



II.1. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo especial de grado **“Desarrollo e Implementación de un Conjunto de Prácticas de Neumática y Electroneumática para ser realizadas en el Simulador del Laboratorio de Automatización”** tiene como basamentos teóricos los trabajos especiales de grado realizados en la Universidad de Carabobo en los últimos años, a través de los cuales se han estudiado los sistemas neumáticos y la aplicación de técnicas de control de sistemas discretos con fines pedagógicos. Entre los aportes más relevantes se tiene:

- El trabajo especial de grado titulado **“Diseño de un Laboratorio de Aplicación de un Autómata Programable a Procesos Electro-Neumáticos”** realizado por la Ingeniero Gladis Pérez en la Universidad de Carabobo en el año 2001, en el cual se plantea una guía teórica-práctica para la enseñanza de la aplicación del PLC como herramienta de control de sistemas neumáticos.
- El trabajo especial de grado titulado **“Desarrollo de un Sistema Multimedia Didáctico para la enseñanza de Neumática Básica”** realizado por los Ingenieros Guevara Jesús e Hidalgo Nelson en la Universidad de Carabobo en el año 2000, el cual es un programa interactivo donde el usuario puede informarse acerca de conceptos básicos de la neumática, así como el funcionamiento, simbología, etc., de los elementos neumáticos más utilizados en el ámbito industrial.

II.2. NEUMÁTICA INDUSTRIAL

El hombre durante su existencia ha usado muchas formas de energía para su beneficio, ha conseguido transformarlas y utilizarlas en un sinnúmero de trabajos y aplicaciones. En términos industriales, se cuenta hoy en día con una variedad de tecnologías que emplean estas formas de



CAPITULO II: Marco Teórico

energías para que la producción o el proceso de producción sean más eficientes, seguros y rentables. Siendo este último punto (la rentabilidad), el criterio que con más frecuencia determina cuál de las tecnologías es la más conveniente para una determinada aplicación.

Básicamente, en la industria moderna, en principio se cuenta con tres formas de energía para su operación: Energía eléctrica, energía hidráulica y energía neumática. La utilización de cualquiera de estas formas de energía obedece a un estudio preliminar de rentabilidad y a los requerimientos del proceso.

Desde hace mucho tiempo el hombre ha utilizado la neumática como una alternativa para realizar algún trabajo. Se conoce que el primero que se ocupó de la neumática como elemento de trabajo fue el griego KTESIBIOS, hace más de dos mil años, cuando construyó una catapulta de aire comprimido. El termino “neumática” proviene de la palabra griega “Pneuma”, que significa aire, viento y, en filosofía, alma. Pero, no fue sino hasta el siglo XIX que se empezaron a realizar investigaciones sistemáticas del comportamiento de los gases y sus propiedades, mientras que a mediados del siglo pasado (siglo XX), se iniciaron las aplicaciones en los procesos de fabricación en el ámbito industrial.

La aparición de la neumática en la industria se debió a una necesidad acuciante de automatización y racionalización de procesos de fabricación. Las operaciones que resultaban en faenas tortuosas y repetitivas para los operadores, se realizan ahora a través de la automatización neumática. Los grandes volúmenes de producción y calidad son resultados de esta racionalización de procesos. En la actualidad, ya no se concibe a la industria moderna desligada de procesos automatizados con neumática.

Incluso la industria artesanal se ve obligada a desarrollar métodos de producción racionales que parcialmente excluyan el trabajo manual o que no dependan de la habilidad humana. La *fuerza neumática* puede realizar muchas funciones de forma más regular, más rápida



CAPITULO II: Marco Teórico

y sobre todo, durante más tiempo, sin sufrir los efectos de la fatiga. Comparando el trabajo humano con el elemento neumático, se comprueba la inferioridad del primero en lo referente a capacidad de trabajo.

Si a esto se añade que los costos de trabajo están en la proporción aproximada de 1:50 (neumática: humana), quedan justificados los continuos esfuerzos de la industria, en la medida de los requerimientos, por reemplazar total o parcialmente al hombre por la máquina, en lo que actividades manuales se refiere. La tabla II.1 muestra las distintas relaciones de costos entre la energía eléctrica como referencia y las formas de energía hidráulica, neumática y fuerza humana.

Tabla II.1. Relación entre los costos de trabajo obtenidos por diferentes formas de energía (de DEPPERT, W y STOLL, K.; (1991), Aplicaciones de la Neumática. Barcelona, España, Marcombo, S.A., BOIXAREU Editores).

Eléctrica	Hidráulica	Neumática	Humana
1	4	10	500

Sin embargo, a pesar de que la energía neumática no es menos costosa que la energía eléctrica e hidráulica, se justifica su uso en aquellas aplicaciones o procesos donde otra tecnología es menos eficiente y de mayor costo.

II.2.1. Ventajas de la neumática

- **Abundancia:** El aire es un recurso que se encuentra en toda la atmósfera y por lo tanto es gratuito y abundante.
- **Transporte:** El aire comprimido es fácil de transportar por tuberías, aun a grandes distancias. No es necesario disponer de tuberías de retorno como es el caso de la hidráulica.



CAPITULO II: Marco Teórico

- **Almacenable:** El aire comprimido es fácilmente almacenable en depósitos y puede tomarse desde éstos para su uso. Esto implica que el generador de aire comprimido tiene periodos de descanso. Además, se puede transportar en recipientes.
- **Temperatura:** El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura; garantiza un trabajo seguro aún a altas temperaturas.
- **Seguridad:** El aire comprimido no alberga riesgos con relación a explosiones e incendios.
- **Composición de los elementos:** La concepción de los elementos de trabajo es simple y, por tanto, de bajo precio.
- **Velocidad:** Es un medio de trabajo muy rápido, permitiendo obtener velocidades de trabajo muy elevadas. Los tiempos de conmutación son cortos.
- **A prueba de sobrecargas:** Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden utilizarse hasta su parada completa, sin riesgo alguno de sobrecargas, siempre que no se exceda de los valores nominales.

II.2.2. Desventajas de la neumática

- **Acondicionamiento:** El aire debe acondicionarse antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad.
- **Temperatura:** Cuando hay gradientes de temperatura a lo largo del sistema neumático, existe el riesgo de producirse condensación.



CAPITULO II: Marco Teórico

- **Compresión:** En el caso de los cilindros, con el aire comprimido no es posible superar reacciones en el vástago superiores a la propia fuerza del cilindro, es decir, al producto de la presión y el área del émbolo.
- **Fuerza:** El aire comprimido es económico hasta ciertos niveles de fuerza, y está condicionado por la presión de servicio. Normalmente se encuentra que a presión de 700 kPa (7 bar), el límite de fuerza está entre los 20000 y 30000 Newton.
- **Escape:** El escape de aire produce ruido. No obstante este problema se puede solucionar por medio de silenciadores y materiales que atenúan el ruido.
- **Costos:** El aire comprimido es una fuente de energía relativamente costosa comparada con otras; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y buen rendimiento.

II.2.3. Conceptos básicos

II.2.3.1 Neumática

Se define como la parte de la física que trata de las propiedades mecánicas de los gases. También se entiende por neumática a la transmisión y control de fuerza y movimiento por medio del uso del aire comprimido y la depresión (vacío) para la operación de máquinas y herramientas.



II.2.3.2. Fluido

Se define como un cuerpo cuyas moléculas cambian con facilidad su posición relativa. Es toda sustancia que por falta de cohesión en sus moléculas, no tiene forma propia y por lo tanto adopta la forma del recipiente que lo contiene. Ejemplo: gases y líquidos.

II.2.3.3. Gases

Se definen como un fluido sin forma ni volumen propio, cuyas moléculas tienden a separarse una de otra y, a diferencia de los fluidos líquidos, los gases ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene y son compresibles.

II.2.3.4. Presión

Se define como fuerza por unidad de superficie, donde la fuerza en cuestión es perpendicular a dicha superficie:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Donde} \quad \begin{array}{l} P = \text{Presión} \\ F = \text{Fuerza} \\ A = \text{Área} \end{array}$$

La presión P, en un fluido en reposo y en un punto dado, es la misma en todas direcciones.

Las unidades con las cuales se expresa la presión se muestran en la tabla II.2.



Tabla II.2. Unidades de presión

Sistema	Unidades
Internacional	N / m^2 (Newton por metro cuadrado) $\frac{N}{m^2} = Pa$ (Pascal)
Técnico	Kgf / cm^2 (Kilogramo-fuerza por centímetro cuadrado) $\frac{Kgf}{cm^2} = bar$
Inglés	$Lbf / pulg^2$ (libras-fuerza por pulgadas al cuadrado). $\frac{Lbf}{pulg^2} = psi$

Para convertir de una unidad de presión a otra se tienen las siguientes equivalencias:

$$1 Pa = 10^{-5} bar$$

$$1 bar = 1.02 atm = 14,5 psi = 10 N/cm^2$$

II.2.3.5. Presión absoluta y relativa

Además de las unidades en que se expresa la presión, otro aspecto importante es el conocimiento de las distintas definiciones de presión, como son: presión absoluta, presión relativa, presión atmosférica y presión de vacío.

Cuando la presión se mide desde el vacío absoluto (zona de presión donde no existe interacción molecular) se le denomina **presión absoluta**. Cuando la presión se mide partiendo de la presión atmosférica, se le denomina **presión relativa**. La mayor parte de los manómetros y



CAPITULO II: Marco Teórico

vacuómetros leen la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica, es decir miden la presión relativa. La figura II.1 muestra las definiciones usadas en la medición de presión.

