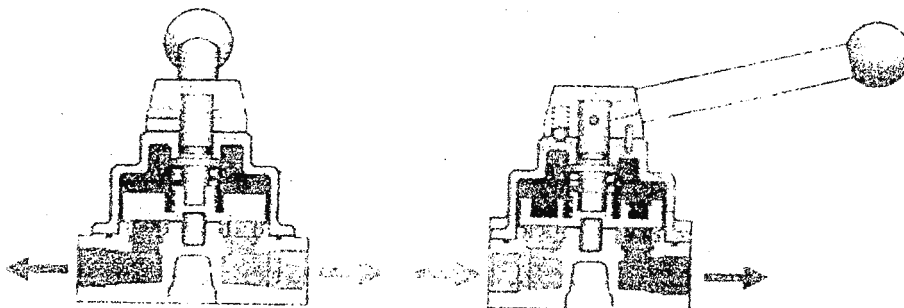


Las válvulas de corredera metálica con superficies de contacto ajustadas y lapeadas, tienen una resistencia de rozamiento muy baja, un funcionamiento cíclico rápido y una duración extremadamente larga. Sin embargo, incluso con un mínimo espacio de 0,003 mm., se producen pequeñas fugas de aproximadamente 1 l/mm.

El flujo a través de las vías se controla por la posición de una corredera de metal, nylon u otro plástico. Un émbolo accionado por aire y provisto de junta elastómera hace mover la corredera.

7.6.3 Válvulas rotativas

Un disco con soporte metálico se hace girar manualmente para interconectar las vías del cuerpo de la válvula. El efecto de presión se emplea para forzar el disco contra su superficie de contacto para minimizar la fuga. El suministro de presión está situado por encima del disco.



8. Actuadores Neumáticos

El trabajo de estudio de la automatización de una máquina no acaba con el esquema del automatismo a realizar, sino con la adecuada elección del receptor a utilizar y la perfecta unión entre éste y la máquina a la cual sirve. En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, cuya función es la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico.

Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grandes grupos:

- ❖ Cilindros
- ❖ Motores

Aunque el concepto de motor se emplea para designar a una máquina que transforma energía en trabajo mecánico, en neumática sólo se habla de un motor si es generado un movimiento de rotación, aunque es también frecuente llamar a los cilindros motores lineales.

8.1 Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos son, por regla general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido un vástago que, saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.

Los dos volúmenes de aire en que queda dividido el cilindro por el émbolo

reciben el nombre de cámaras. Si la presión de aire se aplica en la cámara posterior de un cilindro, el émbolo y el vástago se desplazan hacia adelante (carrera de avance). Si la presión de aire se aplica en la cámara anterior del cilindro, el desplazamiento se realiza en sentido inverso (carrera de retroceso).

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en dos grupos

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

8.1.1 Cilindros de Simple Efecto

El cilindro de simple efecto sólo puede realizar trabajo en un único sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o bien mediante la acción de fuerzas exteriores.

En la práctica existen varios tipos. Los más empleados son los cilindros de émbolo. El movimiento de trabajo es efectuado por el aire a presión que obliga a desplazarse al émbolo comprimiendo el muelle y, al desaparecer la presión, el muelle hace que regrese a su primitiva posición de reposo. Por eso los cilindros de simple efecto se utilizan cuando el trabajo debe realizarse en una sola dirección. Hay que tener presente que existe aire, a la presión atmosférica en la cámara opuesta, pero puede escaparse a la atmósfera a través de un orificio de escape.

Según la disposición del muelle, los cilindros de simple efecto pueden aplicarse para trabajar a compresión (vástago recogido en reposo y muelle en cámara anterior), o para trabajar a tracción (vástago desplazado en reposo y muelle en cámara posterior).

Mediante el resorte recuperador incorporado, queda limitada la carrera de los cilindros de simple efecto; por regla general la longitud de la carrera no supera los 100 mm. Por razones prácticas, son de diámetro pequeño y la única ventaja de estos

cilindros es su reducido consumo de aire, por lo que suelen aplicarse como elementos auxiliares en las automatizaciones.

8.1.2 Cilindros de Doble Efecto

Al decir doble efecto se quiere significar que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debido al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto con muelle de retorno incorporado.

El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de émbolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo.

Al aplicar aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza la carrera de avance.

La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara de cilindro.

Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso en un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya que la superficie del émbolo se ve ahora reducida por la sección transversal del vástago. Normalmente, en la práctica no se requieren fuerzas iguales en los dos movimientos opuestos.

Los cilindros de doble efecto pueden ser:

- ❖ Sin amortiguación.
- ❖ Con amortiguación.

En la práctica, el empleo de unos u otros depende de factores como la carga y la velocidad de desplazamiento. Por ejemplo, cuando la carga viene detenida por topes externos pueden aplicarse los cilindros sin amortiguación.

Sin embargo, cuando la carga no viene detenida por tales topes se debe recurrir a la utilización de los cilindros con amortiguación.

Ventajas

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos.
- No se pierde fuerza para comprimir el muelle.
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.
- Por el contrario, tienen el inconveniente de que consumen doble cantidad de aire comprimido que un cilindro de doble efecto.

❖ Amortiguación

Por la mecánica conocemos que la cantidad de energía cinética de un cuerpo viene determinada por su masa y velocidad.

La expresión de la energía cinética de un cuerpo es:

$$E_c = 1/2 m \cdot v^2$$

La velocidad aparece elevada al cuadrado, ya que es muy importante en la energía cinética.

La fórmula anterior puede aplicarse al émbolo, al vástago y a toda la masa aplicada a él, en movimiento. Para analizar el efecto de la energía en un cilindro

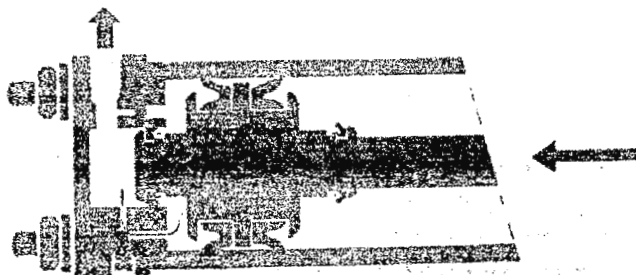
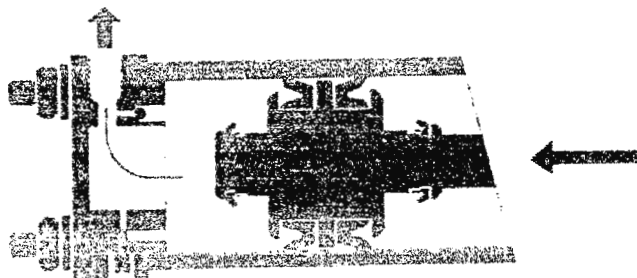
neumático hay que fijarse en la carrera.

La carrera finaliza al chocar el émbolo con la tapa anterior o posterior. Para el émbolo significa liberar toda la energía cinética, igual que ocurre cuando un automóvil a toda velocidad se estrella contra un obstáculo.

Si la fuerza desarrollada por el émbolo, el vástago y la masa aplicada a él, así como su velocidad, son grandes se libera una gran energía.

La energía liberada intentará deformar la cabeza en cuestión o incluso romperla. A fin de evitarlo se debe disminuir la cantidad de energía que actúa contra las tapas. Esto se consigue mediante la amortiguación final de carrera. Esta amortiguación puede ser externa o interna al cilindro.

La amortiguación externa se logra mediante amortiguadores hidráulicos, muelles, sistemas de estrangulamiento de los conductos de escape que se conectan a partir de un determinado punto de la carrera, etc.



La amortiguación interna más extendida es la amortiguación neumática. Esta amortiguación se consigue de la siguiente manera: Se añade al émbolo un pistón de amortiguación que no cambia su área útil. Durante el movimiento del émbolo, el aire

se escapa a la atmósfera, justo hasta antes del fin de carrera.

En este momento el pistón de amortiguación cierra la salida libre y el aire escapa a la atmósfera a través de una restricción regulable. El aire remanente es comprimido por el émbolo aún en movimiento. Este aire comprimido produce una resistencia progresiva que se opone al movimiento del émbolo. Este cojín de aire absorbe el golpe. El tornillo de ajuste puede regularse externamente con objeto de controlar la amortiguación. En la práctica este tornillo se ajusta de forma que para una velocidad determinada del émbolo y para una carga dada no se oiga ningún golpe metálico.

Para conseguir, ya desde el principio del suministro de aire, un inicio del movimiento contrario fuerte y uniforme, existe una válvula anti-retorno, permitiendo que el aire a presión actúe sobre toda el área del émbolo.

❖ **Características Técnicas para los Cilindros Neumáticos**

Los fabricantes de cilindros adoptan varios criterios sobre las dimensiones de los mismos, ya que, según las implicaciones geográficas o las licencias de fabricación que poseen, adoptan unas u otras normativas.

Los valores indicados en la tabla se refieren a los datos más comunes de los cilindros existentes en el mercado. Los valores correspondientes indicados pueden ser considerados como valores medios orientativos, dentro de la amplia gama existente en el mercado.

# Emb mm	# Voz min	Carreras estándar mm	Fuerza avance en Kp a			Fuerza retroceso en Kp a			Consumo por ciclo en cm ³ /min a		
			4 bar	6 bar	8 bar	4 bar	6 bar	8 bar	4 bar	6 bar	8 bar
10	4	15-25-50	3.12	4.68	6.24	2.54	3.81	5.08	0.72	1.08	1.44
16	6	15-25-50-75	8	12	16	6.8	10.2	13.6	1.93	2.90	3.86
20	8	15-25-50-75	12.5	18.8	25.1	10.5	15.8	21.1	2.90	4.35	5.80
25	10	15-25-50-75-100	19.8	29.4	39.2	15.5	23.2	31	4.50	6.75	9.0
32	12	25-50-75-100-150 200-250-300	32	48	64	27.2	40.8	54.4	7.71	11.57	15.43
40	16	25-50-75-100-150 200-250-300	50	75.2	100	42	63.2	84.4	11.6	17.4	23.2
50	18	50-75-100-150-200 250-300	76.4	114.6	152.8	65	97.5	130	18	27.1	36.2
63	22	50-75-100-150-200 250-300	125	187.5	250	111.2	166.8	222.4	30.4	45.6	60.8
80	27	50-75-100-150-200 250-300	204.8	307.2	409.6	189.2	283.8	378.4	46.4	69.6	92.8
100	30	50-75-100-150-200 250-300	320	480	640	292	438	584	72	108	144

* Fuerza del cilindro

La transmisión de potencia mediante aire comprimido se basa en el principio de Pascal: *“Toda presión ejercida sobre un fluido se transmite íntegramente en todas direcciones”*. Por tanto, la fuerza ejercida por un émbolo es igual al producto de la presión por la superficie.

En los cilindros de simple efecto debe reducirse la fuerza del muelle recuperador, y en los cilindros de doble efecto debe deducirse en la carrera de retroceso el área del vástago del área total del émbolo. Para el rozamiento o bien para el momento de arranque se descuenta de un 3 a un 10% de la fuerza calculada.

* Consumo de aire

Otra característica importante es la cantidad de aire a presión necesaria para el funcionamiento de un cilindro. La energía del aire comprimido que alimenta los cilindros se consume transformándose en trabajo y, una vez utilizado, se expulsa a la atmósfera por el escape durante la carrera de retroceso. Se entiende por consumo teórico de aire de un cilindro, al volumen de aire consumido en cada ciclo de trabajo.

Un ciclo de trabajo se refiere al desplazamiento del émbolo desde su posición

inicial hasta el final de su carrera de trabajo, más el retorno a su posición inicial.

✿ **Velocidad del Émbolo**

La velocidad media del émbolo en los cilindros estándar está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. En los cilindros especiales la velocidad puede ser mayor.

Nunca deben utilizarse los cilindros sin amortiguación para trabajar a grandes velocidades o bajo condiciones de choque.

La velocidad del émbolo es función de la presión de trabajo, de la fuerza antagonista, de las secciones de las tuberías y también del diámetro nominal de la válvula de mando. Además, la velocidad del émbolo puede ser afectada por válvulas estranguladoras o por válvulas de escape rápido.

La obtención de una velocidad uniforme a lo largo de toda la carrera es un problema muy complejo, ya que no debemos olvidar que estamos tratando con un fluido compresible.

✿ **Carrera del cilindro**

En comparación con los cilindros de simple efecto con muelle de retorno, la carrera de los de doble efecto está considerablemente menos limitada. Las principales razones para la limitación de las carreras son:

- a) La disponibilidad comercial de los materiales para la fabricación de piezas largas.
- b) La proporción entre la longitud del vástago y su diámetro.

Como consecuencia de la carrera escogida, si la longitud del vástago es excesivamente larga en proporción a su diámetro, existe el riesgo de que en compresión se produzca el pandeo.

Por esta razón es necesario calcular el valor del pandeo para el vástago y, consecuentemente, la longitud máxima permisible del vástago. Para el cálculo de la

carga por pandeo permitida debe tomarse por base la fórmula de Euler.

$$\text{Carga de Pandeo } P = (n^2 \cdot E \cdot I) / L_k$$

Es decir, con esta carga el vástago se pandea.

$$\text{Máxima carga de servicio } F = P / n$$

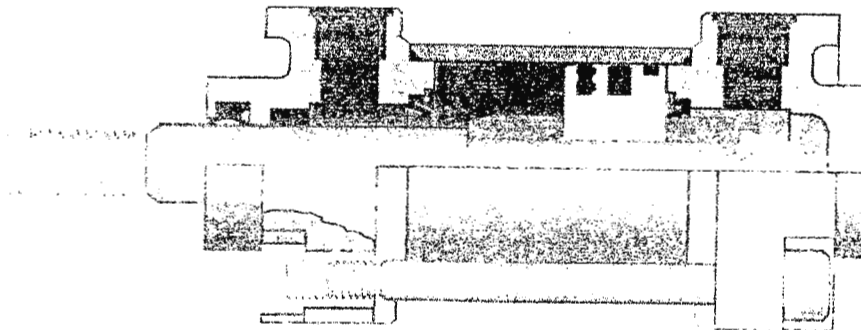
L_k = Longitud libre de pandeo (cm)

E = Módulo de elasticidad (kp / cm²)

I = Momento de Inercia (cm⁴)

n = Seguridad (aproximadamente 2,5 3,5)

☛ Construcción del Cilindro

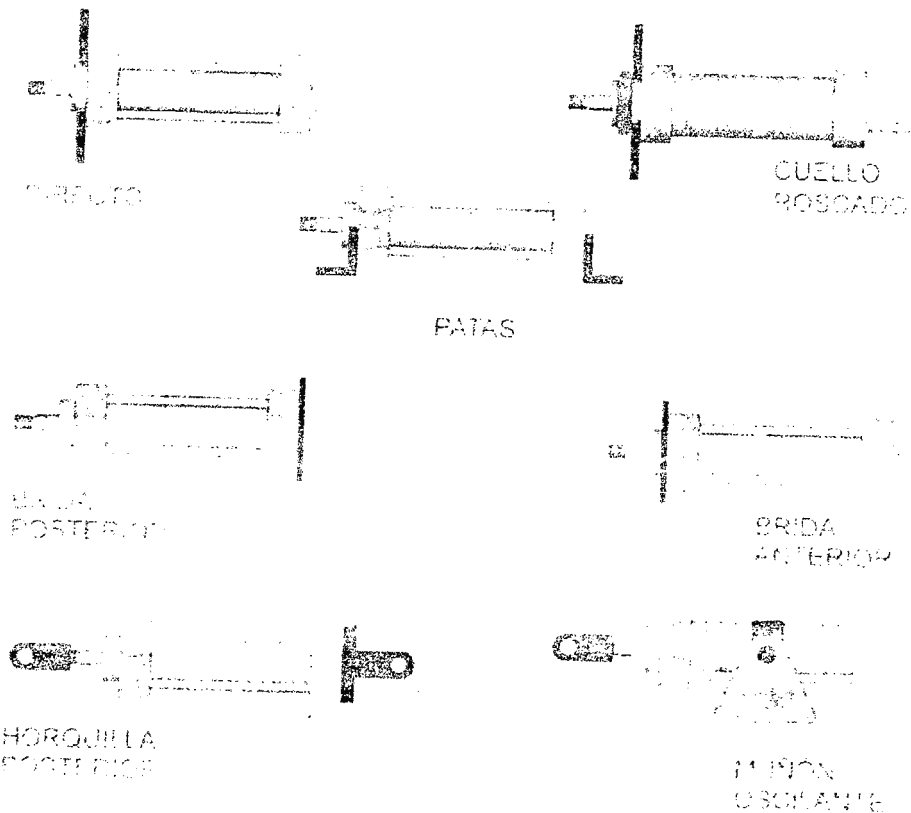


La camisa del cilindro está realizada, normalmente, con un tubo sin costura que puede tener un revestimiento duro y muy bien acabado en la superficie de trabajo interna, para minimizar el desgaste y el rozamiento. Las culatas de los extremos pueden ser de aleación de aluminio o de hierro maleable y están sujetas por tirantes o bien, en el caso de cilindros pequeños, roscados en el tubo del cilindro o embutidos. Para trabajar en entornos agresivos o peligrosos, el cuerpo del cilindro puede estar hecho de aluminio, latón, bronce o acero inoxidable.