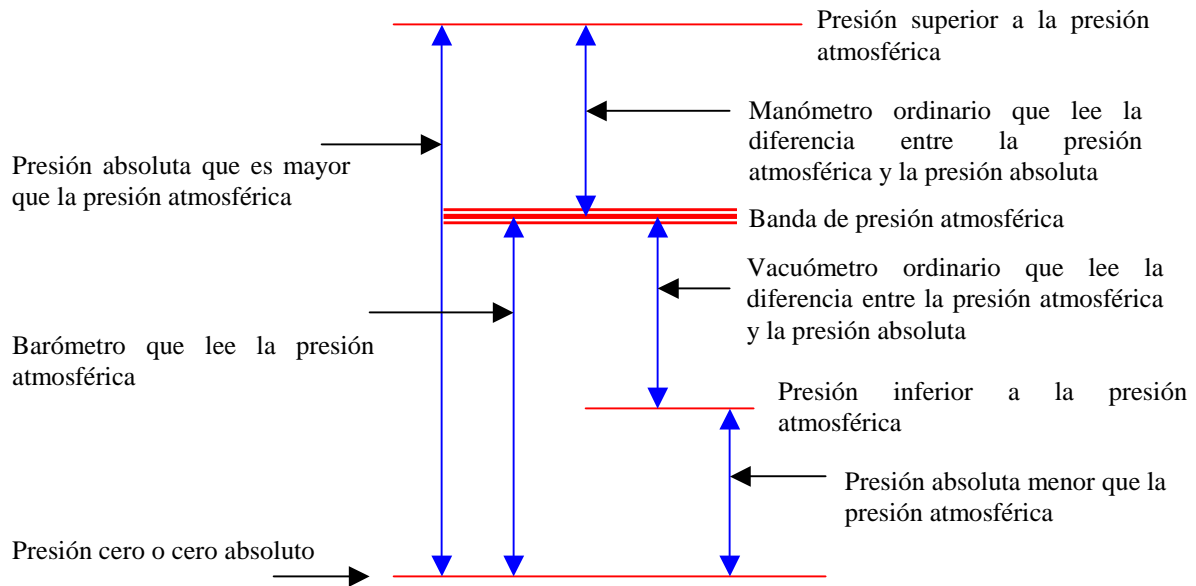


Figura II.1. Ilustración de los términos usados en la medición de la presión

Aunque, el estado por debajo del cero absoluto se conoce por vacío, en el ámbito industrial se consideran técnicas de vacío aquellas que utilizan el aire a presiones inmediatamente por debajo de la atmosférica.

II.2.3.6. Caudal

Es una medida de la cantidad de fluido que circula por una sección transversal de la tubería por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Donde} \quad Q = \text{Caudal}$$

V = Volumen

t = Tiempo

Las unidades son:



CAPITULO II: Marco Teórico

Sistema internacional: $\frac{l}{\text{min}}$ ó $\frac{m^3}{\text{min}}$ ó $\frac{m^3}{\text{Hr}}$

Sistema Inglés: $\frac{Ft^3}{\text{min}}$ ó $\frac{Gl}{\text{min}}$

Conversión: $1 \frac{l}{s} = 60 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{\text{min}} = 2.11888 \frac{ft^3}{\text{min}} = 15.8503 \frac{Gl(USA)}{\text{min}}$

II.2.3.7. Leyes de los Gases

Tal como se definió anteriormente, los gases, a diferencia de los fluidos líquidos, tienen la particularidad de poder ser compresibles y tienen la tendencia a dilatarse (expandirse). Las leyes que rigen estos comportamientos de los gases son:

Ley de los Gases Ideales: Esta ley permite relacionar la presión, volumen, temperatura y una masa m de un gas, a través de la siguiente ecuación:

$$PV = nRT = \frac{m}{M}RT = mR'T \quad \text{Donde}$$

- P:** presión absoluta
- V:** volumen que ocupa el gas
- m:** masa del gas
- M:** Peso molecular del gas
- R:** constante universal de los
- R':** constante de cada gas (R / M) gases
- n:** número de moles del gas
- T:** temperatura absoluta en °K

Ley de Boyle – Mariotte: A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante, a una determinada temperatura.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p \cdot V = \text{Constante} ; \text{ (a temperatura constante)}$$



CAPITULO II: Marco Teórico

Ley de Charles: Sí la presión permanece constante y la temperatura varía, el volumen que ocupa el gas variará. Si la temperatura aumenta, aumenta el volumen del gas y viceversa. Es decir, el volumen del gas es directamente proporcional a la temperatura, a presión constante.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T} = \text{Constante}; \text{ (a presión constante)}$$

Para que la ecuación tenga validez, las temperaturas tienen que venir expresadas en grados absolutos (°K).

Estas leyes establecen las propiedades de una sustancia gaseosa en un estado dado, es decir, no explican el proceso o la dinámica de cómo llegó esa sustancia a ese estado. No es materia de este trabajo estudiar la dinámica entre un estado a otro. También, es importante destacar que el aire comprimido es un gas **REAL**. Sin embargo, el aire a las temperaturas y presiones a las que se usa en aplicaciones industriales puede ser considerado como un gas perfecto ó ideal (se consideran como tales aquellos en los cuales se puedan despreciar las fuerzas intermoleculares), cometiendo un error máximo de un 3%.



II.2.4. Componentes de un sistema neumático

La figura II.2 muestra un sistema neumático y los elementos principales que puede tener.

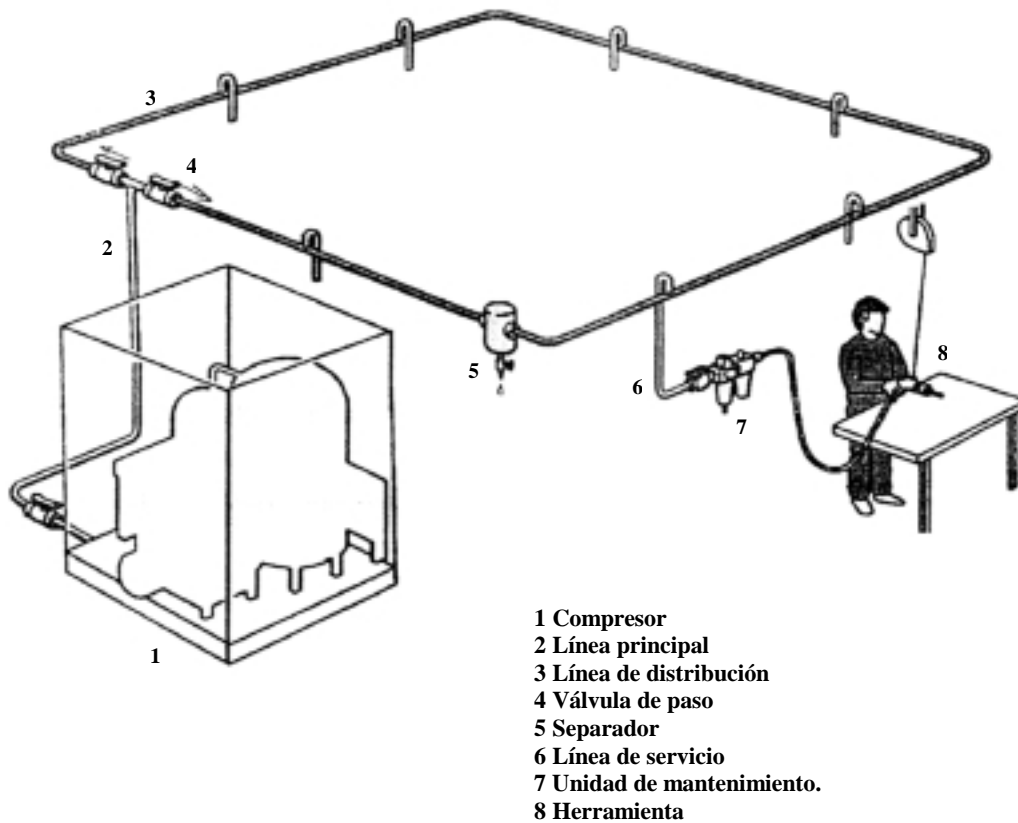


Figura II.2. Sistema neumático

Generalizando, en la mayoría de los sistemas neumáticos industriales se pueden distinguir los siguientes elementos:

- **Elementos generadores**
 - Compresores.



- **Elementos para el acondicionamiento del aire comprimido**
 - Filtros de succión.
 - Acumuladores.
 - Filtros de aceite.
 - Separadores.
 - Secadores.
 - Unidad de mantenimiento ó F.R.L. (Filtro, regulador y lubricador).

- **Elementos para la distribución**
 - Tuberías y accesorios.

- **Elementos distribuidores y reguladores de flujo neumático**
 - Válvulas distribuidoras y reguladoras.

- **Elementos consumidores**
 - Cilindros neumáticos.
 - Motores.
 - Ventosas.

A continuación se especificarán cada uno de estos elementos. También se incluirá su simbología, ya que por medio de ésta es posible la representación de diagramas neumáticos en el papel, al igual que los diagramas eléctricos e hidráulicos. Esta simbología obedece a la estandarización de la norma industrial DIN ISO 1219 “Símbolos de sistemas y equipos de la técnica de fluido”.

Se pueden encontrar otras simbologías no estandarizadas, creadas convenientemente por el especialista en el ramo para representar elementos neumáticos especiales, los cuales deben ser lo suficientemente explícitos para que puedan ser entendidos con facilidad por personas ajenas.



CAPITULO II: Marco Teórico

Es de tomar en cuenta que existen otra serie de normas o proyectos de normas acerca de construcción, prueba y composición de sistemas de mandos neumáticos como lo son:

- DIN 19226 Técnica de regulación y técnica de automatización, conceptos y denominaciones.
- DIN 19237 Medir, controlar, regular, técnica de automatización, concepto.
- DIN ISO 5599 Parte 1. Técnica de fluido, válvulas neumáticas de 5 vías, conexiones, generalidades.
- DIN VDE 0113 Parte 1. Instalaciones eléctricas de maquinas industriales, corresponde a EN 60204.

II.2.4.1. Elementos generadores

El aire en estado natural se encuentra a una presión inferior a la presión requerida por el sistema. Es necesario elevar la presión del aire y es aquí donde entran en acción los compresores.

El compresor es un dispositivo encargado de aspirar aire de la atmósfera y comprimirlo a presiones superiores. Es el elemento central de una instalación productiva de aire comprimido.

Su representación simbólica según DIN ISO 1219 se muestra en la figura II.3.

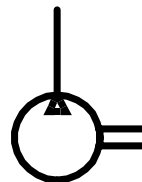


Figura II.3. Simbología del compresor



Existen muchos tipos de compresores y cada uno se debe utilizar según los requerimientos de la planta. En general, sobredimensionar o subdimensionar un elemento ocasiona costos adicionales.

II.2.4.1.1. Tipos de compresores

El tipo de compresor que se utilizará en un sistema neumático obedecerá a la calidad de aire comprimido, presiones de utilización y caudales máximos que se requieran para ese sistema.

Según las exigencias referentes a la presión, caudal y calidad de aire comprimido de suministro, se pueden emplear diversos tipos de compresores. Se distinguen dos tipos:

a) Compresores de desplazamiento positivo: Este tipo de compresor toma un volumen de aire a presión atmosférica y lo confina en un recipiente que, luego, por medio de una acción mecánica, ve reducido su volumen con lo que disminuye el volumen de aire y por lo tanto aumenta la presión de la masa gaseosa. De este tipo de compresores se tienen:

a.1) Compresores reciprocantes

a.1.1) de émbolo oscilante.

a.1.2) de membrana.

a.2) Compresores rotativos

a.2.1) multicelulares o de paletas deslizantes.

a.2.2) de tornillo rotativo.

a.2.3) de engranaje.



a.1.1) Compresores recíprocos de émbolo oscilante: Este tipo de compresor es el más usado. Básicamente está compuesto por un cilindro, dentro del cual el aire es comprimido por medio de un pistón que efectúa un movimiento recíproco en dirección axial. El aumento de presión se consigue mediante la reducción del volumen. La figura II.4 muestra este tipo de compresor.

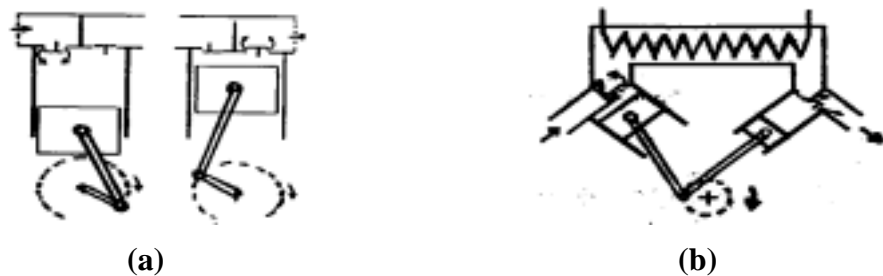


Figura II.4. Compresor de émbolo oscilante. a) Una etapa. b) Dos etapas

Con este tipo de compresor se pueden obtener altas, medias y bajas presiones. Para obtener el aire a presiones elevadas, se disponen varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa en la primera etapa; seguidamente se refrigera el aire para luego ser comprimido en la siguiente etapa. El volumen de la segunda cámara compresora es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo se genera una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema de refrigeración. Con este tipo de compresores se pueden obtener aire comprimido a presiones que van desde cuatro (4) bar hasta varios miles de bar.

Desventajas de este tipo de compresores son:

- El calor en el aire comprimido aumenta la posibilidad de crearse condensado.
- Permite el contacto del aire con el lubricante de sus partes internas. Este aceite no es deseable como componente del aire comprimido, ya que, en conjunto con el

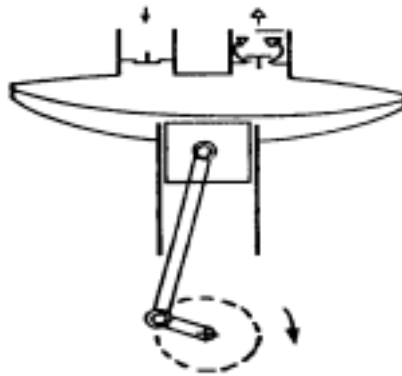


CAPITULO II: Marco Teórico

agua condensada y las partículas que puede contener el aire, podría producir una mezcla que deteriore los cuerpos de los demás elementos del sistema.

- Más partes móviles implican menor vida útil.
- Ruidosos.
- Presión de salida pulsante.
- Más accesorios para disminuir o eliminar los factores anteriores.

a.1.2) Compresores recíprocos de membrana: Una membrana separa el émbolo de la cámara de compresión; esta cámara de compresión tiene una entrada de aire cuyo flujo es controlado por una válvula antirretorno, como también una salida de aire que también tiene una válvula antirretorno que controla el flujo de aire de salida. Cuando se admite aire, la membrana y el émbolo se encuentran desplazándose hacia abajo como se muestra en la figura II.5. La válvula antirretorno de admisión permite la entrada de aire. Al revertirse el movimiento del émbolo, se cierra la válvula de admisión y se procede a comprimir el aire que luego es liberado por la válvula de salida. Una característica de este tipo de compresor es que el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite lubricante.



F_i

Esta particularidad de aire limpio lo hace apropiado para las industrias de alimentos, farmacéuticas y químicas.



CAPITULO II: Marco Teórico

a.2) Compresores rotativos: Consisten en un émbolo que está animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético.

Estos tipos de compresores adolecen de la misma desventaja de los compresores reciprocantes, en cuanto al contacto del aire con sus partes internas lubricadas. Sin embargo, pueden conseguir compresores secos, donde el roce entre sus partes se disminuye con materiales como teflón, pero son más costosos. Además, las superficies en contacto y en movimiento son mayores, por lo tanto se genera calor.

De este tipo de compresores se derivan:

- a.2.1) Compresor rotativo multicelular o de paletas deslizantes.
- a.2.2) Compresor de tornillo rotativo.
- a.2.3) Compresor de Engranaje.

a.2.1) Compresor rotativo multicelular o de paletas deslizantes: El eje de los compresores de células múltiples está excéntricamente situado en el interior de un cilindro (véase figura II.6). De este modo, se origina una cámara de compresión en forma de hoz. Esta cámara es comprimida contra el cilindro exterior, dividido en varias células, mediante correderas móviles situadas en el rotor. Cuando el rotor gira (en sentido horario), se aspira aire, que entra por las células de la izquierda, que se dilatan o amplían y es comprimido por las células de la derecha que se estrechan o contraen. Las ventajas más notables de este tipo son su marcha silenciosa y un suministro de aire casi exento de sacudidas y vibraciones. También tiene como ventaja las dimensiones reducidas. Los compresores de una etapa comprimen hasta cuatro (4) bar, en dos etapas de cuatro (4) se puede llegar a ocho (8) bar y los caudales suministrados pueden ser de hasta $1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

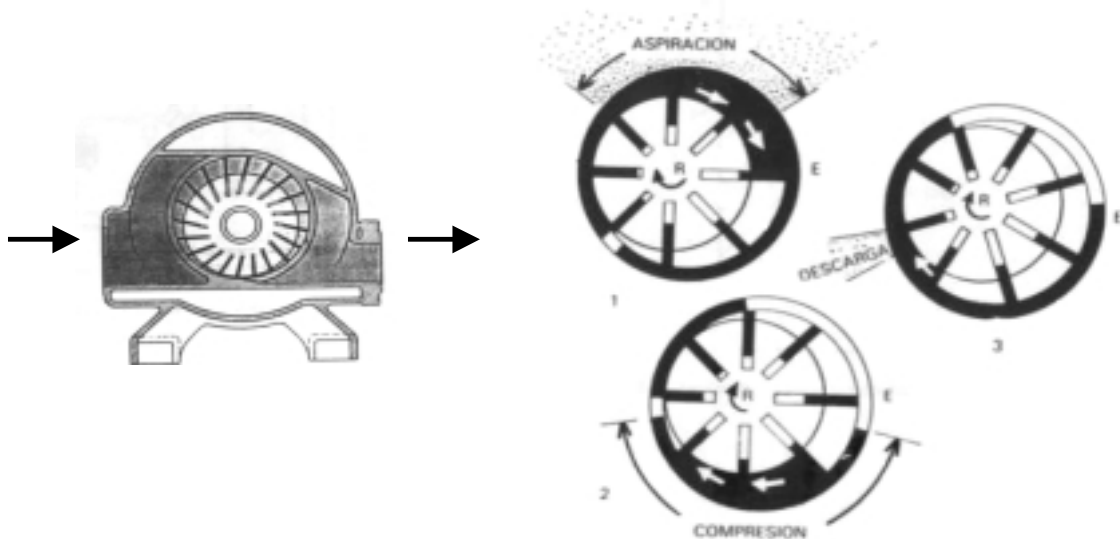


Figura II.6. Compresor rotativo multicelular

a.2.2) Compresor de tornillo rotativo: Dentro de este tipo de compresores se encuentra el compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes, el cual consiste de dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo, impulsando hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. La figura II.7 muestra el conjunto de tornillos de este compresor.



Figura II.7. Conjunto de tornillos de un compresor de tornillo rotativo



a.2.3) Compresor de engranaje: También recibe el nombre de compresor de doble impulso, de lóbulos rectos o compresor roto. En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea comprimido durante este recorrido. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos. La figura II.8 muestra este tipo de compresor.

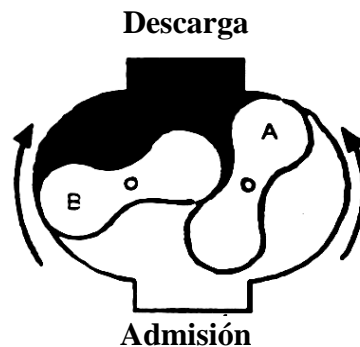


Figura II.8. Compresor de engranajes

b) Compresores de caudal continuo: Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos. Son máquinas rotativas en las cuales un impulsor en rápida rotación acelera el gas que pasa a través de éste; el cual es comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa. Son muy apropiados para grandes caudales, se fabrican de tipo radial y axial. La generación de calor es menor y el aire comprimido está libre de lubricante proveniente de las partes internas del compresor. Tampoco presentan pulsaciones de presión. Dentro de este tipo de compresor se pueden encontrar:

b.1) Compresor radial o centrífugo: Este tipo de compresor tiene un impulsor con aletas radiales. El gas es inducido a pasar a través del impulsor por acción de las aletas del rotor, las cuales giran rápidamente, impartiendo energía cinética al gas. La velocidad así generada se convierte en presión. Al mismo tiempo, se crea el vacío en el centro del rotor, aspirando el aire desde el exterior. (Véase figura II.9).