☛ Montaje del Cilindro

Para asegurar que los cilindros estén montados correctamente, los fabricantes ofrecen una gama de fijaciones que satisfacen todos los requisitos, incluido el

movimiento oscilante, utilizando fijaciones de tipo oscilante.



Juntas Flotantes

Para arreglar la desalineación inevitable entre el movimiento del vástago del cilindro y el objeto guiado, es necesario predisponer una junta flotante en el extremo del vástago del émbolo.

Actuadores Especiales

Cilindro con Unidad de Bloqueo

Un cilindro puede estar provisto de una cabeza de bloqueo al final de la culata delantera estándar. Se podrá sujetar así el vástago del cilindro en cualquier posición. La acción de bloqueo es mecánica. Eso asegura que el vástago del émbolo esté sujeto correctamente, aún cuando esté bajo carga completa.

Cilindro de Vástagos Paralelos

Esta unidad, está formada por dos cilindros de igual dimensión, por lo que su fuerza total es la suma de los dos.

Cilindro con Vástago Antigiro

El vástago de un cilindro estándar puede girar fácilmente si no existen guías que lo eviten. Esto nos puede condicionar en algunas ocasiones, en el montaje directo de determinadas herramientas.

Este tipo de aplicaciones, en las que la herramienta no ejerce un elevado par de giro, puede ser solucionado utilizando un cilindro con vástago antigiro.

La rotación se evita mediante dos caras planas en el vástago y en el casquillo guía, o bien utilizando un vástago de sección hexagonal.

Cilindro Plano

Un cilindro normal tiene un perfil exterior más o menos cuadrado, como es obvio, para cilindros de vástago circular.

Si realizamos un émbolo con la misma área efectiva, esto es, con la misma fuerza teórica pero con forma ovalada, obtendremos un actuador con cubierta exterior rectangular, más plana y que además lleva ya incorporada la condición antigiro. Ver ejemplo en la figura.

Cilindro Tándem

Un cilindro tándem está formado por dos cilindros de doble efecto unidos por un vástago común, para formar una sola unidad. Presurizando simultáneamente las cámaras de ambos cilindros, la fuerza de salida es casi el doble que la de un cilindro estándar del mismo diámetro. Ofrece una fuerza más elevada para un diámetro de

cilindro determinado, que puede ser utilizado cuando el espacio para instalación sea reducido.

Cilindro Multiposicional

Las dos posiciones finales de un cilindro estándar proporcionan dos posiciones fijas. Si se necesitan más de dos posiciones, se puede utilizar una combinación de cilindros de doble efecto.

8.2 Motores neumáticos

Los motores neumáticos realizan la función de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. El proceso se desarrolla de forma inversa al de la compresión. Sus principales características pueden resumirse en las siguientes:

- Son ligeros y compactos.
- El arranque y paro es muy rápido, pueden trabajar con velocidad y par variables sin necesidad de un control complejo.
- Baja inercia.

En neumática se emplean principalmente motores de paletas, también se utilizan, aunque con menos frecuencia, los motores de pistones.

* Motores de Paletas

Son muy simples y su utilización está muy extendida. Estos motores son de construcción análoga a la de los compresores de paletas. El rotor está igualmente montado excéntricamente en el cuerpo del motor.

El par de giro sobre la carga se desarrolla cuando el aire a presión actúa sobre la sección libre de las paletas y las empuja haciendo girar el rotor. Cuando la cámara, entre paletas, con el aire comprimido alcanza la abertura de salida, se produce la correspondiente expansión a la atmósfera.

Los motores de paletas se construyen para potencias comprendidas entre 0.1

y 20 CV. Es frecuente la utilización de estos motores acoplados con un reductor, lo que permite multiplicar el par y que el motor pueda trabajar a velocidades elevadas, con lo que se consigue un mejor control de la velocidad frente a variaciones de las cargas. El número de revoluciones de marcha en vacío se halla entre 1000 y 50000 r.p.m. La regulación del número de revoluciones se efectúa ajustando el caudal de alimentación.

Los motores de paletas, además de su utilización como elemento motor puro, se emplean también en herramientas neumáticas tales como taladradoras, atornilladores y esmeriladoras.

• Motores de pistones

Según sea la disposición de los pistones, pueden ser de tipo radial o axial. Su comportamiento es similar, caracterizándose los de pistones axiales por un par elevado y rápido en el arranque.

Su empleo se limita principalmente a las máquinas de grandes potencias. Trabajan a velocidades inferiores a las de los motores de paletas. Una característica importante es el bajo nivel de vibración a cualquier velocidad, siendo esto muy interesante a bajas velocidades en las que, además se obtiene el par máximo.

9. Definición de vacío

Se puede definir el vacío como la ausencia de aire en el interior de un espacio dado. Esta ausencia de aire en el interior reduce la presión atmosférica existente a valores próximos al cero absoluto, creando una diferencia de presión entre el interior y el exterior del mismo.

Por ejemplo, si disminuimos la presión en un recipiente cerrado, evacuando el aire de su interior, se crea vacío y, por consiguiente, existirá una diferencia de presión entre el interior y el exterior del recipiente, generando la presión exterior una fuerza sobre las paredes del mismo, que será mayor cuanto menor presión haya en su interior.

Por este motivo, podemos decir que un aspirador por sí solo no aspira: sino que crea en su interior una presión menor que la atmosférica, y en consecuencia el aire y el polvo son llevados hacia su interior debido a la mayor presión externa.

Tampoco una ventosa se adhiere por sí sola a una superficie, pero sí se fija por la mayor presión que la rodea. La presión atmosférica.

Consideraciones entre vacío y sobrepresión

Tanto la neumática convencional de sobrepresión como la técnica del vacío, están basadas en la circulación de aire desde las zonas de presión más alta hacia las zonas de presión más baja (diferencia de potencial).

Por esta razón, la interdependencia y las leyes físicas entre flujo, presión y fuerza que rigen el comportamiento del aire en las aplicaciones de vacío son exactamente las mismas que en las aplicaciones convencionales, aunque con ciertas "peculiaridades"; por ejemplo:

- Podemos decir que, en el caso de vacío, el flujo es "opuesto" ya que el aire fluye desde zonas a presión atmosférica (presión más alta) a zonas de depresión o presión de vacío (presión más baja).
- La diferencia de presión siempre es limitada.
- Adquieren mayor importancia en vacío aspectos como:
 - RESISTENCIA AL FLUJO
 - VOLÚMENES MUERTOS O INNECESARIOS QUE HAY QUE EVACUAR Y QUE TIENEN QUE REDUCIRSE AL MÍNIMO.

Estos dos últimos factores presentan un cierto nivel de controversia, puesto que unas conducciones de mayor sección nos ofrecen menores resistencias al flujo, pero, por el contrario, aumentan el volumen que hay que evacuar.

Hay que tener en cuenta también que cuando se habla de técnica del vacío, estamos hablando de la quinta o sexta parte de la energía disponible en las aplicaciones neumáticas convencionales. Esta es la razón por la cual pasan a primer plano fenómenos hasta ahora considerados de forma secundaria.

En resumen: hemos de reducir en lo posible todas las caídas de presión pero sin crear volúmenes a evacuar excesivamente grandes, puesto que esto supondrá un coste de tiempo y energía (mayor caudal de succión).

✧ **Presión atmosférica**

Si imaginamos la atmósfera compuesta por diferentes capas, resulta evidente que cada una de ellas descansa sobre la otra, hasta alcanzar la superficie terrestre y sobre ella, percibiremos el resultado de estas cargas sucesivas, que conocemos como **presión atmosférica** y que es la fuerza que el aire ejerce sobre cada cm² de la superficie terrestre por efecto de la fuerza de gravedad. Naturalmente, hay que tener en cuenta que nuestro planeta está en constante movimiento sobre sí mismo y alrededor del sol y, en consecuencia, cabe imaginar una serie de variaciones en las

capas del aire, que se manifiestan como variaciones de la presión. No obstante, su valor podemos establecerlo al nivel del mar y con una temperatura de 0°C en: **101,3 Kpa.**

1 Pa (Pascal), es equivalente a 1 N/m^2 . Luego, esto significa que, una columna de aire de 1 m^2 , a nivel del mar, ejerce una fuerza de 101.325 N sobre la tierra.

Variación de la presión con la altura

Como se ha visto anteriormente, la presión atmosférica genera una fuerza motriz; si esta varía, en consecuencia, varía también la presión. Esto se debe tener en cuenta y considerarlo en función de la altura que se encuentre el lugar de trabajo. Hasta 2.000 metros de altitud la presión se reduce cerca del 1 % cada 100 metros. Esto significa que una aplicación de vacío calculada para elevar 100 Kg. a nivel del mar, verá reducida su capacidad de elevación a 89 Kg. en una altura de 1.000 metros.

Medición de vacío (unidades)

Existen varias formas de expresar un determinado nivel de vacío:

Como una presión absoluta

Valor numérico positivo menor que la presión atmosférica.

Como una depresión

Valor numérico negativo para indicar presiones inferiores a la presión atmosférica.

Como presión de vacío

Valor numérico positivo, mayor cuanto menor es la presión absoluta.

En porcentaje

De forma que cuando nos referimos a un vacío del 90% estamos diciendo **que en el sistema, tanque, ventosa, etc.** queda solamente el 10% del aire que tendría si estuviese a presión atmosférica. Es decir, expresa el % de vacío conseguido respecto al vacío absoluto.

❖ **GENERACIÓN DEL VACÍO**

Los dos sistemas más comunes para la generación del vacío en aplicaciones industriales, ambos muy extendidos en la actualidad, son las bombas mecánicas accionadas por un motor eléctrico y los eyectores fluidicos basados en el principio VENTURI.

Bombas mecánicas

Fundamentalmente el principio de funcionamiento es común a todas las bombas mecánicas, en definitiva, consiste en el hecho de cambiar de un modo u otro un cierto volumen de aire que fluye de la zona de aspiración, (por ejemplo: un tanque), a la zona de escape, atmósfera. Creando de esta forma una depresión en el interior del tanque, con respecto al valor de la presión atmosférica que reina en el exterior del mismo. Existen varios modelos de bombas mecánicas, pero como ejemplo citaremos solamente las más importantes:

❖ VENTILADOR CENTRÍFUGO

❖ VENTILADOR CON CANALES LATERALES

❖ BOMBA DE PISTÓN

❖ BOMBA DE PALETAS

❖ BOMBA DE MEMBRANA

❖ BOMBA DE ÁLVES

Teóricamente y sin entrar en detalles referente a la construcción de estos modelos, podemos decir que una bomba de vacío es un compresor conectado al revés. No obstante, la tabla de la figura 8.14 nos proporciona una idea de sus ventajas e inconvenientes que nos puede ser bastante útil para establecer un criterio inicial de selección de las mismas.

©FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS

Prácticas de laboratorio

Neumática.

Elaborado por :

Maria Eugenia Martínez

José Luis Ponze Zotelo

Milton Arsenio Santos Rivas

arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

El presente manual persigue llenar el vacío existente en la formación Técnica de la Universidad Don Bosco en el área de neumática.

La motivación de solventar esta problemática se debe a la necesidad de formación actualizada en esta rama de la mecánica, pilar en el desarrollo industrial. La evolución constante de la industria en búsqueda de solventar los procesos, cada vez más complejos, por medio de sistemas automatizados justifica la existencia de este medio como apoyo en neumática.

No pretendemos proporcionar todos los elementos en el sector de la formación, sino que se consideraron todos aquellos que sirven como bases a los conocimientos elementales.

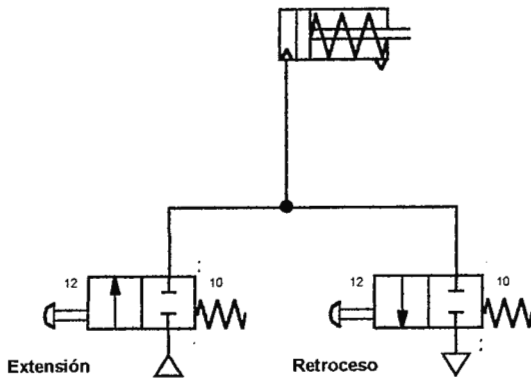
Esperamos contribuir con los estudiante de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimientos de los fluidos.

Si en algo hemos logrado contribuir en su formación, nos sentiremos más que satisfechos.