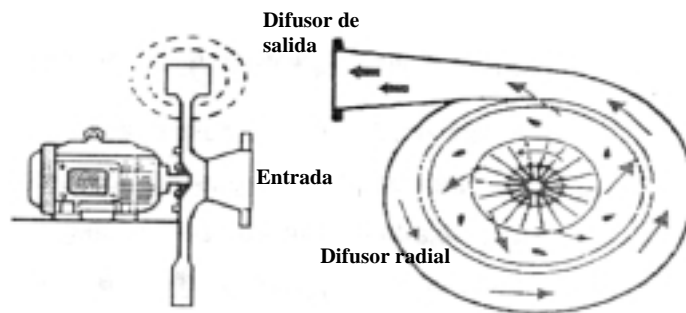


Figura II.9. Compresor centrífugo o radial

b.2) Compresor de flujo axial: Estos compresores se denominan turboaxiales o turbocompresores, porque el ángulo de inclinación de las aletas conducen el aire en un flujo lineal a lo largo del eje de rotación del rotor, al igual que una turbina. Consta de dos filas de aspas: una fila giratoria y la siguiente estacionaria. Las aspas del rotor imparten velocidad y presión a medida que el rotor gira; la velocidad se convierte en presión en las etapas estacionarias por expansión, de manera similar a como ocurre en los compresores radiales (véase figura II.10).

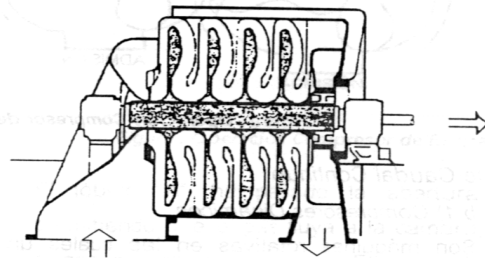


Figura II.10. Turbocompresor

II.2.4.1.2. Elección del compresor

Para seleccionar un compresor, lo primero que se debe conocer es el caudal y la presión de trabajo. El caudal se determina primeramente, verificando el consumo que se tiene: consumo continuo o consumo intermitente. Cuando se tiene consumo intermitente se debe multiplicar el valor de consumo por un factor o coeficiente variable.



CAPITULO II: Marco Teórico

A la suma de los consumos (continuos más intermitentes) se recomienda añadir un valor correspondiente aproximadamente igual a 5%, como compensación de las posibles pérdidas de la instalación de distribución. En prevención de las posibles conexiones de futuros aparatos se puede considerar un aumento de al menos 50%.

El otro dato de interés para la elección del compresor es la presión. Su valor se elige entre el más alto necesario para los usuarios y sumando la caída de presión prevista en la instalación (si es de valor sensible). La presión recomendable es de siete (7) bar. Un valor más alto implica mayor costo de adquisición del compresor y mayor consumo de energía eléctrica.

La elección de un compresor puede limitarse, para caudales pequeños y medianos, a los dos tipos más comunes: Alternativos y rotativos de paletas.

Otros factores a la hora de elegir un compresor son:

- El uso al que se va a destinar.
- Cómo y cuántos son los puntos de consumo.
- Máxima y mínima demanda de aire.
- Condiciones ambientales.
- Clase de edificaciones donde se va a instalar el compresor.

II.2.4.2. Elementos acondicionadores del aire comprimido

En esta parte se considerarán todos aquellos elementos que permiten obtener el aire comprimido con la calidad requerida para que el sistema neumático funcione adecuadamente y tenga una mayor vida útil. Las características deseadas del aire comprimido son: libre de aceite, de partículas y agua condensada, a la presión y temperatura requerida, con la lubricación



CAPITULO II: Marco Teórico

adecuada. La presencia de agua, aceite y partículas en el aire comprimido puede traer diversas consecuencias:

- Oxidación de la tubería y demás elementos.
- Altas temperaturas del aire a la salida del compresor.
- Sedimentación en las paredes internas de la tubería y equipos.
- Producción de ácidos con la mezcla del agua condensada con el aceite de los compresores y las demás partículas del aire. Este ácido corroe a los elementos neumáticos.
- Al establecerse el flujo de aire comprimido, las partículas de agua viajan a gran velocidad, y chocan contra las paredes internas de la tubería y demás elementos neumáticos, erosionando a éstas.

Entre los elementos acondicionadores se encuentran:

Filtros de succión: Estos filtros se utilizan dependiendo del grado de contaminación que tenga el aire que va a ser succionado por el compresor. Los ambientes en las distintas industrias varían y puede que sea necesario utilizar este elemento para eliminar las partículas que contaminan el aire. Se colocan en la entrada de admisión de aire del compresor.

Refrigeradores posteriores (After coolers): Bajan la temperatura del aire comprimido hasta niveles seguros de uso y extraen más del 70% del vapor de agua. De cualquier manera, el aire todavía está saturado. Un posterior descenso en la temperatura causará una condensación adicional que ocurrirá en las líneas.

Secadores: Los secadores de aire eliminan el vapor de agua y disminuyen el punto de rocío (es la temperatura, t , a la cual el aire comprimido llega al punto de saturación; esto es, el aire se convierte en aire saturado) del aire comprimido. Son más especializados para esta función



CAPITULO II: Marco Teórico

que los refrigeradores posteriores. Previenen la formación de agua líquida, pero no eliminan los demás contaminantes.

Acumuladores: Los acumuladores se utilizan dentro de un sistema neumático para solucionar los siguientes aspectos:

- Es una manera de almacenar aire comprimido, por lo tanto no se tendrá el compresor funcionando continuamente. El compresor funcionará cuando la presión dentro del acumulador sea menor que un valor predeterminado. Al llenarse el reservorio de aire a la presión deseada, el compresor puede dejar de funcionar, por lo tanto, no se tiene el compresor constantemente encendido.
- Se eliminan los pulsos u oscilaciones de presión. Estas oscilaciones pueden ser producidas, por ejemplo, en los compresores recíprocos.
- En caso de falla del compresor, se puede tener todavía aire comprimido en el acumulador.

La figura II.11 muestra estos acumuladores y su simbología. En este elemento también se condensa la humedad y es desalojada por medio de una válvula ubicada en la parte baja del reservorio. El accionamiento de esta válvula puede ser manual o automático. El tamaño del reservorio viene dado por los requerimientos de caudal y presión deseados aguas abajo. Algunos acumuladores vienen con manómetros y termómetros, que pueden ser variables de interés según la capacidad del acumulador.

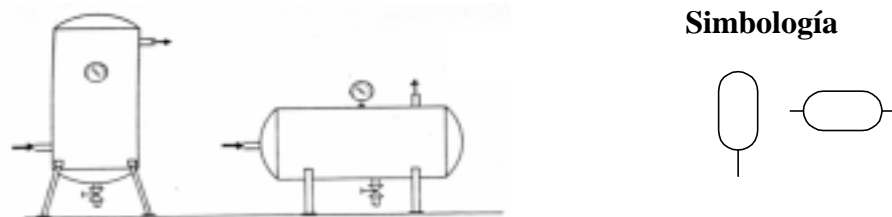


Figura II.11. Acumuladores



CAPITULO II: Marco Teórico

Separadores y filtros: Eliminan el agua líquida, contaminantes sólidos y gaseosos que afectan el sistema de aire en las líneas. Están distribuidos en casi toda la red neumática.

Drenajes: Descargan el agua y contaminantes líquidos acumulados desde varios puntos a través de todo el sistema de aire.

Elemento para la preparación del aire en el punto de utilización (Unidad de mantenimiento ó F.R.L): Después de comprimir el aire, transportarlo a través de las tuberías, eliminarle los contaminantes y la humedad, es necesario emplear una unidad de mantenimiento ó F.R.L. (unidad de filtro, regulador y lubricador) en el punto de utilización, para que la calidad del aire sea idónea. El aire debe tener las cualidades de estar libre de impurezas, sin humedad, con cierta lubricación y a la presión requerida. Con estas cualidades se logra que los equipos neumáticos (válvulas, cilindros, motores) tengan mayor vida útil. Las partículas en el aire pueden causar daños en los sellos y cuerpos de estos equipos. La humedad y el agua condensada en el sistema traen como consecuencia:

- Riesgo de oxidación y de proliferación de partículas de óxido de las tuberías.
- Mayor riesgo de erosión, ya que estas pequeñas gotas chocan contra el cuerpo de las tuberías y equipos cuando se establece el flujo, erosionando sus partes y disminuyendo también la vida útil. Además está decir, que se puede producir óxido, ácido y sedimentación por la presencia del agua.

Los equipos, que por lo general son de uso continuo necesitan de cierta lubricación. Este aceite es distinto al que utiliza el compresor y tiene la característica de ser poco viscoso, siendo el caso ideal el aceite 3M.

El aire comprimido se distribuye a alta presión hasta que llega al punto de servicio, donde es necesario reducir la presión al valor requerido por los equipos.



CAPITULO II: Marco Teórico

En conjunto, se conoce como unidad de mantenimiento ó F.R.L., a un equipo que consiste, como las siglas lo indican, en un filtro, un regulador y un elemento lubricador. Su función es precisamente eliminar impurezas o partículas, regular la presión al valor requerido y lubricar con el aceite adecuado a partir del punto de utilización. La figura II.12 muestra la presentación más utilizada por los fabricantes.



Figura II.12. Unidad de mantenimiento ó F.R.L.

Se pueden conseguir unidades de mantenimiento donde falta por ejemplo el lubricador y sin embargo continúa con la misma denominación de unidad de mantenimiento. Las dimensiones de estos elementos están ligadas al caudal y a la presión, tanto de entrada como de salida. A continuación se detalla cada parte del F.R.L.:

Filtro: Con este elemento se eliminan las impurezas y el condensado en el aire comprimido aún remanentes en el sistema. Existe una variedad de filtros en el mercado, pero el más utilizado es el mostrado en la figura II.13. Tal como se muestra en esta figura, el aire entra al filtro, para luego pasar por unos álabes, cuya función es hacer que esta masa de aire adopte un movimiento giratorio que provoque que las partículas pesadas (impurezas y agua condensada), por acción de la fuerza centrífuga, se separen del aire al chocar con las paredes de recipiente del filtro, depositándose en el fondo de éste.

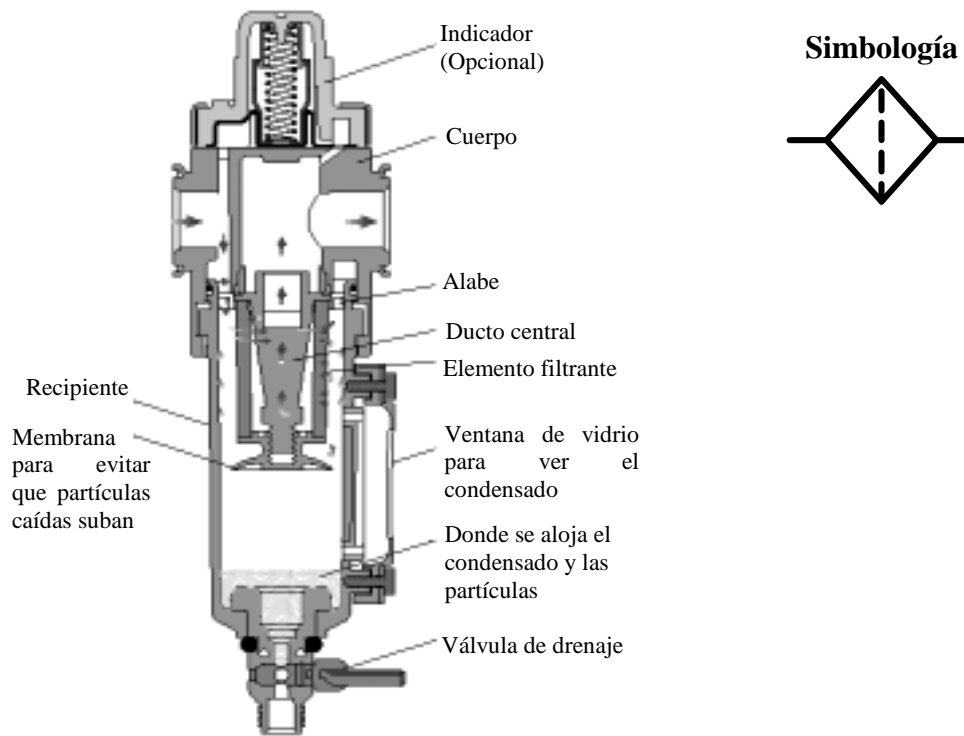
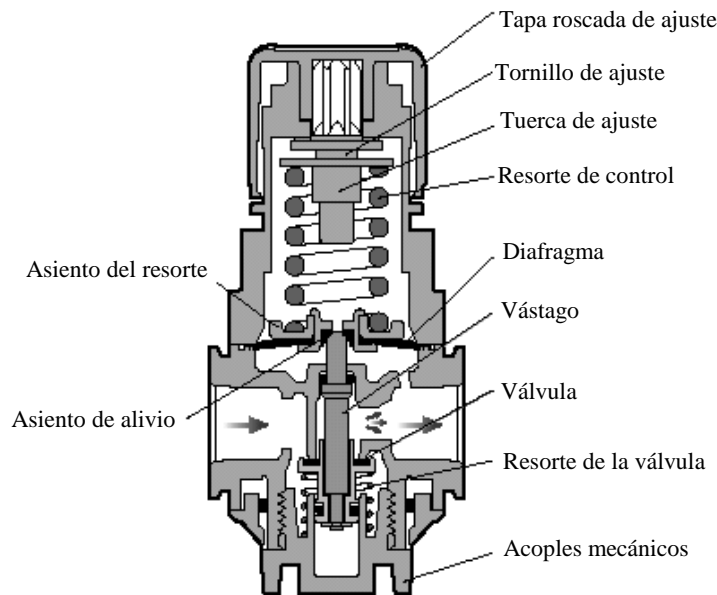


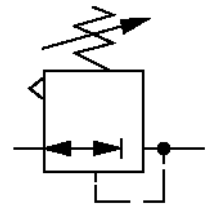
Figura II.13. Filtro

El condensado junto con las partículas es desalojado manual o automáticamente por medio de la válvula de drenaje. Luego, el aire debe pasar por el elemento filtrante, el cual consiste de un cilindro hueco formado por películas de algún material filtrante, para atrapar las partículas más pequeñas. Cuando el aire ya ha pasado por el elemento filtrante tiene las características de estar libre de impurezas y de humedad.

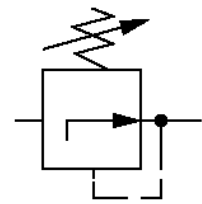
Regulador: La figura II.14 muestra este elemento. El aire comprimido ya se encuentra con las necesarias características de pureza y libre de humedad, pero a presión superior a la requerida por los equipos, debido a que, para la distribución se utiliza una presión elevada. Es necesario bajar la presión y tratar de mantenerla al valor deseado. Para esto se emplea, como su nombre lo indica, un regulador automático de presión.



Simbología



Regulable con escape



Regulable sin escape

Figura II.14. Regulador

Lubricador: Los elementos neumáticos son por lo general elementos mecánicos donde se presenta la fuerza de roce. Si este roce no se disminuye, acortará la vida útil del elemento, y es por ello que se coloca la unidad lubricadora. Este elemento consta de un recipiente que contiene el aceite de lubricación el cual, por medio de una vena, se aspira hacia la tubería que transporta el aire comprimido. El proceso de aspiración es una aplicación del efecto del tubo de Venturi, donde, dependiendo del flujo establecido, se verterá cierta cantidad de aceite, la cual se ajusta por medio de un tornillo. Si se tiene un visor o ventana se puede observar el número de gotas. En la figura II.15 se muestra un prototipo de un lubricador y su simbología.



CAPITULO II: Marco Teórico

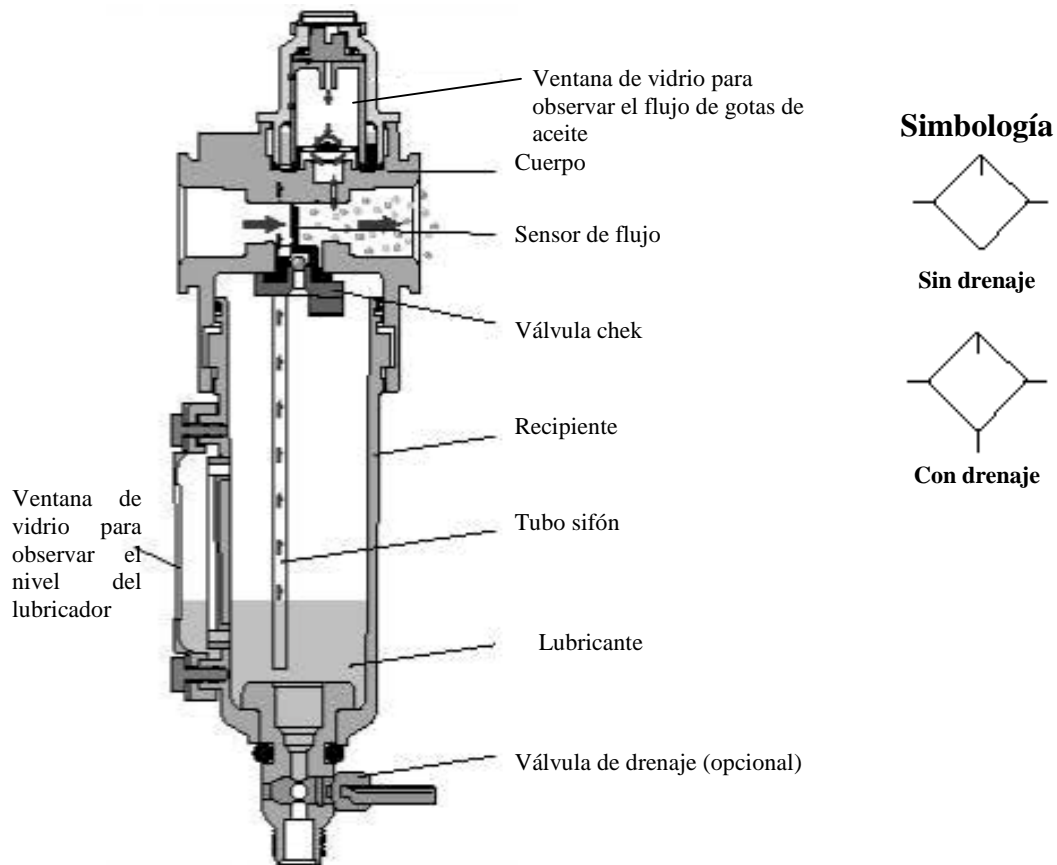


Figura II.15. Lubricador

Otra simbología de amplio uso en los circuitos neumáticos es el punto de abastecimiento, cuya representación se muestra en la figura II.16. Es una manera de representar el F.R.L., sin necesidad de dibujar cada elemento por separado.

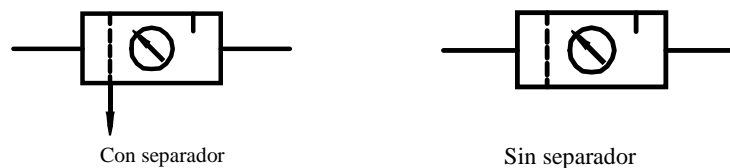


Figura II.16. Punto de abastecimiento



CAPITULO II: Marco Teórico

La toma de presión o presión de utilización se representa con el símbolo mostrado en la figura II.17 y se entiende que es el aire con la presión deseada, seco y sin impurezas.