Los autores:

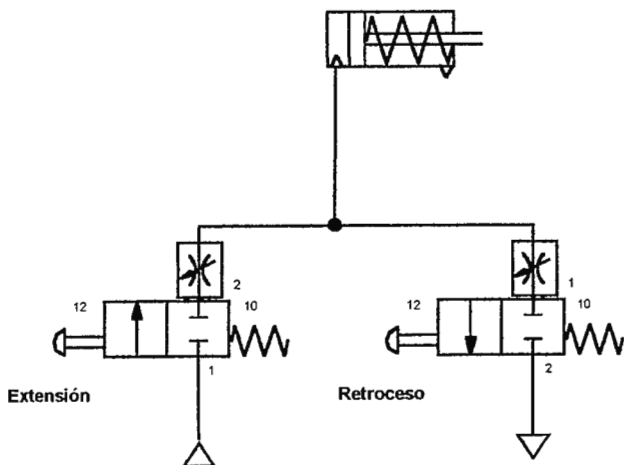
Guía de Circuitos neumáticos

Circuito 1



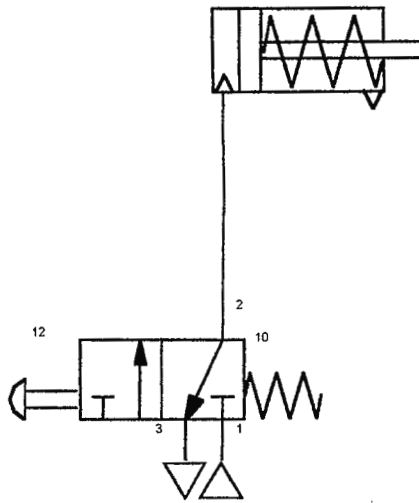
Observaciones
Control de cilindro con V 2/2

Circuito 2



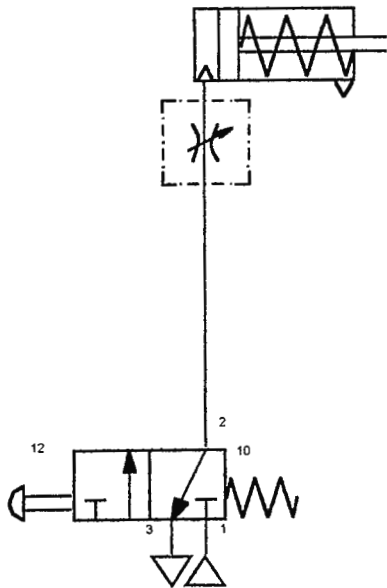
Observaciones
Regulación de velocidad V 2/2

Circuito 3



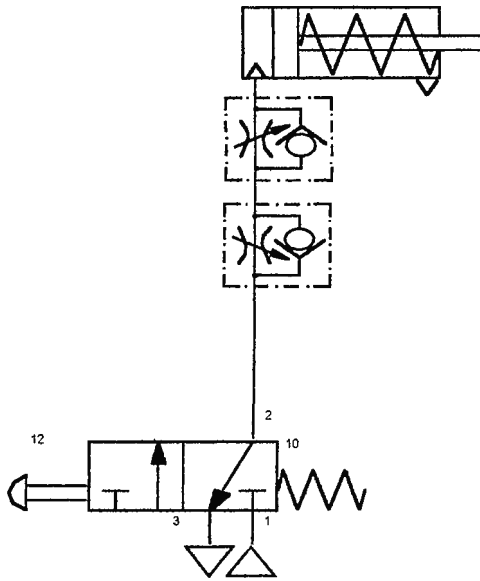
Observaciones
Control de cilindro V 3/2

Circuito 4



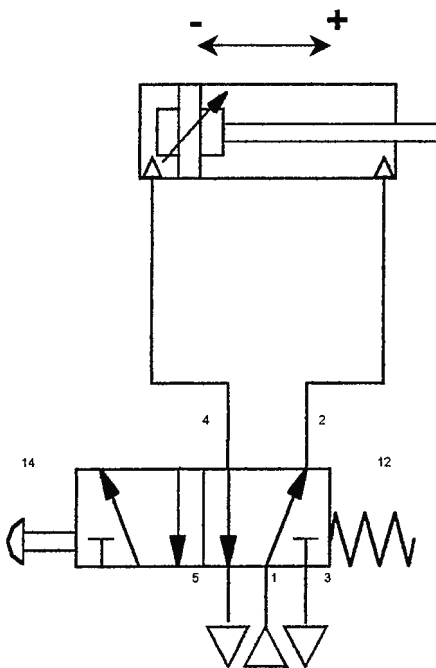
Observaciones
Regulación bidireccional de velocidad V3/2

Circuito 5



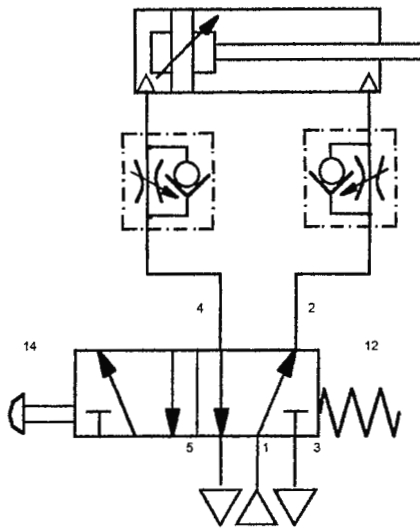
Observaciones
Regulación bidireccional de velocidad V3/2

Circuito 6



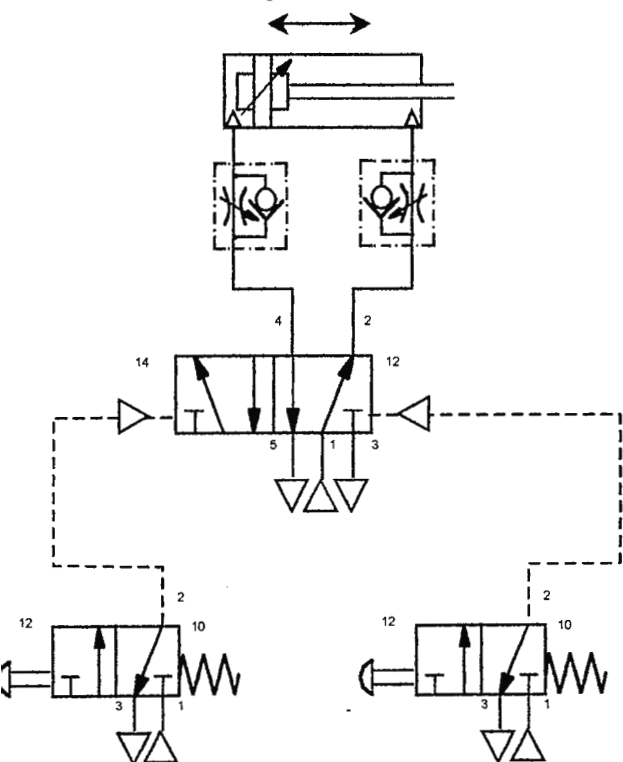
Observaciones
Control de actuador de doble efecto V5/2

Circuito 7



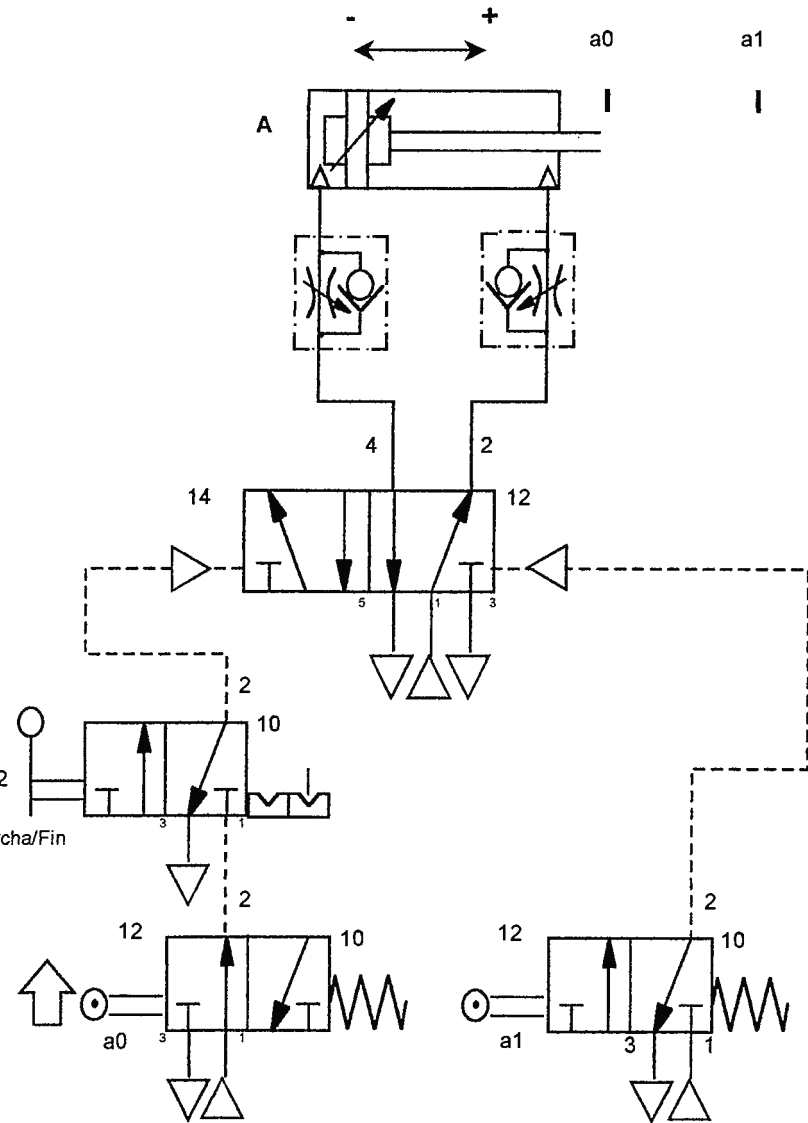
Observaciones
Regulación de velocidad actuador de doble efecto V5/2

Circuito 8



Observaciones
Control manual remoto de un cilindro de doble efecto.

Circuito 9



Observaciones
Control automático completo

©FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS

Guía de circuitos

Neumática

Elaborado por :

María Eugenia Martínez

eugenial611@latinmail.com

José Luis Ponce Zotelo

poncezotelo@latinmail.com

Milton Arsenio Santos Rivas

arsenio@citt.cdb.edu.sv

Prefacio

Los circuitos que se presentan a continuación buscan reforzar el marco práctico en el área de la neumática, refuerzo que ayudará tanto a docentes como educandos que se forman en esta institución.

Los circuitos expuestos a continuación, han sido seleccionados e investigados en base a la experiencia personal de años anteriores, buscando fortalecer aquellos puntos que de alguna forma quedaban deficiente al momento de las prácticas; y aun cuando existen sistemas de mayor complejidad, cubren las expectativas que buscan mejorar y actualizar la formación que se imparte sobre la fascinante área de la neumática.

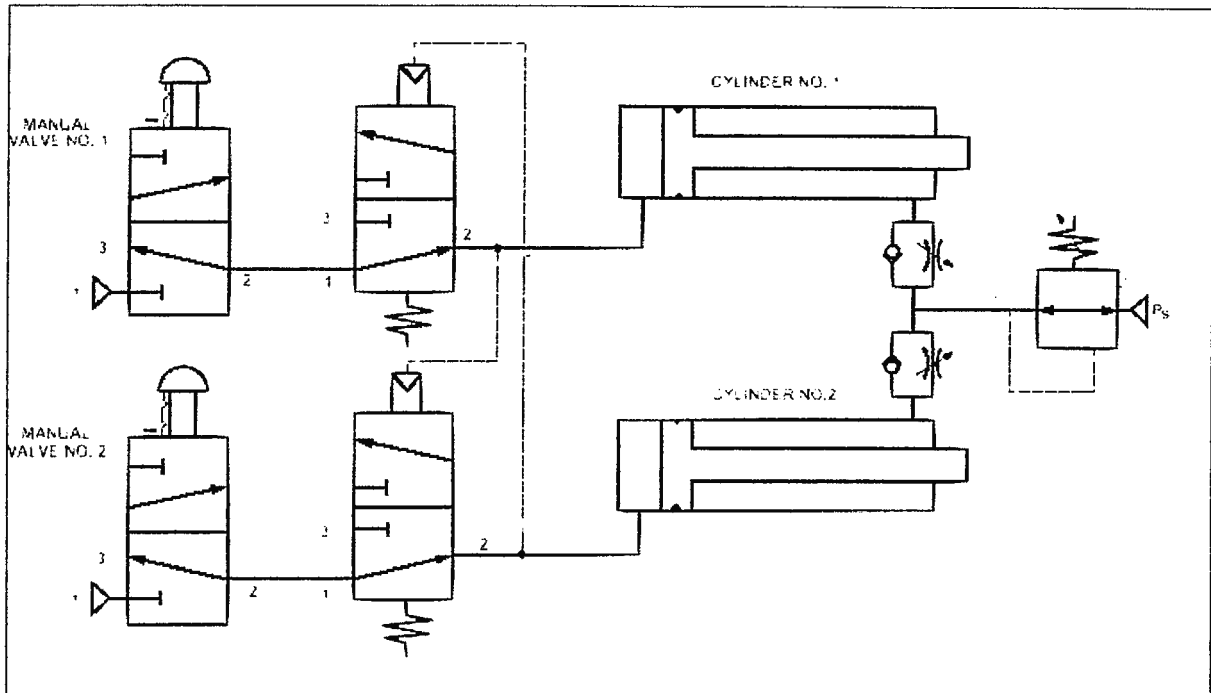
Esperamos contribuir con los estudiantes de la escuela técnica de la Universidad Don Bosco en su formación hacia el conocimiento de los fluidos de potencia.

Aquí se presenta la información para que otros la hagan fructificar a través de la práctica y entonces, conedores de haber contribuido en el aprendizaje de muchas más personas, nos sentiremos satisfechos del esfuerzo realizado.

Los autores.

Válvulas simplificadas

Guía de circuitos



Una guía para la comprensión de la neumática Válvulas de mando direccionales

Válvulas de aire comprimido

Las válvulas de mando direccionales inician, detienen o cambian la dirección del flujo en aplicaciones de aire comprimido. Muchas compañías industriales aplican aire comprimido como potencia para la operación de las herramientas y equipos que utilizan para la fabricación de los productos que ellos ofrecen. Para entender las

diferentes aplicaciones del aire comprimido y el uso de las válvulas, se debe tener primero un conocimiento de las clases y tipos de válvulas utilizadas en las industrias.

Se diseñan válvulas para diferentes aplicaciones y una fábrica puede utilizar varios tipos de éstas, preparadas para algún trabajo particular. Las válvulas son diseñadas de acuerdo a las siguientes categorías: de carrete, de asiento, combinación de carrete y asiento, con sello, rotatorias y de diafragma.

Los dos tipos de carrete (unidas y sobrepuestas), y las de asiento son los diseños de uso más común.

Las válvulas del carrete unidas utilizan sellos contra presión. Los carretes prácticamente no permiten algún goteo, pueden usarse en aplicaciones del tres posiciones, y normalmente poseen un centro bloqueado que previene las descargas que cambian de un modelo de flujo a otro. Las válvulas de carrete son tolerantes a la suciedad del compresor y basta con realizarles una correcta lubricación.

Las válvulas de asiento usan el sello de un asiento grande y operan de la misma forma como lo hace un grifo casero. Las válvulas de asientos son rápidas, ásperas, y conocido por su habilidad de operar bajo condiciones adversas.

Las válvulas de carrete están disponibles en configuraciones de 3 y 4 vías. Una válvula de carrete de 3 vías puede ser utilizada como una de 2 vías si se le bloquea un puerto. Las válvulas de asiento se hacen en configuraciones de 2, 3 y 4 vías.