Figura II.17. Símbolo de toma de aire a presión

La contraparte de este último símbolo se denomina escape de aire a la atmósfera y se representa como se muestra en la figura II.18.



Figura II.18. Símbolo de escape de aire a la atmósfera

El escape de aire puede estar en el mismo elemento o producirse alejado de éste, por medio de tuberías. Este último criterio puede tomarse en cuenta durante el diseño según los requerimientos del proceso.



II.2.4.3. Elementos para la distribución del aire comprimido

Para distribuir o transmitir el aire comprimido en el sistema se necesita de tuberías y válvulas. Para determinar el diámetro de la tubería es necesario conocer:

- El caudal requerido.
- La pérdida admisible de presión.
- Conocer los elementos que tiene la red (válvulas, codos, piezas T, etc.).
- Presión de servicio.

En la práctica, para determinar el diámetro de la tubería se pueden diferenciar dos métodos:

Analítico: El cual toma en consideración las pérdidas de carga en los distintos ramales de la red. Se caracteriza por ser muy largo y engorroso.

Gráfico: Es más simple y práctico. En este se utiliza un nomograma como el mostrado en la figura II.19, donde se representan todas las magnitudes mencionadas anteriormente para el cálculo. A continuación se detalla este último método.

En una primera etapa, para determinar el calibre de una sección de la tubería usando el nomograma de la figura II.19 se une la línea A (longitud de la tubería) con la línea B (caudal). Luego se prolonga esta línea hasta intersectar la línea C (eje 1). Se une la línea E (presión) con este último punto de intersección. En la línea F (eje 2) se obtiene otra intersección con esta última línea. Se une los puntos en los ejes 1 y 2. Esta línea corta la línea D (diámetro nominal de la tubería) en un punto que proporciona el diámetro de la tubería (diámetro preliminar).

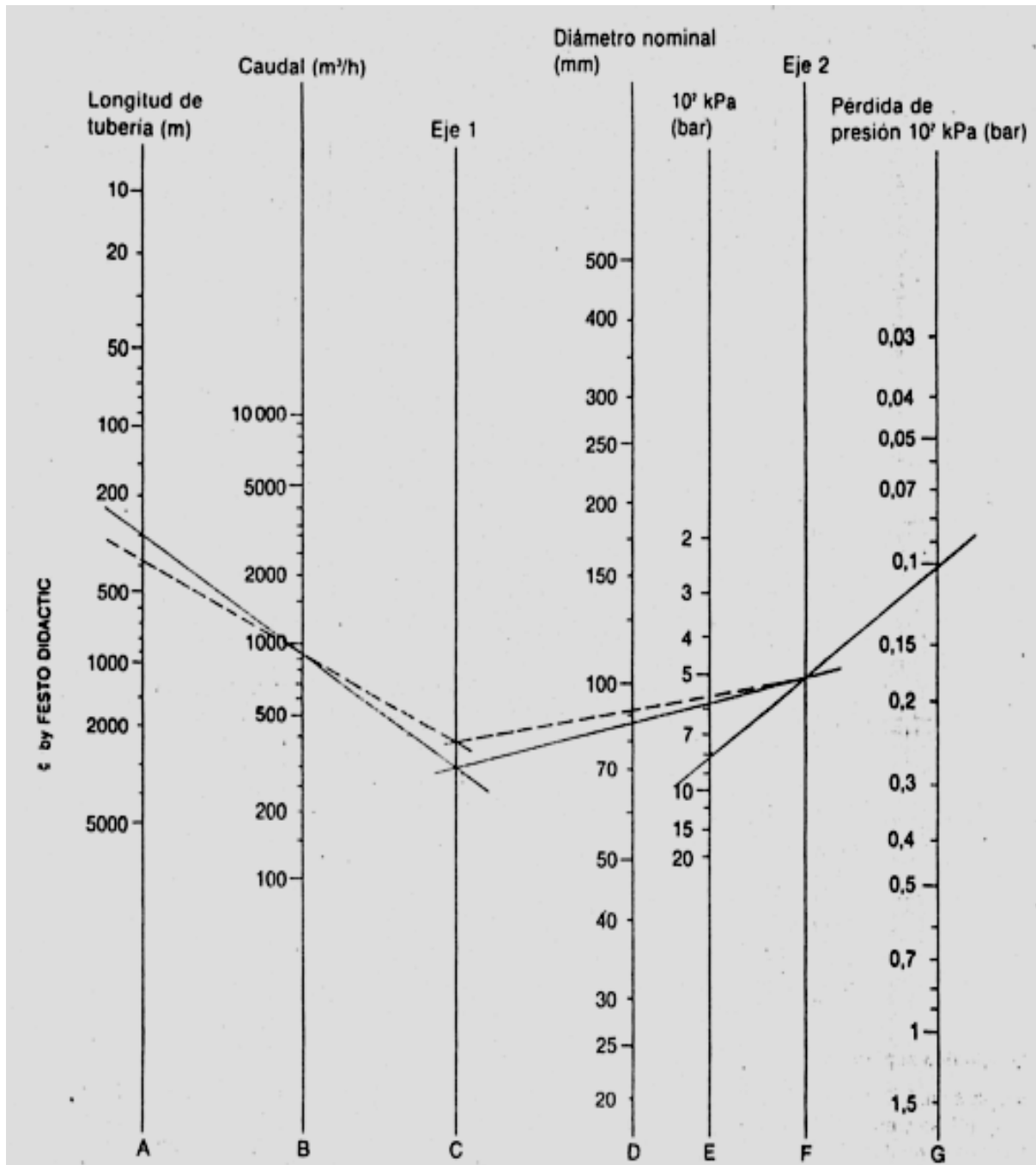


Figura II.19. Nomograma para determinar el diámetro de tuberías
 (de CROSER, P. ;(1991), *Iniciación a la Neumática, (Nivel Básico), FESTO DIDACTIC*)



CAPITULO II: Marco Teórico

Este valor debe sincerarse porque existen estrangulamientos (codos, válvulas, etc.). Para lograr esto se utiliza una gráfica como la mostrada en la figura II.20.

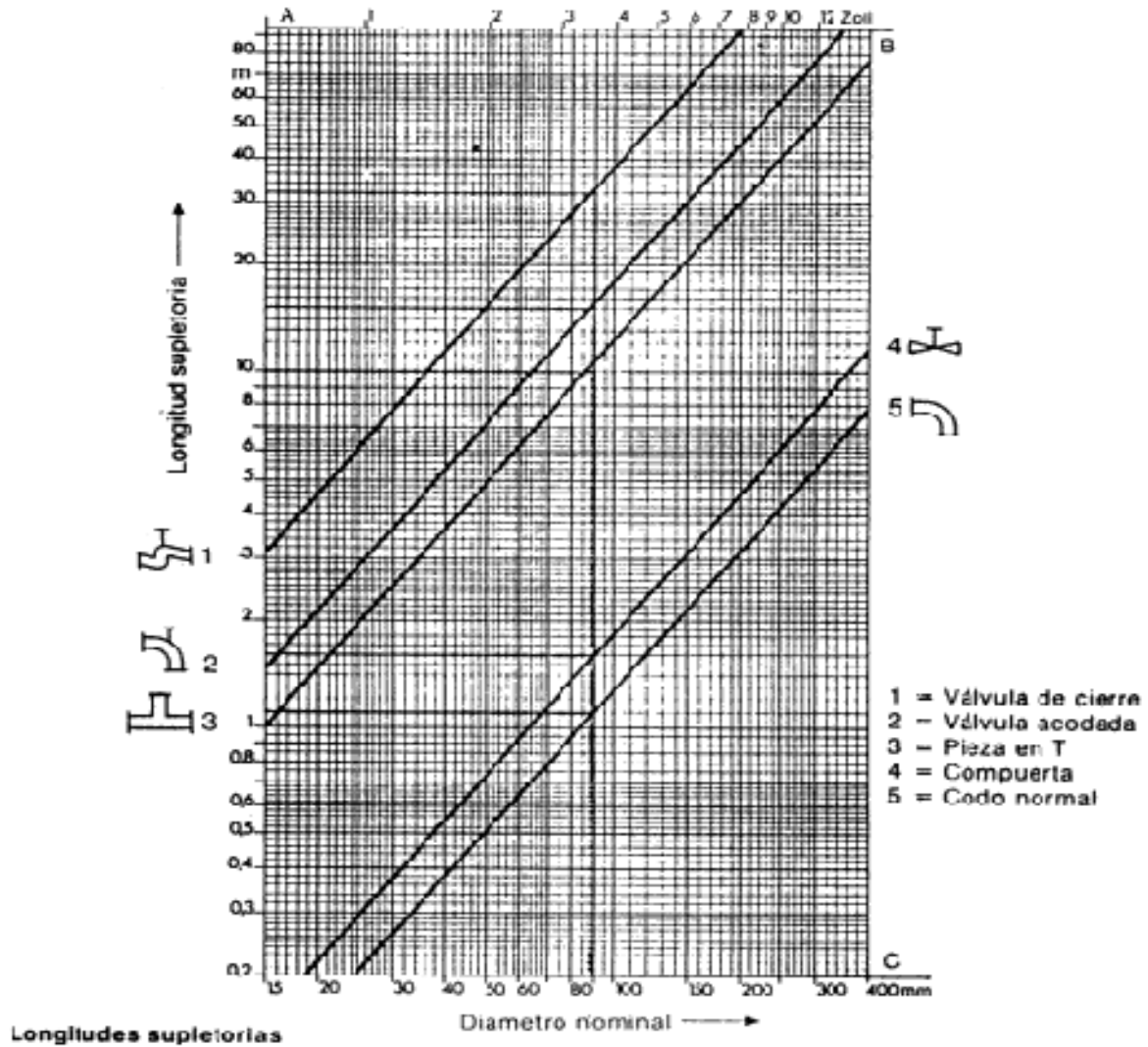


Figura II.20. Gráfico para sincerar los cálculos en la determinación del diámetro de tuberías (de CROSER, P. ;(1991), Iniciación a la Neumática, (Nivel Básico), FESTO DIDACTIC).