Operación de las Válvulas

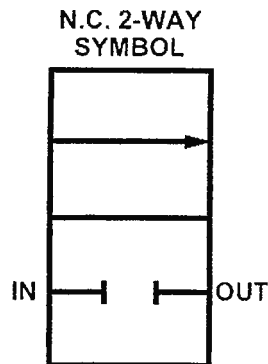
Válvulas de Dos Vías

Las válvulas bidireccionales poseen dos conexiones a tuberías, una de entrada y otra de salida, a través de las cuales permiten o no el paso de aire que se utiliza en tiendas, sucursales de aerolíneas, suministros de presión a sistemas, y

suministros de aire a herramientas, motores y equipos similares. Las válvulas bidireccionales también puede utilizarse como válvulas de escape.

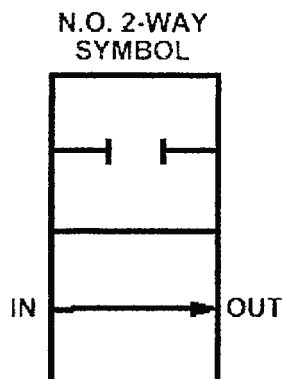
Válvulas de asiento, 2 vías (2 puertos o racores)

Las válvulas de 2 vías normalmente cerradas bloquean el flujo de entrada cuando no están actuando. Al actuar la válvula, permite el paso del flujo de entrada.



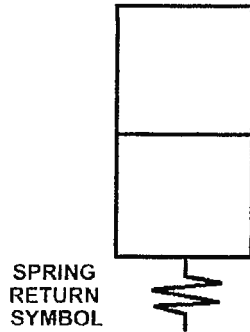
Nota: Los símbolos de las válvulas siempre se muestran en la posición de operación inicial de éstas.

Las válvulas de 2 vías normalmente abiertas permiten que inicialmente exista paso de fluido a través de ellas, y lo impiden al momento de entrar a actuar la válvula.



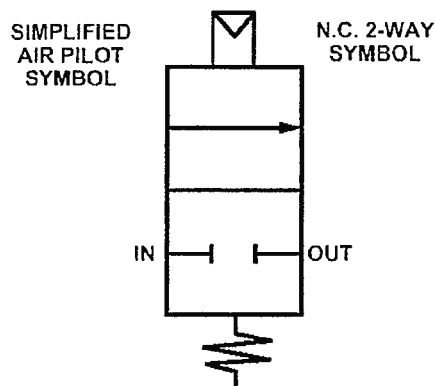
Retorno por resorte

Agregado al símbolo de la válvula. El resorte devuelve la válvula a su posición normal, es decir, a la posición de inicio sin actuar.



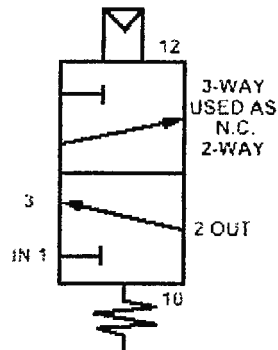
Operación con aire

El operador simplificado se agrega al símbolo de la válvula. Cuando la válvula actúa, el camino de flujo mostrado en el bloque superior es reemplazado por el camino de flujo mostrado en el bloque más bajo. Estas válvulas también reciben el nombre de válvulas pilotadas.



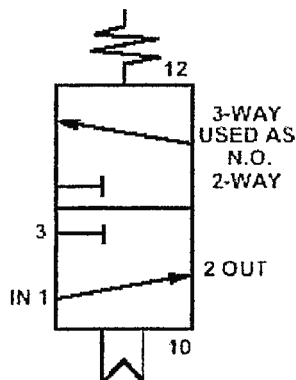
Válvulas de carrete, 3 vías (3 puertos), utilizadas como válvulas Normalmente Cerradas (N. C.) de 2 vías.

Para usar una válvula de carrete de 3 vías como una válvula de 2 vías normalmente cerrada, sencillamente se procede a bloquear el puerto 3.



Válvulas de carrete, 3 vías (3 puertos), utilizadas como válvulas Normalmente Abiertas (N. O.) de 2 vías.

Al igual que la operación normalmente cerrada, para que opere bajo las condiciones deseadas, se procede a bloquear el puerto 3, solo que ahora se conecta la válvula de tal forma que primero se encuentre operando en posición de normalmente abierta.



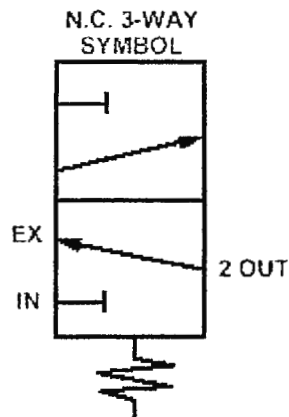
Válvulas de tres vías

Las válvulas de tres vías poseen un puerto más que las válvulas de 2 vías, el cual es utilizado para descarga. Las válvulas de tres vías están disponibles en configuraciones de operación de normalmente abiertas y/o normalmente cerradas. Estas válvulas se usan generalmente para de una forma alternativa, aplicar y extraer presión de una válvula de diafragma o de un cilindro de simple acción con retorno por resorte. Este tipo de válvulas también pueden ser pilotadas.

Válvulas de carrete y asiento, 3 vías (3 puertos)

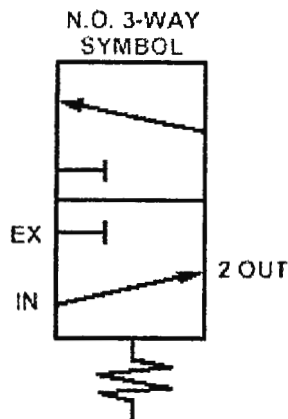
Válvulas de 3 vías normalmente cerradas

En la posición de operación inicial, el flujo de entrada (IN) permanece bloqueado y el puerto de trabajo (2) se encuentra conectado al puerto de descarga (EX). Cuando la válvula actúa, el puerto de entrada se conecta al puerto de trabajo y el puerto de la descarga se bloquea.

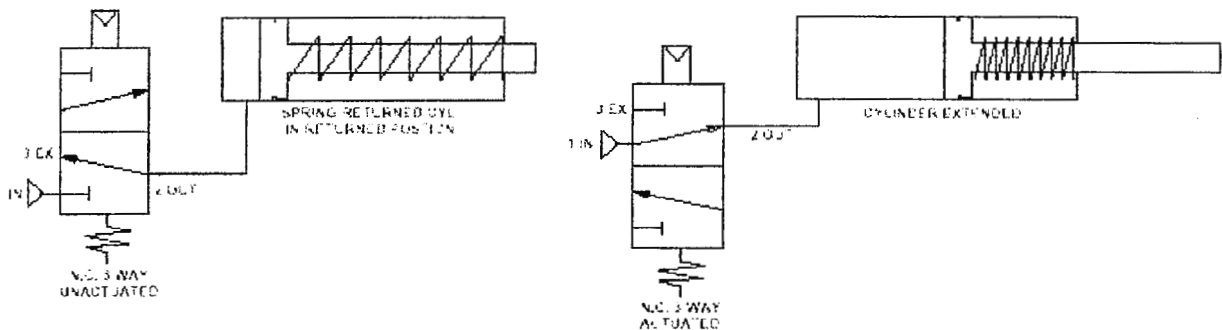


Válvulas de 3 vías normalmente abiertas

En la posición de operación inicial, el flujo de entrada (IN) se encuentra conectado al puerto de trabajo (2) y el puerto de descarga (EX) permanece bloqueado. Cuando la válvula actúa, el puerto de entrada se bloquea y el puerto de trabajo pasa a conectarse al puerto de descarga



Válvula de 3 vías controlando un cilindro con retorno por resorte:



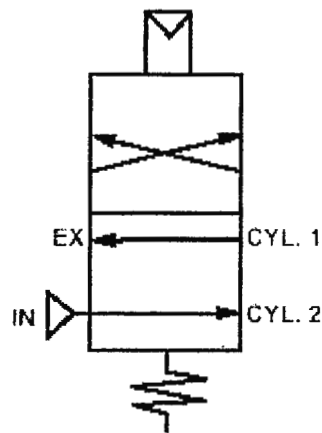
Válvulas de cuatro vías

Las válvulas de cuatro vías funcionan como dos válvulas de 3 vías operadas al mismo tiempo, una normalmente cerrada y una normalmente abierta. Estas válvulas

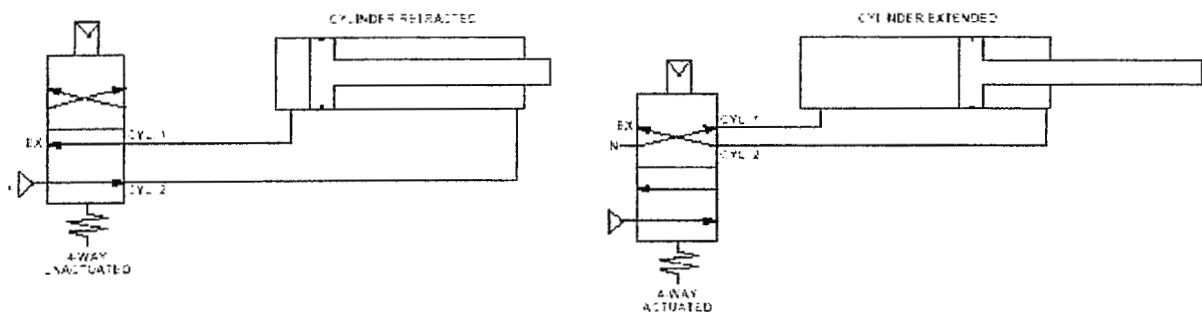
tienen dos puertos para la toma de fluido entre los que se alternan presurizándose y drenándose. Se utilizan válvulas de cuatro vías para operar cilindros de doble efecto, mandos de motores aéreos bidireccionales y en circuitería aérea. También, dos cilindros de simple efecto pueden ser operados con una sola válvula de 4 vías.

Válvulas de asiento, 4 vías (4 puertos)

Cuando la válvula se encuentra sin actuar, el fluido entra al cilindro por el racor 2 y drena por el racor 1; cuando es accionada, la entrada se conecta a cilindro por el racor 1 y éste drena por el racor 2. Las válvulas de asientos de cuatro vías tienen un puerto de descarga que es compartido por todos los puertos del cilindro.

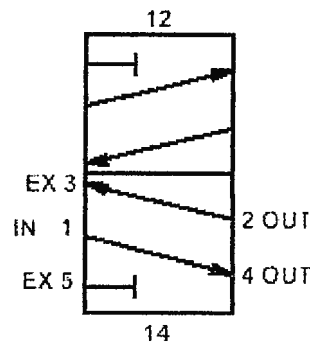


Válvula de asiento de 4 vías accionando un cilindro de doble efecto:

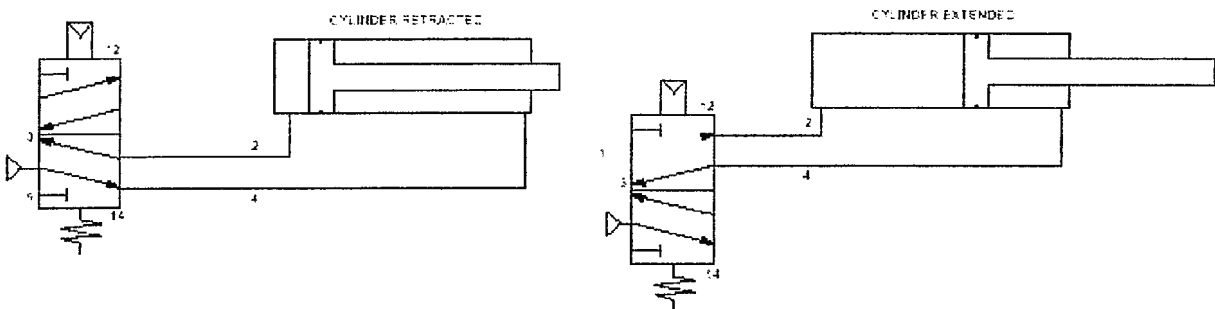


Válvulas de carrete, 5 vías (5 puertos)

Las válvulas de carrete de 4 vías pueden ser controladas usando dos operadores (uno en cada extremo), o por un solo operador y retorno por resorte. Cuando el operador 14 se encuentra actuando, el flujo se da desde el puerto 1 hacia el 4, y el flujo drenado por el cilindro va del puerto 2 hacia el 3, manteniéndose bloqueado el puerto 5. Cuando el operador 12 se encuentra actuando, el flujo se da desde el puerto 1 hacia el 2, y el flujo proveniente del cilindro va del puerto 4 hacia el 5, manteniéndose bloqueado el puerto 3. De lo anterior se observa que cada puerto del cilindro posee un puerto de descarga por separado en la válvula.



Accionamiento de un cilindro a través de una válvula de 5 vías con retorno por resorte:

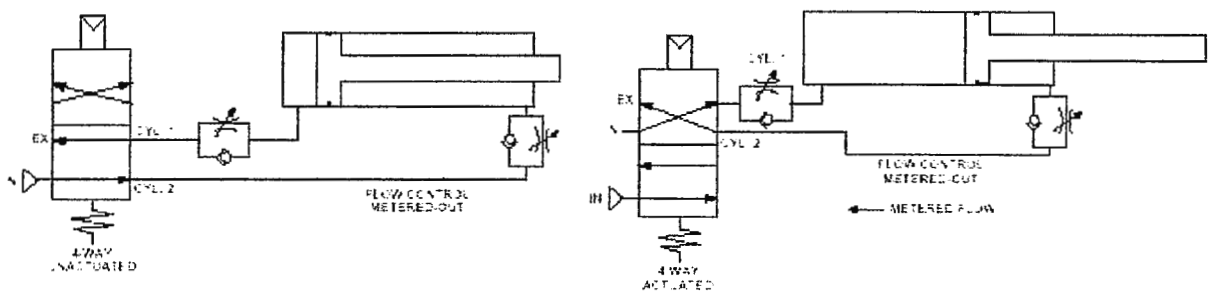


Control de velocidad de un cilindro

Los requisitos de velocidad para un cilindro son definidos por la carga que debe mover o el trabajo a realizar. Los controles de velocidad evitan el golpeteo al momento de realizarse la extensión del cilindro.

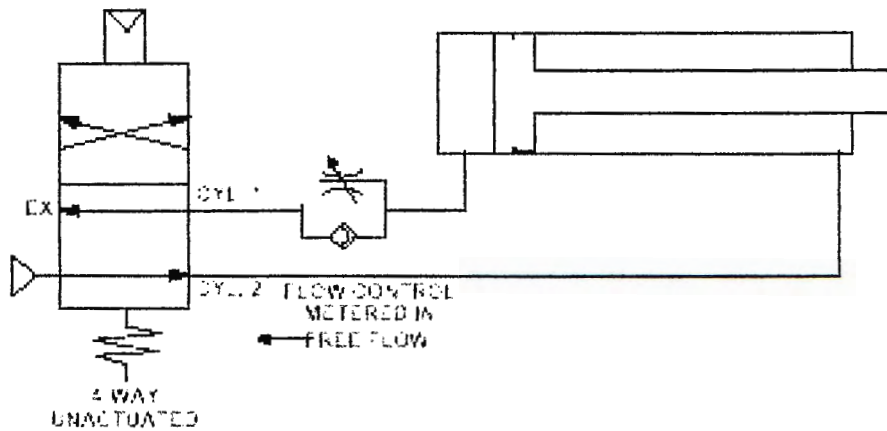
Control de velocidad en la carrera de un cilindro - ajuste en el escape (válvulas de asiento)

Se instalan los dispositivos de mando o control de flujo en los extremos del cilindro, con las flechas de flujo libre hacia éste. Cuando la válvula actúa, se aplica presión al cilindro, pero el vástago no sale rápidamente, debido a que el aire que está siendo drenado, no puede pasar por la válvula check y debe fluir a través del estrangulamiento antes de llegar a la válvula direccional. Prácticamente, el cilindro está siendo bloqueado por un cojín de aire que está drenándose a la atmósfera.