CAPITULO II: Marco Teórico

Con el valor del diámetro encontrado en la primera etapa del cálculo, se determinan las longitudes complementarias para cada tipo de estrangulamiento con la gráfica de la figura II.20.

Para un tipo de estrangulamiento en particular, se determinan la longitud equivalente multiplicando el valor obtenido a partir de la figura II.20, por la cantidad de ese tipo de estrangulamiento.

Se suman los resultados de todas las longitudes equivalentes al valor de la longitud de tubería. Se vuelve a realizar la iteración con el nomograma de la figura II.19 pero ahora con la longitud total y se obtiene así el verdadero diámetro de la tubería.

Otro aspecto acerca de las tuberías es el tendido. Debe cuidarse que el mismo tenga una inclinación de 1 a 2%, en el sentido de la corriente. Las tomas de aire comprimido deben hacerse por la parte superior del tubo para evitar así el condensado. En la parte inferior se dispone de tuberías para drenar el agua condensada por medio de un separador. La figura II.21 muestra la disposición anteriormente explicada.

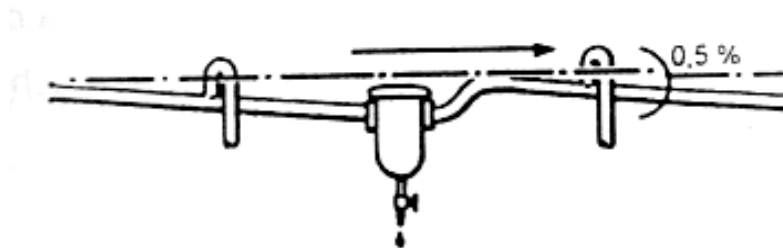


Figura II.21 Grado de inclinación de la tubería y disposición de un separador y toma

Entre la topología de redes neumáticas se pueden encontrar varios tipos de esquemas:



Red abierta: Esta topología de red neumática mostrada en la figura II.22, es análoga a la red radial eléctrica. Cada línea de suministro es independiente de otra línea de suministro, solamente tienen en común la alimentación o la línea de presión principal.

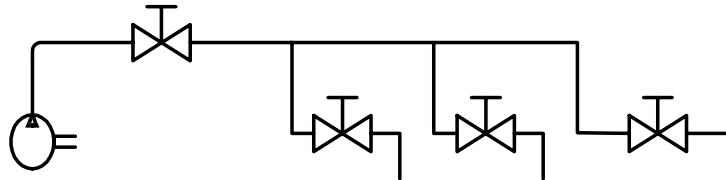


Figura II.22. Red abierta o radial

Red cerrada: Utilizada en la mayoría de los circuitos, con este montaje se logra una alimentación uniforme cuando el consumo es alto ya que el aire puede pasar en dos direcciones. La figura II.23 muestra un ejemplo de este tipo de red

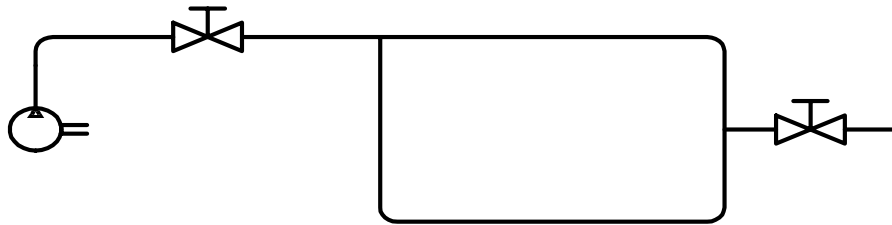


Figura II.23. Red cerrada

Red cerrada con interconexiones: La figura II.24 muestra este tipo de topología. Ciertas tuberías de aire pueden ser bloqueadas mediante válvulas de cierre rápido si no se necesitan, ya sea por mantenimiento o para comprobar la falta de estanqueidad.

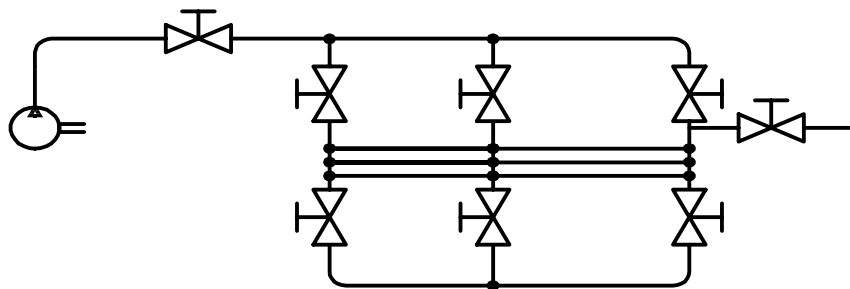


Figura II.24. Red cerrada con interconexiones



CAPITULO II: Marco Teórico

Materiales de las tuberías: Otro aspecto importante es el material de la tubería. Se utilizan distintos materiales: cobre, latón, acero fino, tubo de acero negro, tubo de acero galvanizado, plástico.

Racores: Estos accesorios permiten la conexión de tuberías de manera fácil y rápida. Se pueden encontrar de tres tipos:

- **Racores para tubos:** Son aplicables para tubos de acero y cobre. De este tipo se pueden encontrar:

Racores de anillo cortante: Su característica principal es que el empalme puede soltarse y unirse rápidamente (ver figura II.25).

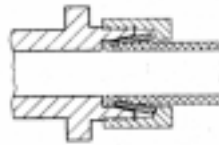


Figura II.25. Racor de anillo cortante

Racor con anillo de sujeción: Para tubos de acero y cobre, con anillo interior especial (bicono) también para tubos de plástico (ver figuras II.26, 27 y 28).

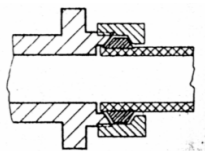


Figura II.26. Racor con anillo de sujeción

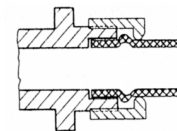


Figura II.27. Racor con borde recalcado

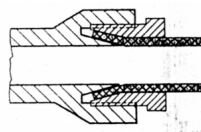


Figura II.28. Racor especial con reborde



CAPITULO II: Marco Teórico

- **Acoplamientos:** Estos elementos permiten, como su nombre lo indica, acoplar una tubería de un diámetro dado con otra tubería de distinto diámetro. Las figuras II.29 y II.30 muestran un modelo de este tipo de racor.

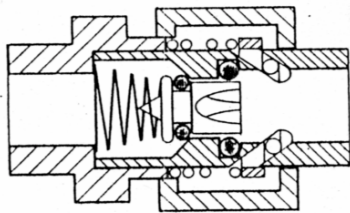


Figura II.29. Base de enchufe rápido

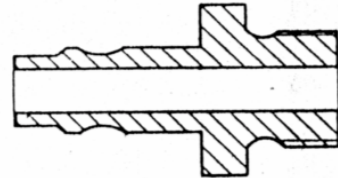


Figura II.30. Racor de enchufe rápido

- **Racores para tubos flexibles:** Con este tipo de racor se consigue una conexión rápida de la tubería flexible. La figura II.31, 32 y 33 muestra estos tipos de racores.

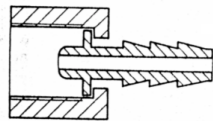


Figura II.31. Boquilla con tuerca de racor

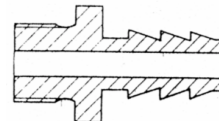


Figura II.32. Boquilla

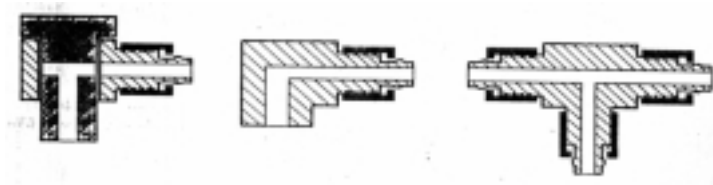


Figura II.33. Racores de conexión rápida para tubería de plástico



Simbología para tuberías

La figura II.34 muestra la simbología utilizada para representar tuberías y racores.

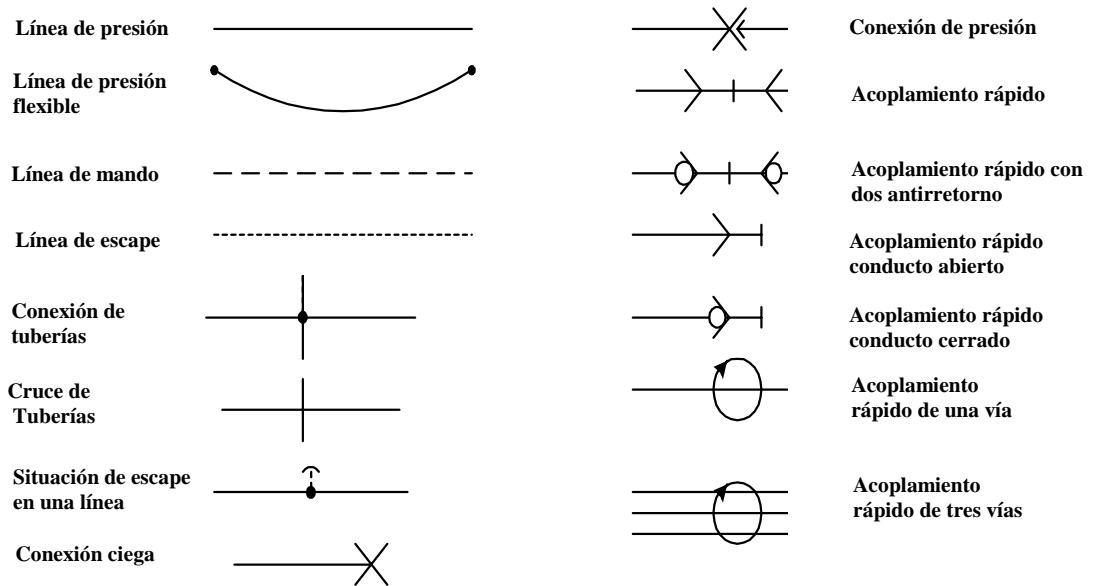


Figura II.34. Simbología para tuberías

No se debe confundir la línea de agrupación de elementos mostrada en la figura II.35 con una tubería. Esta línea segmentada con puntos alternados indica que el elemento viene en un solo empaque y contiene todos los elementos que están en el interior del cuadro formado por este tipo de línea.