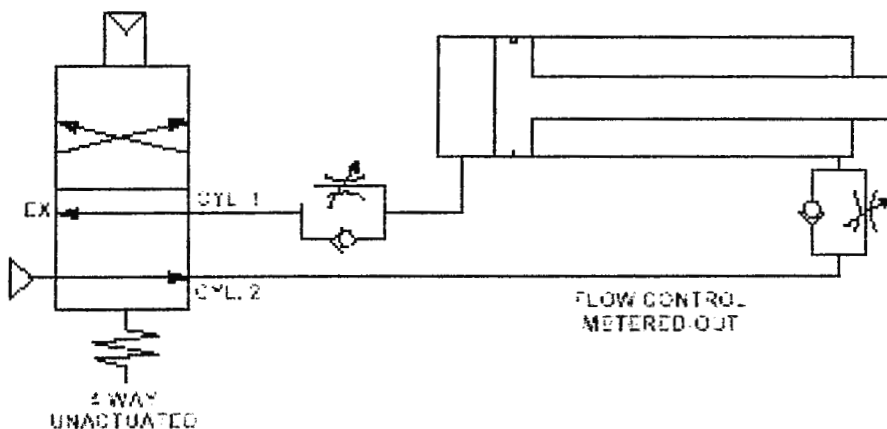
Control de velocidad en la extensión del cilindro (ajuste en la alimentación)

Se instala el controlador de velocidad, con la flecha de flujo libre dirigida hacia la válvula direccional; cuando la válvula se acciona, el vástago tiende a salir con la velocidad determinada por el controlador en la alimentación. Aunque este método de ajuste no es muy estable como el método de ajuste el escape, es utilizado en válvulas de sucesión e interruptores de presión.



Control de velocidad para la entrada y salida del vástago de un cilindro (ajuste en el escape)

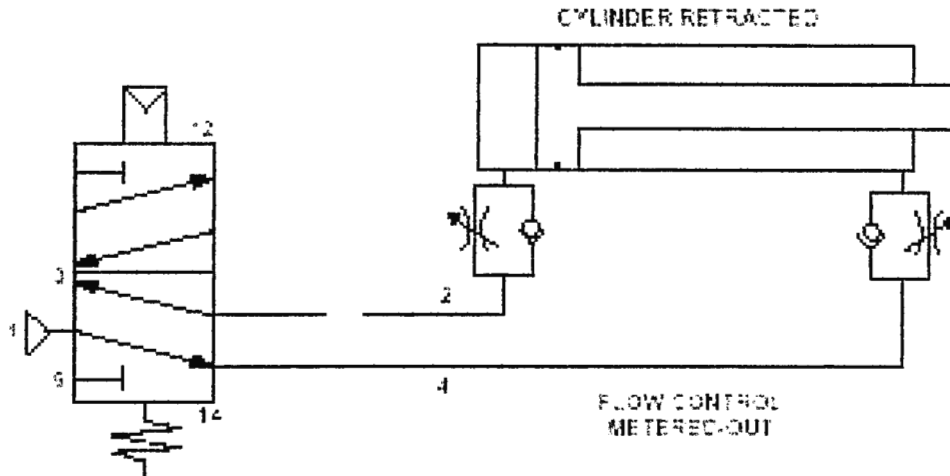
Se instala(n) el(los) controlador(es) de velocidad, con la flecha de flujo libre dirigida hacia el cilindro; cuando el vástago tienda a entrar o a salir, tendrá un colchón de aire que le permita obtener una regulación más uniforme. La regulación de la velocidad se realiza mediante el ajuste manual de las válvulas limitadoras de caudal.



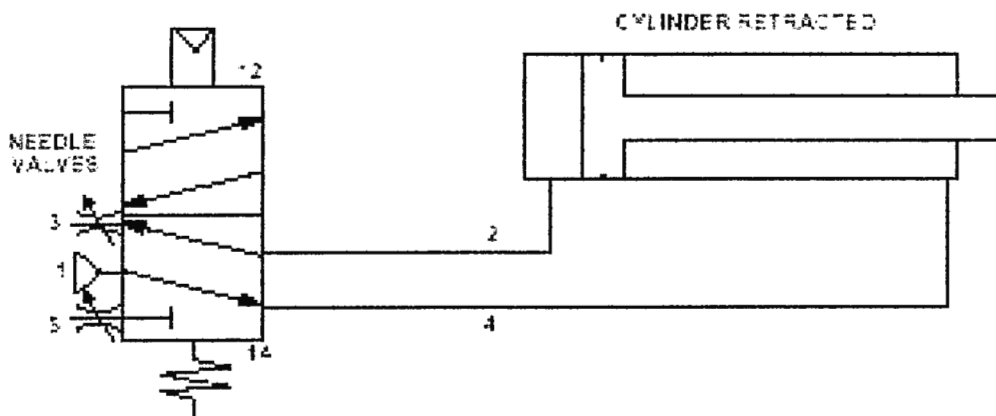
Cuando se utilizan controladores de flujo, éstos deben montarse en los puertos del cilindro (ó lo más cerca posible a ellos). Deben montarse controladores de flujo entre cilindro y válvula cuando se haga uso de válvulas de asiento.

Controladores de flujo cuando se utilizan Válvulas de Carrete

Cuando se utilizan controladores de flujo con válvulas de carrete, las conexiones y ajustes pueden ser iguales a las realizadas con las válvulas de asiento.



Un método alternativo para el control de la velocidad de un cilindro es usar una válvula de aguja (limitadoras) en uno o los dos los puertos de la descarga de las válvulas de carrete. Este método elimina la necesidad de utilizar una válvula check en cada línea de mando.

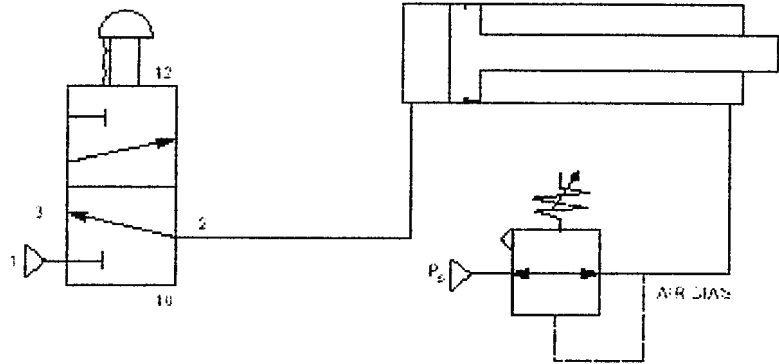


Aplicaciones con las válvulas

Cilindro retornado por una válvula reductora de presión (mostrado con una válvula de carrete)

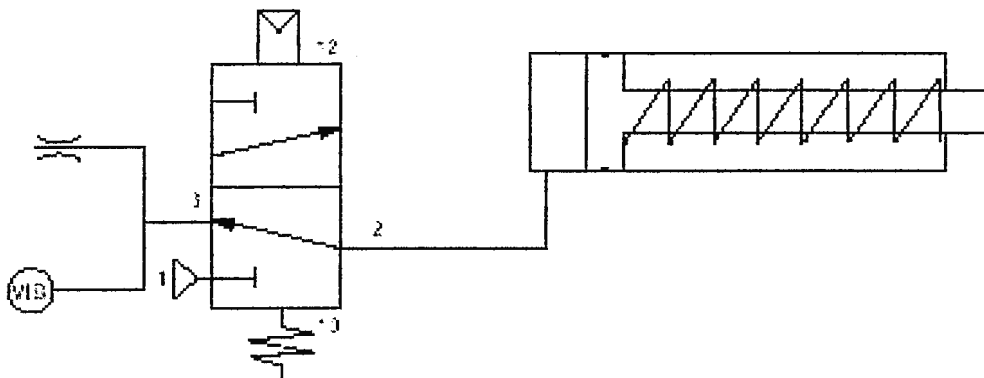
El vástago de un cilindro de doble efecto puede salir al permitir el paso de fluido comandado por una válvula de 3 vías, y por medio de una válvula reguladora de presión se logra que éste regrese a su

posición original. La válvula reguladora de presión se calibra entre un 10 y 20% respecto a la presión primaria de trabajo. Este circuito puede ser utilizado en prácticas como sujetar adornos.



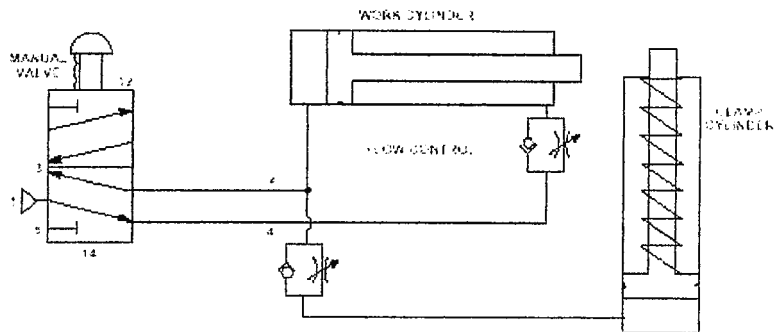
Descarga dividida (mostrado con una válvula de carrete)

Puede usarse el aire agotado de la retractación del cilindro para hacer un trabajo secundario como la operación de un vibrador, o para limpiar o soplear algunas partes.



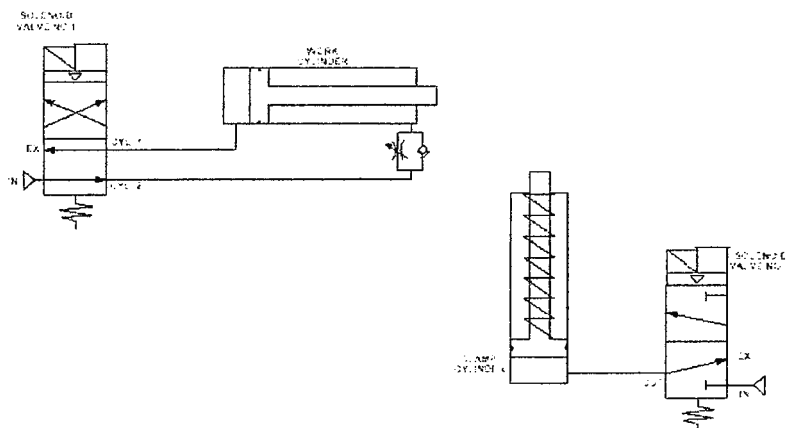
Control de cilindro de trabajo y de alerta por una sola válvula (mostrado con una válvula de carrete)

Por la disposición de las válvulas estranguladoras unidireccionales, el cilindro de trabajo se activa después que ha sido activado el de alerta. Cuando la válvula manual se restablece, el cilindro de trabajo retornará a su posición original primero, y luego lo hará el de alerta.



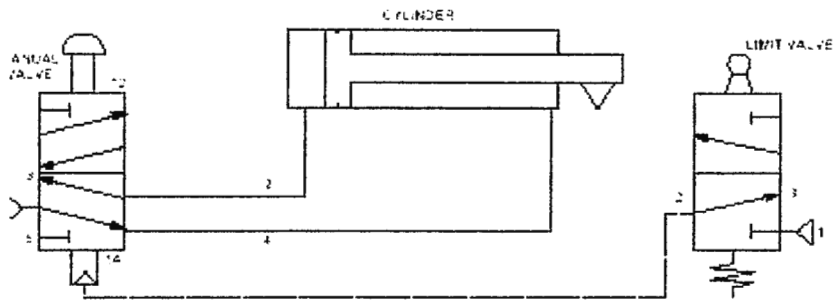
Control de cilindro de trabajo y de alerta por dos válvulas (mostrado con válvulas de asiento)

Las válvulas solenoides son energizadas al mismo tiempo. Ambos cilindros son extendidos, con la particularidad que la velocidad del cilindro de trabajo es controlado por una limitadora de flujo; la ventaja de este circuito es ese mando separado de las dos válvulas.



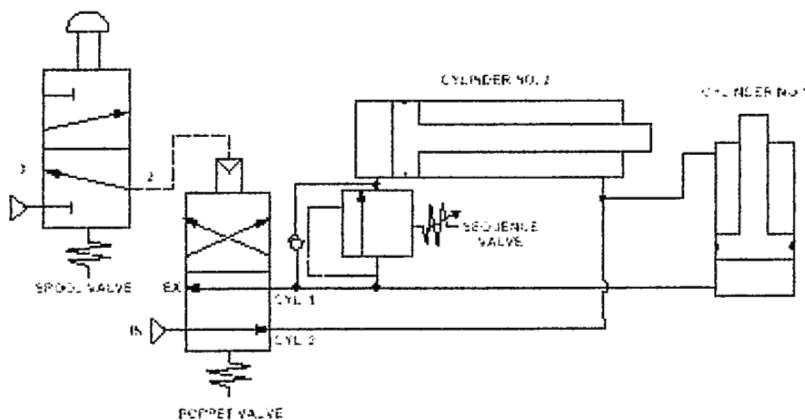
Mando automático del cilindro (mostrado con válvula de carrete)

Al accionar manualmente a la primer válvula, sale el vástago del cilindro, el cual, cuando llega al final de su carrera acciona a la otra válvula, la que permite el paso de fluido para accionar neumáticamente a la primer válvula y provocar que el vástago del cilindro regrese a su posición original.



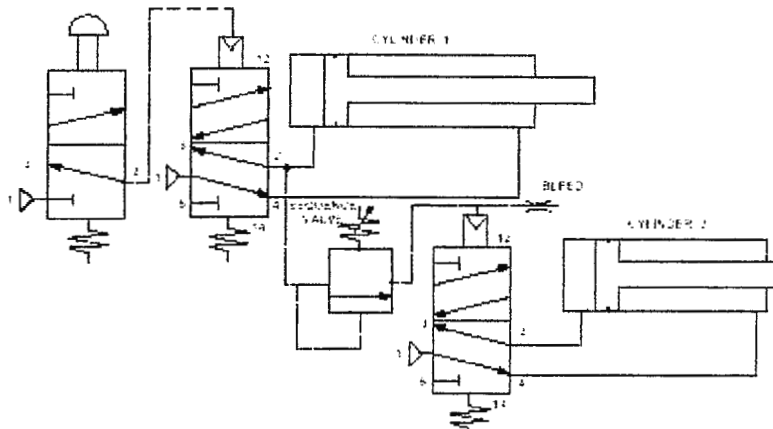
Circuito secuencial para la extensión sucesiva de dos cilindros (mostrado con válvulas de carrete y de asiento)

Cuando se acciona manualmente la primer válvula, ésta activa a la segunda permitiendo que se extienda el cilindro N° 1, luego, al final de la carrera del primer cilindro, la válvula de alivio, al drenar, permite el paso de fluido para activar la salida del vástago del segundo cilindro.



Circuito secuencial para la extensión sucesiva de dos cilindros (mostrado con tres válvulas de carrete)

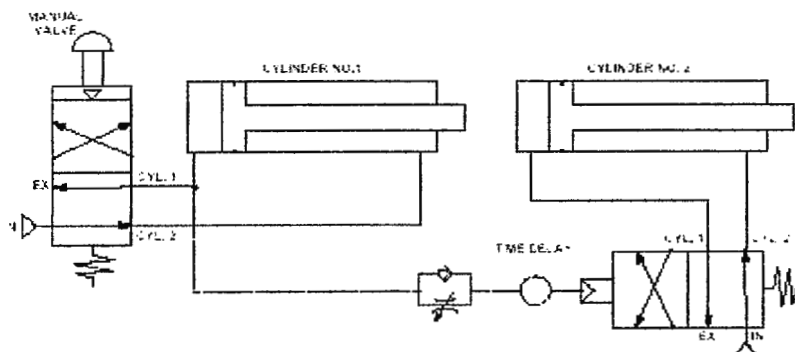
Se ajusta la válvula de secuencia para que, al activar la válvula direccional principal del circuito, salga inicialmente el vástago del cilindro N° 1 y luego, por aumento de presión lo haga el vástago del cilindro N° 2.



Nota: Este circuito no es conveniente para el uso con válvulas de Asientos debido a las condiciones de presión durante el cambio.

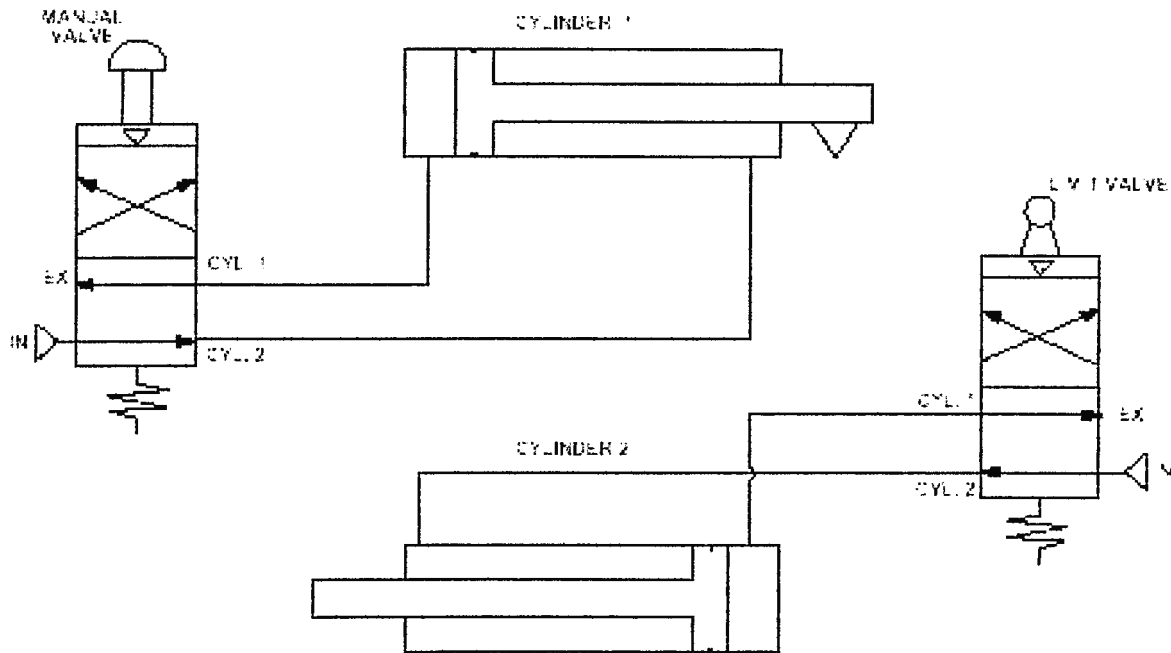
Extensión de los cilindros controlados por tiempo (mostrado con válvulas de asiento)

El vástago del cilindro número 2 sólo sale después de un retraso de tiempo que empieza cuando el vástago del cilindro número 1 empieza a salir.



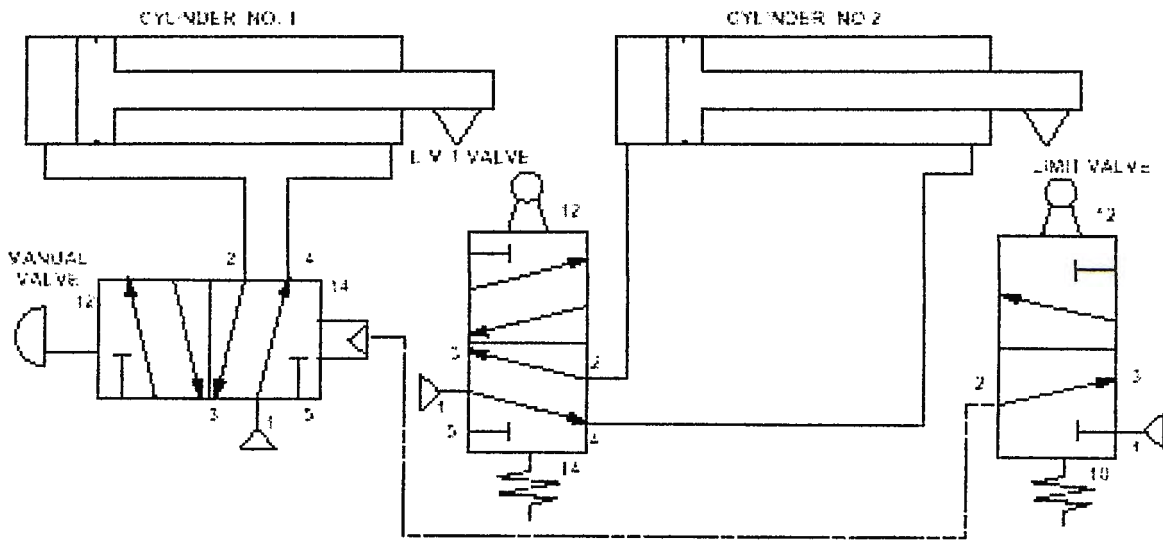
Extensión sucesiva de dos cilindros (mostrado con válvulas de asiento)

El vástago del cilindro número 2, sólo sale, después que el vástago del cilindro número 1 ha golpeado y accionado a una segunda válvula distribuidora, la cual cumple la función como válvula de secuencia. Al soltar el accionamiento de la primer válvula, los vástagos regresan casi de forma simultánea.



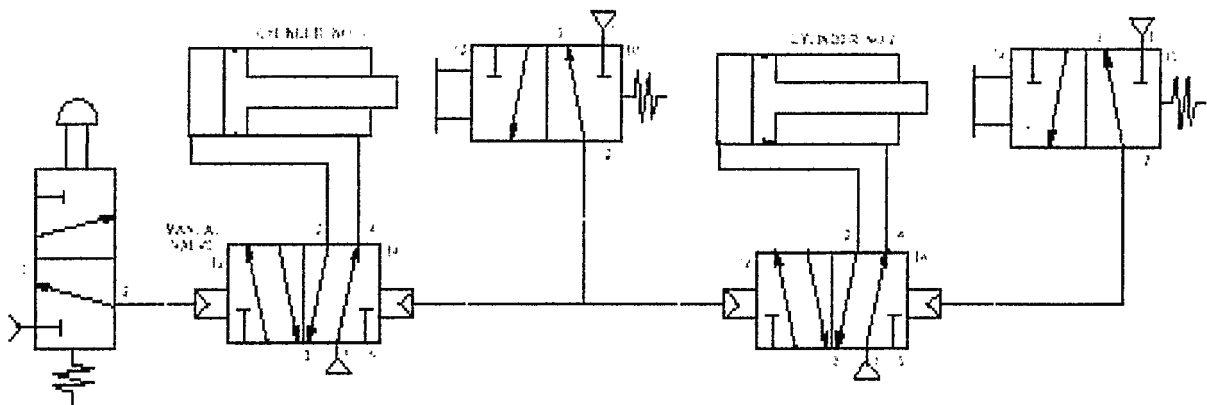
Extensión y retorno sucesivo de dos cilindros (mostrado con válvulas de carrete)

En este circuito, al activar la primer válvula direccional provoca que salga el vástago del primer cilindro, el cual cuando llega al final de su carrera, acciona la segunda válvula direccional para que salga el vástago del segundo cilindro; cuando este vástago llega también al final de su carrera, activa otra válvula que, por medio de alimentación pilotada, hace que la primer válvula direccional retorne a su posición inicial, lo que obliga a que la segunda también lo haga y ambos vástagos son retraídos.



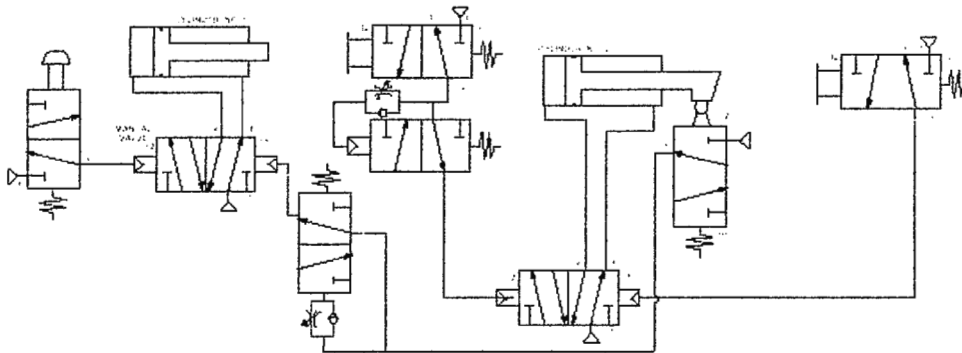
Extensión y retorno de dos cilindros sin sucesión directa (mostrado con válvulas de carrete)

Cuando se acciona manualmente la primer válvula direccional, el cilindro número 1 se extiende y activa a otra válvula que determina el retorno del vástago del primer cilindro y la salida del vástago del segundo, el cuál lleva una secuencia similar al primero, retornando rápidamente al accionar una válvula presente al final de su carrera.



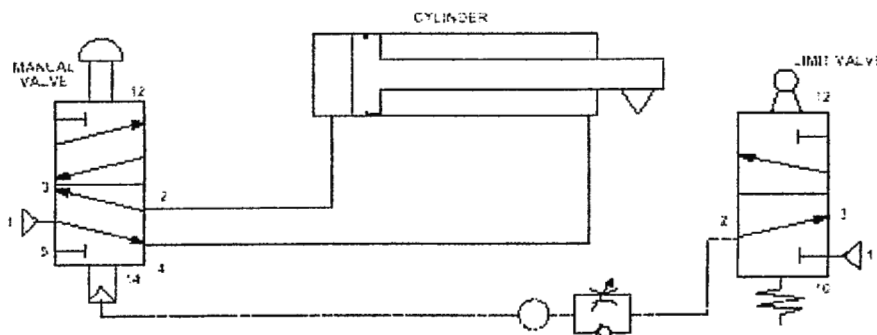
Los dos cilindros se extienden y retractan secuencialmente, el cilindro 1 es limitado por la acción del cilindro 2 (mostrado con válvulas de carrete)

Cuando se acciona manualmente la válvula N° 1, el cilindro N° 1 se extiende, iniciando una secuencia en la que posteriormente, al mismo tiempo que sale el vástago del cilindro N° 2 se retracta el del cilindro N° 1. Al finalizar la carrera del vástago del cilindro N° 2, él mismo acciona otra válvula que le hace retornar a su posición original.



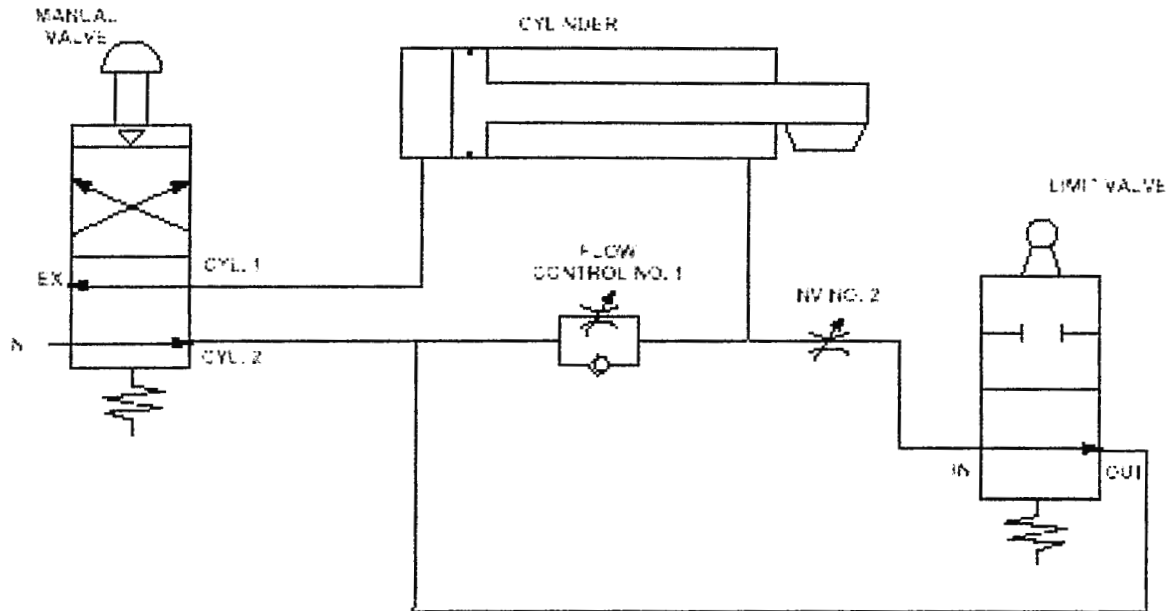
El cilindro se extiende, y luego de una pausa se retracta (mostrada con una válvula de carrete)

El cilindro se extiende rápidamente, pero el estrangulamiento en el retorno le impide un retorno similar, aunque luego de una brevísima pausa, retorna a una velocidad determinada por la regulación en la válvula de estrangulación unidireccional.



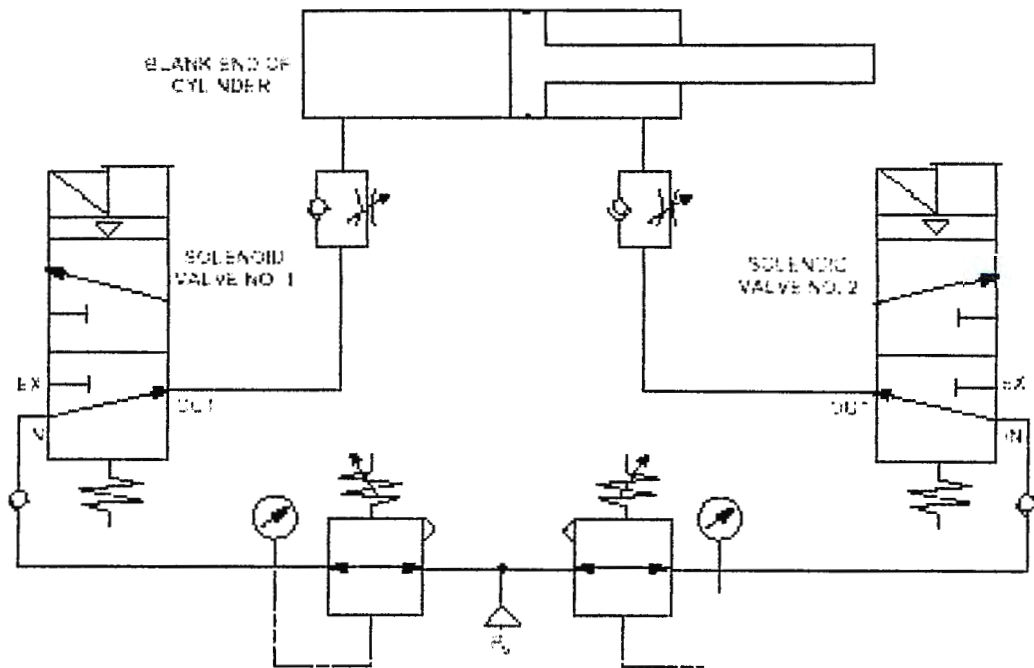
Circuito de desaceleración de cilindro. (mostrado con válvula de asiento)

La velocidad de los cilindros se reduce cuando una posición predeterminada se ha alcanzado. Esta característica se logra por medio de las válvulas de estrangulamiento dentro del circuito. Este tipo de circuitos previene de daños a los cilindros al evitar trabajar con velocidades altas.



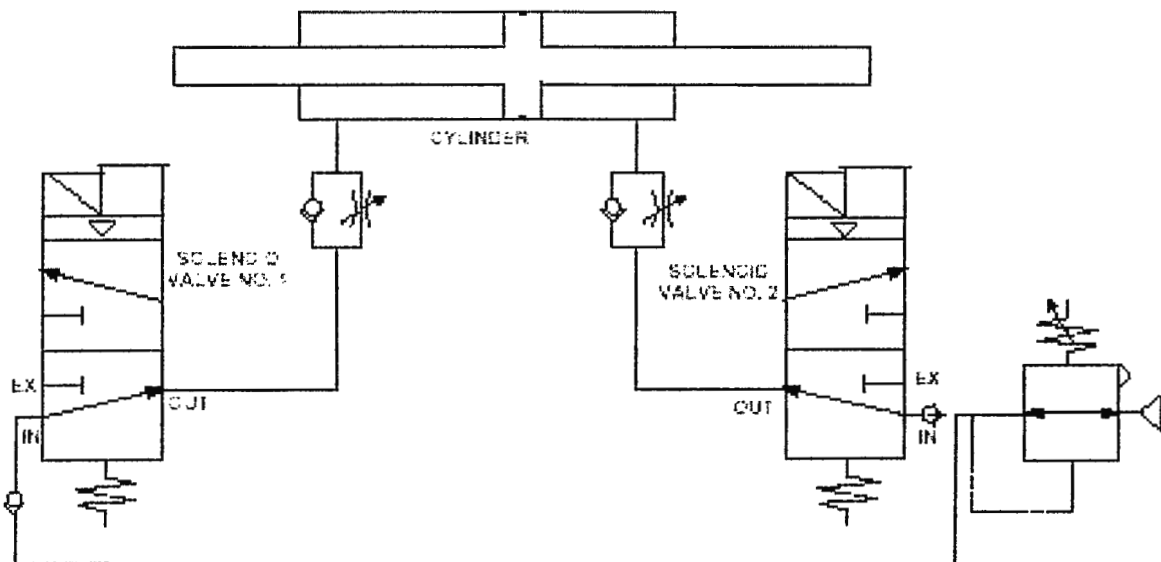
Circuito de posicionamiento de un cilindro (mostrado con válvulas de asiento)

En la situación mostrada en la figura, el cilindro se encuentra enclavado; para controlar la posición del cilindro se acciona la válvula direccional de uno de los extremos, lo que obligaría al vástago a moverse hacia la dirección que el accionamiento se lo permita. Es de hacer notar que para lograr el enclavamiento se debe regular una presión mayor en el extremo del vástago, para equilibrar la diferencia de áreas.



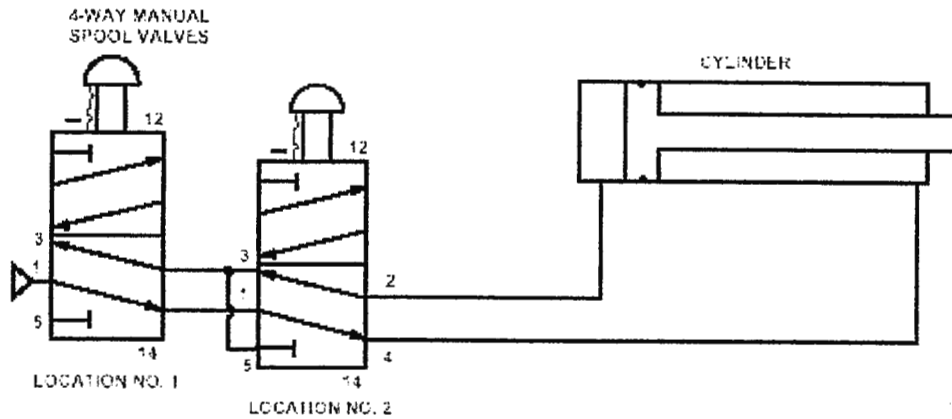
Circuito de posicionamiento de un cilindro de doble vástago (mostrado con válvulas de asiento)

La posición del cilindro es controlada por el mismo método mostrado para un cilindro de un solo vástago, excepto que no se requiere de un segundo regulador ya que el área de aplicación es igual en ambos extremos.

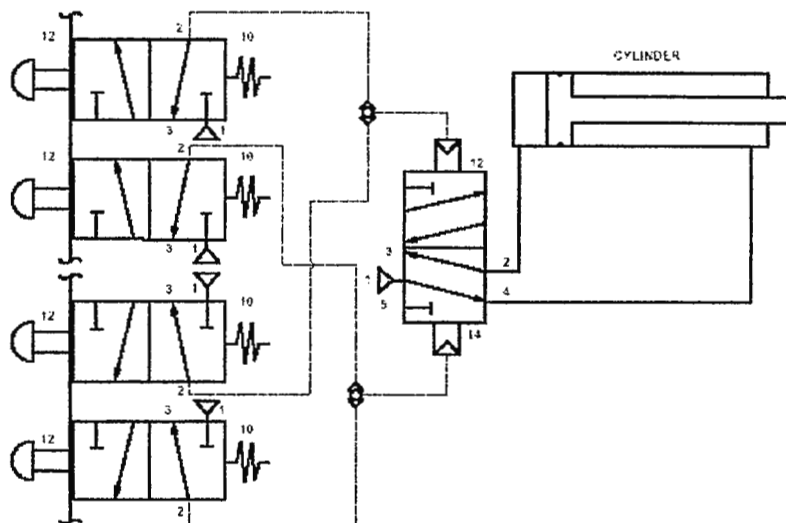


Cilindro controlado por dos situaciones (mostrado con válvulas de carrete)

En el circuito siguiente, el funcionamiento de cualquier válvula causará el desplazamiento del vástago del cilindro hacia otra dirección.

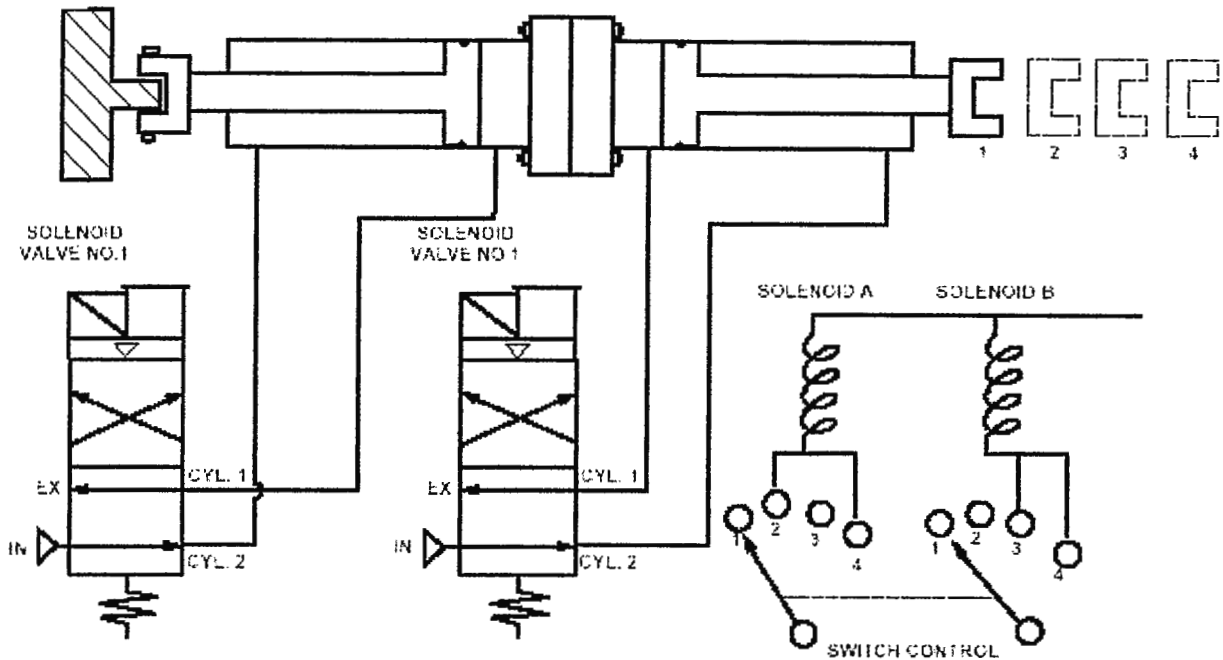


En el circuito siguiente, dos juegos de válvulas manuales controlan la extensión del cilindro y retractación de éste en dos situaciones.



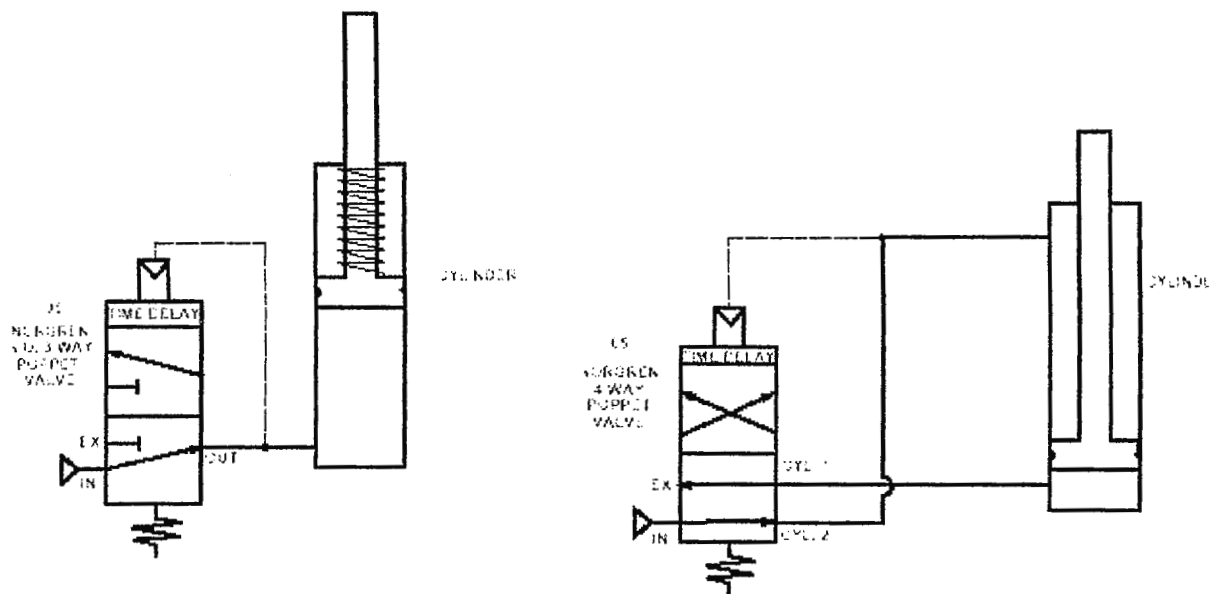
Cilindro de doble vástago con cuatro posiciones (mostrado con válvulas de asiento)

Las dos válvulas del solenoide se controlan en cuatro combinaciones diferentes a través de un interruptor eléctrico, lo que permite obtener cuatro posiciones distintas.



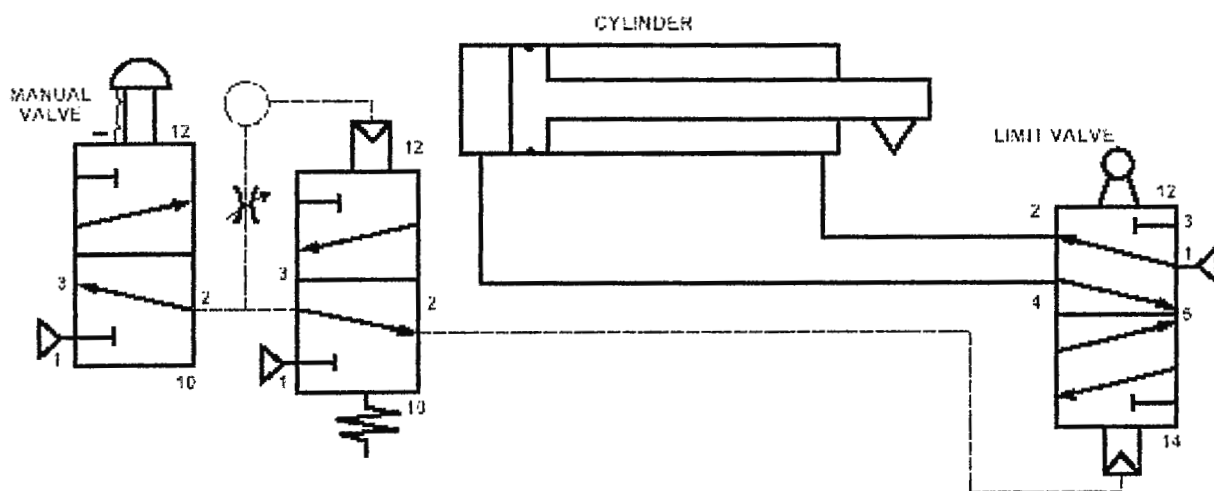
Ciclos continuos basados en un tiempo (mostrados con válvulas de asiento)

Norgren, una de las compañías fabricantes de equipo neumático ha presentado en el mercado la válvula Norgren -05, la cual mediante un retraso de tiempo permite obtener ciclos continuos en el accionamiento de un cilindro, como puede observarse en el siguiente esquema. Este tipo de válvulas permiten un ajuste de tiempo hasta de un minuto.



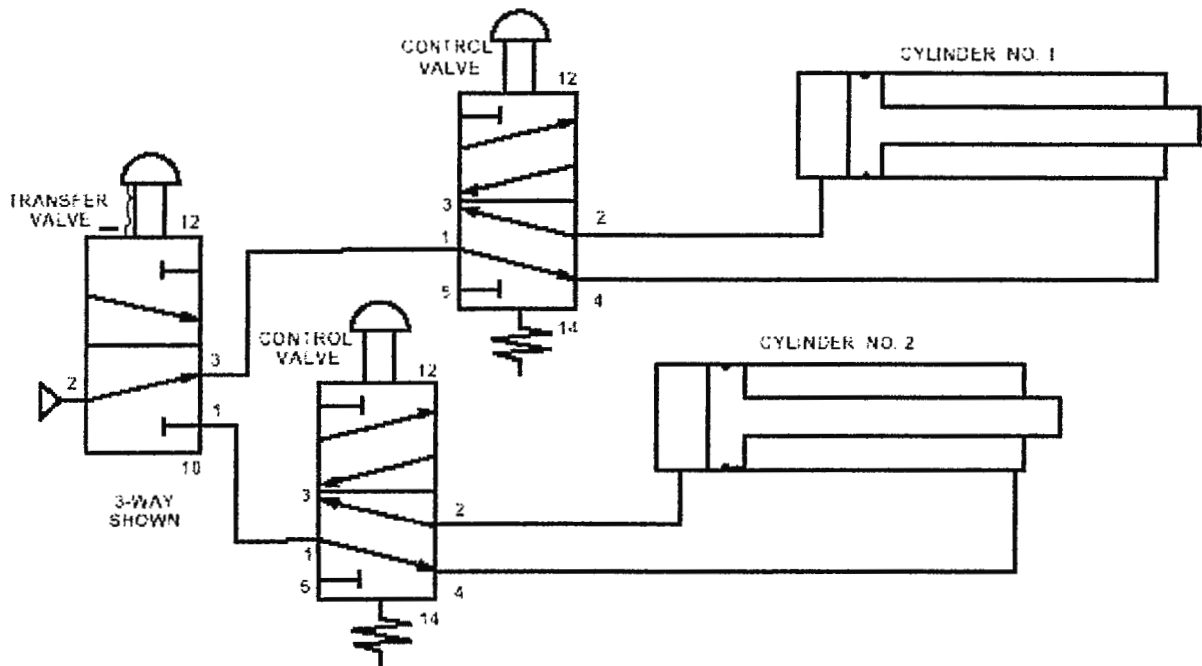
Circuito del funcionamiento de un ciclo largo de un cilindro (mostrado con válvulas de carrete)

Este circuito solo funciona una vez, sin importar el tiempo que se lleve para realizarlo; si se desea iniciar un nuevo ciclo, debe llevarse la primer válvula direccional a su posición original.



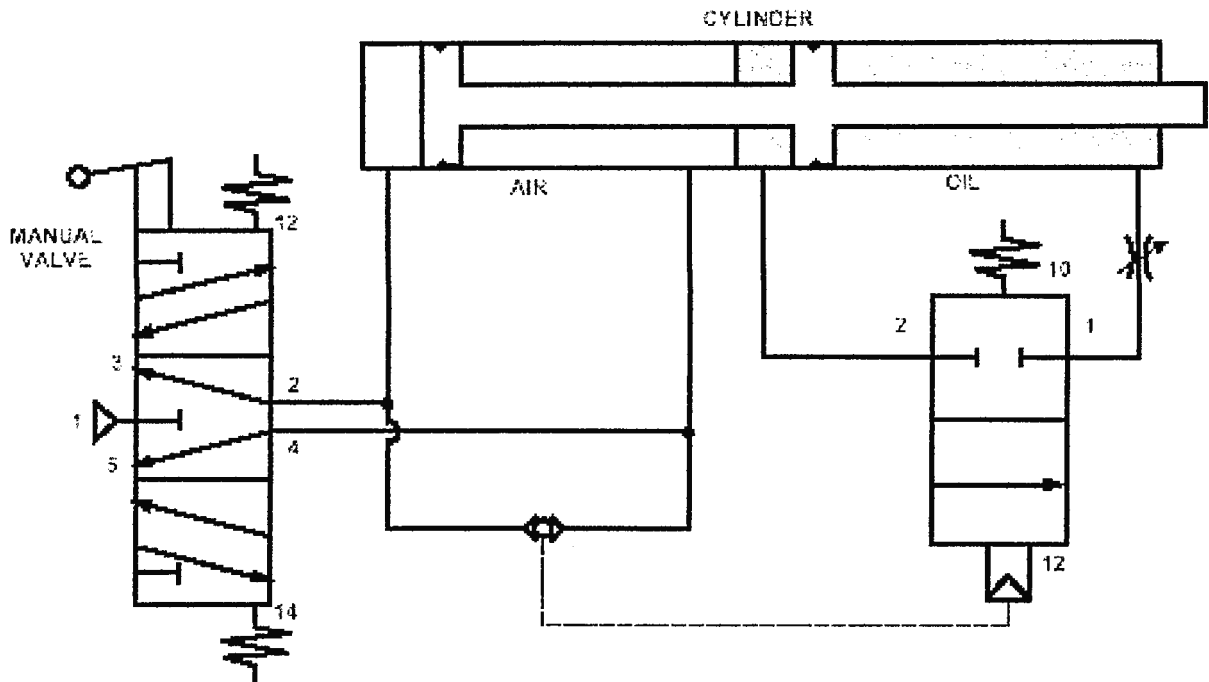
Traslado de control de un cilindro. (mostrado con una válvula de carrete)

Este circuito permite operar sólo un cilindro a la vez; sin embargo, mediante una válvula de 3 vías se logra cambiar el control de un cilindro hacia otro, sin afectar la posición de cada uno de ellos. Para cambiar la posición de los vástagos de los cilindros se hace uso de válvulas direccionales de 5 vías.



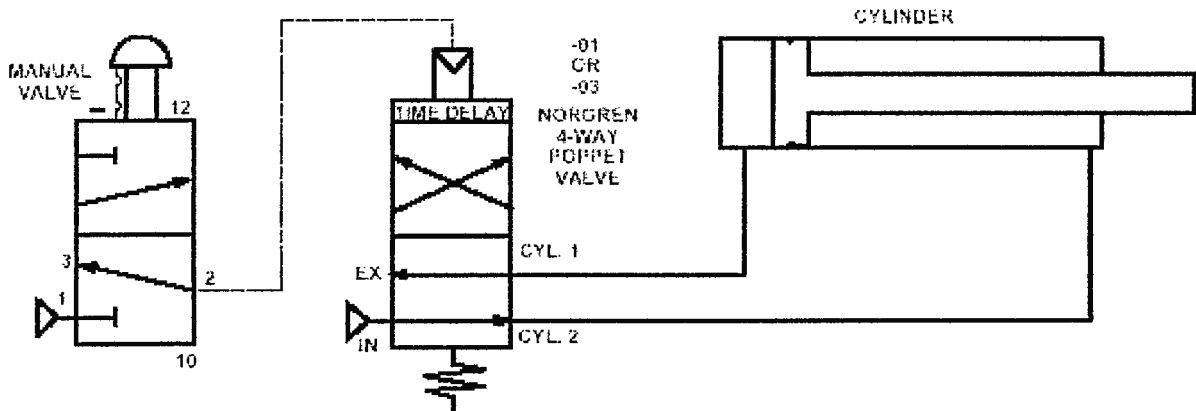
Accionamiento de un cilindro con dos recámaras (mostrado con válvulas de carrete)

En este circuito, una válvula direccional de tres posiciones permite controlar las direcciones de viaje del vástago del cilindro. Cuando la válvula direccional se coloca en posición neutra, el vástago del cilindro se mantendrá según la posición previa.



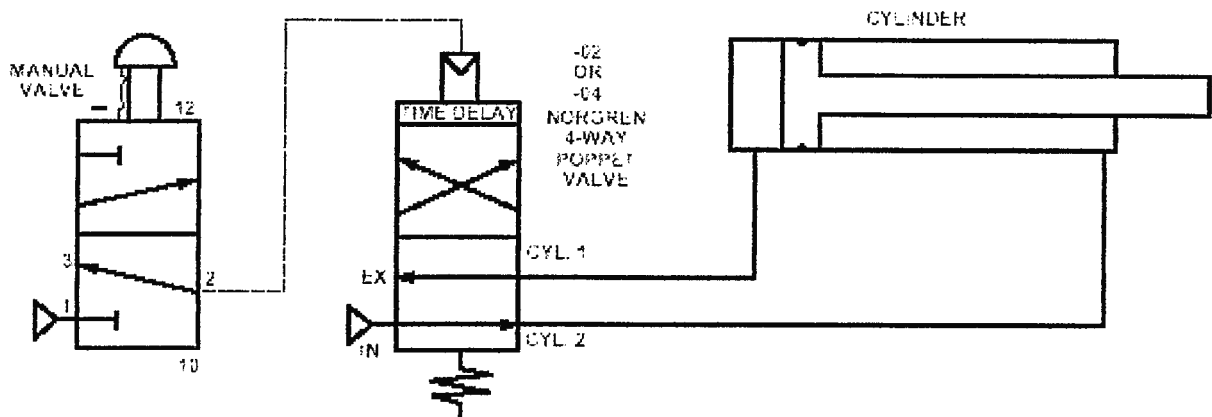
Retraso de tiempo en la extensión de un cilindro (mostrado con válvulas de asiento y de carrete)

Este circuito se logra haciendo uso de la válvula Norgren T.D.O. de la casa fabricante Norgren, la cual permite retrasar el tiempo para la salida del vástago del cilindro.



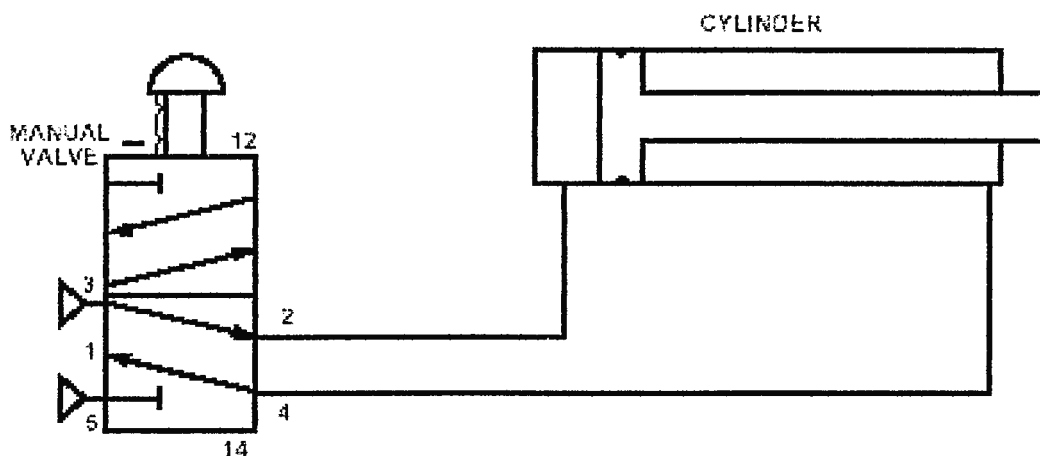
Retraso de tiempo en la retractsión de un cilindro (mostrado con válvulas de carrete y de asiento)

Este circuito se logra haciendo uso de la válvula Norgren T.D.R. de la casa fabricante Norgren, la cual permite retrasar el tiempo para que el vástago del cilindro retorne a su posición original luego que se ha desactivado la alimentación hacia éste.



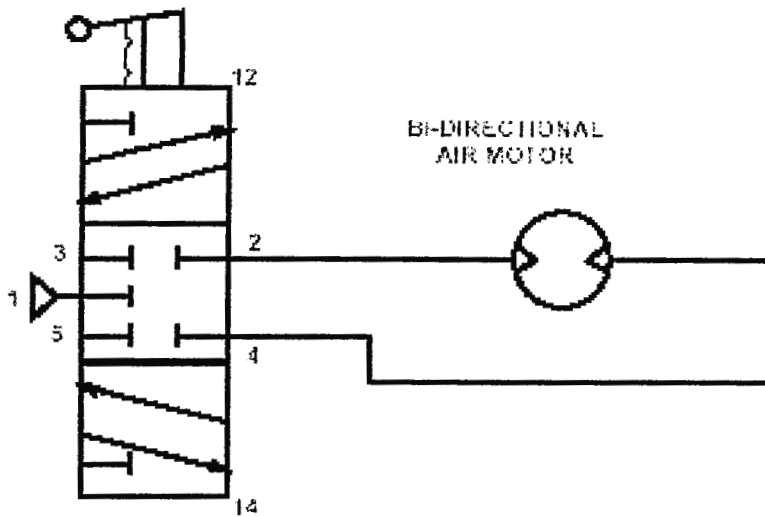
Sistema de doble presión (mostrado con una válvula de carrete)

Un sistema de este tipo se utiliza para poder controlar diferentes presiones para la entrada y salida del vástago del pistón. Nótese que el puerto de dreno sigue siendo común.

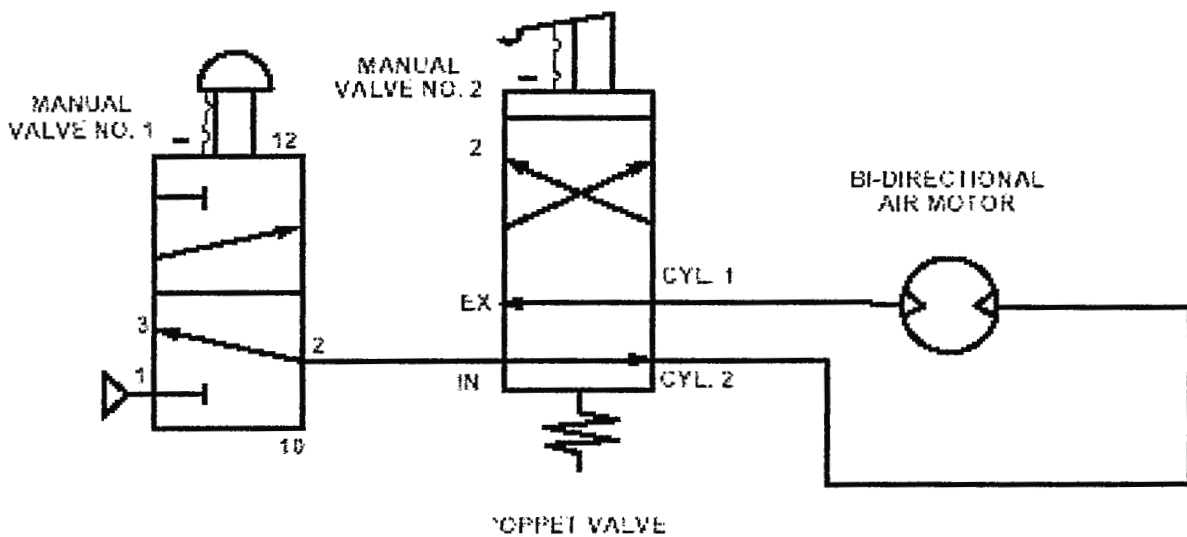


Control de un motor bidireccional (mostrado con válvulas de carrete)

Una válvula direccional de 5 vías es utilizada para poder controlar las dos direcciones de giro de un motor neumático bidireccional.



Si se utilizara una válvula de asiento sería necesario utilizar una segunda válvula.



Cilindro Flotador (mostrado con una válvula de carrete)

El cilindro puede hacerse flotar en cualquier posición de su viaje, al colocar la posición central de la válvula direccional en el momento que se desee.