Figura II.35. Línea de agrupación



II.2.4.4. Elementos distribuidores y reguladores de flujo neumático

Estos elementos tienen la finalidad de controlar el flujo del aire comprimido.

II.2.4.4.1. Válvulas

Según la norma DIN 24300, la definición de válvula es:

<<Válvulas son dispositivos para controlar o regular el arranque, parada y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por una bomba hidráulica, un compresor, una bomba de vacío o acumulador en un depósito>> (de *DEPPERT, W y STOLL, K.; (1991), Dispositivos Neumáticos, (Introducción Y Fundamentos). Barcelona, España, Marcombo, S.A., BOIXAREU Editores*).

Una válvula neumática es aquella que controla o regula el flujo neumático. La forma de construcción de una válvula es de una significación secundaria dentro de un equipo neumático; en el sólo importa la función que puede obtenerse de ella, la forma de accionamiento y el tamaño de la rosca de conexión.

Para un mejor entendimiento se presentarán los distintos tipos de válvulas en el siguiente orden:

- Válvulas distribuidoras.
- Válvulas de antirretorno.
- Válvulas AND y OR.
- Válvulas de escape rápido.
- Válvulas reguladoras de flujo o de velocidad.



CAPITULO II: Marco Teórico

- Válvulas temporizadas.
- Válvulas secuenciales.
- Válvulas reguladoras de presión.

II.2.4.4.1.1. Válvulas distribuidoras o de vías

Las válvulas distribuidoras tienen la función de controlar el paso del aire a presión. Como la representación esquemática de estas válvulas está íntimamente ligada a su funcionamiento, a continuación se dará los pormenores según la norma DIN ISO 1219.

Las válvulas distribuidoras tienen posiciones o estados y cada posición se representa por medio de un cuadro, como se muestra en la figura II.36.

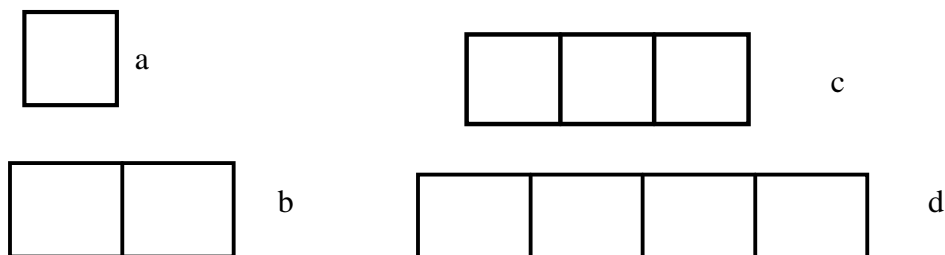


Figura II.36. Representación de las posiciones: (a) Válvula de una posición; (b) de dos posiciones; (c) de tres posiciones; (d) de cuatro posiciones

A las salidas y a las entradas de las válvulas se le denominan **vías** y el sentido del flujo de aire entre una entrada y una salida se simboliza por medio de una flecha. Cuando una entrada o salida está cerrada o bloqueada se simboliza con dos líneas en forma de “T”. Como ejemplo se muestra en la figura II.37 una válvula de dos posiciones y tres vías.

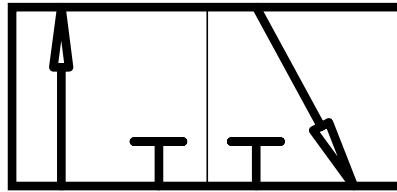


Figura II.37. Válvula de dos posiciones – tres vías

Esta válvula se dice que tiene dos entradas, una salida y dos posiciones. Las entradas se identifican por estar ubicadas en el lado del símbolo que tiene más vías. Comúnmente se especifican las válvulas distribuidoras con la nomenclatura (*Numero de vías*) / (*Posiciones*), es decir, esta válvula es una válvula 3/2.

Estas válvulas **no controlan el caudal**, solamente determinan el paso de aire en un sentido u otro en una vía, así como también la retención de aire en una vía.

Otro detalle es cómo se especifican las vías en la válvula. Existen dos maneras de especificar las vías según:

- Por números (Normas DIN ISO 5599)
- Por letras

En la tabla II.3 se muestran ambos métodos:

Tabla II.3. Nomenclatura de las vías

Conexión de las vías	DIN ISO 5999	Letras
Conexión de aire a presión	1	P
Escape de aire	3 y 5	S y R
Salidas	2 y 4	A y B



CAPITULO II: Marco Teórico

El fabricante de la válvula escoge cuál nomenclatura, en cuanto a las vías, va a utilizar. Como ejemplo se muestra en la figura II.38 una válvula distribuidora 5/3 (cinco vías, tres posiciones) indicándose las vías.

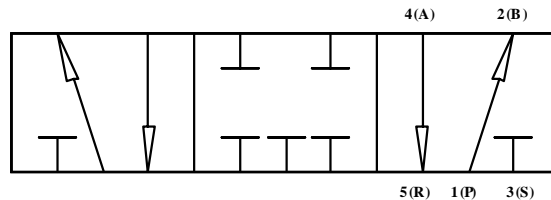


Figura II.38. Identificación de las vías

Se puede notar en la figura II.38, que solamente se coloca el nombre de las vías en una posición de la válvula, no tiene sentido colocarlo en todas las demás posiciones, ya que las vías son las mismas. La posición seleccionada para colocar la nomenclatura es aquella donde en el esquema se encuentra activa la válvula. Por ejemplo, si en la válvula de la figura II.38, la posición activa fuera la posición central, se deben colocar las nomenclaturas de las vías en esa posición y no en otra. También, las conexiones de tuberías se colocan en la posición activa, tal como se muestra en la figura II.39.

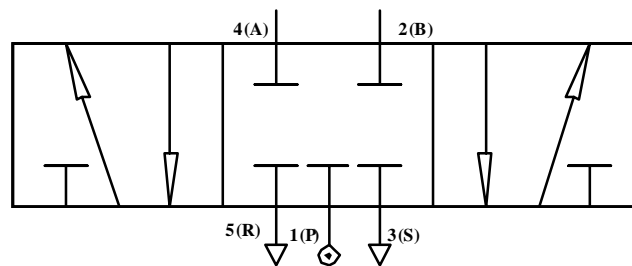


Figura II.39. Ubicación de las tuberías en la representación simbólica de las válvulas

Otro aspecto de gran importancia en la especificación de la válvula es su modo de accionamiento. Accionamiento, en este caso, define la manera cómo se realiza la conmutación de la válvula, es decir, cómo cambia de una posición a otra.



CAPITULO II: Marco Teórico

Existen muchas maneras de realizar esta operación:

- Mecánicamente
 - Manual.
 - Mecánico.
- Usando una señal neumática de mando.
- Usando una señal eléctrica de mando.
- Usando una señal hidráulica de mando, etc.

La figura II.40 muestra un ejemplo de accionamiento manual para una válvula 3/2.

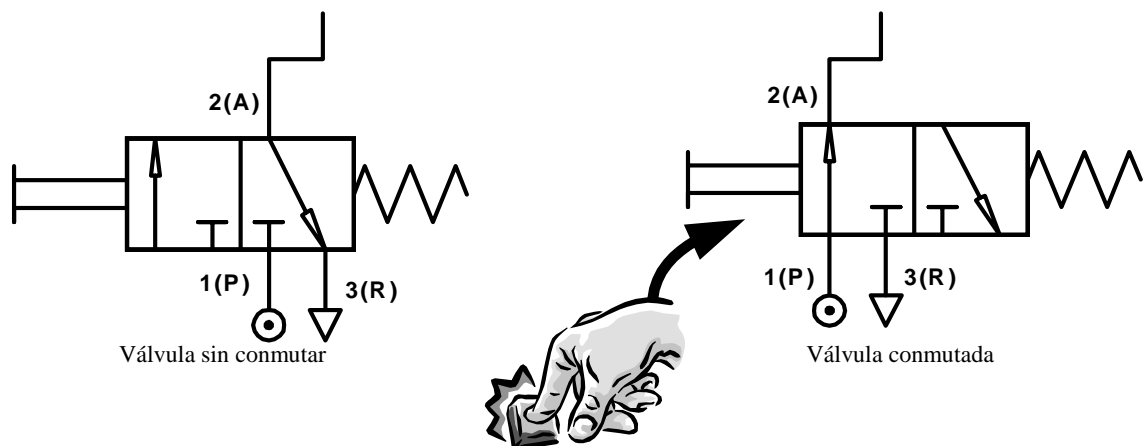


Figura II.40. Conmutación por medio de accionamiento mecánico manual

En los párrafos siguientes se detallarán las tres primeras forma de accionamiento.



1. Accionamientos mecánicos

En este accionamiento la conmutación de la válvula se realiza por medio de una fuerza mecánica, producida por contacto de dos cuerpos sólidos. Existen muchas maneras de lograr este tipo de conmutación: Manual, cuando alguna parte del cuerpo del operario acciona la válvula para su conmutación, y mecánica propiamente dicha, por medio de algún objeto sólido que, al hacer contacto con el actuador de la válvula, transfiere la fuerza a la válvula.

- **Accionamiento manual**

General: Consiste en botones o muescas donde el operario aplica fuerza con la mano para realizar la conmutación de la válvula. La figura II.41 muestra los tipos de este accionamiento.



Figura II. 41. Accionamiento manual y simbología: (a) general; (b) con enclavamiento mecánico

Pulsador: Es un botón mejor presentado que en el caso anterior, que al ser liberado vuelve a su posición inicial. La figura II.42 muestra este tipo de accionamiento.



Figura II.42. Accionamiento manual tipo pulsador y simbología



Palanca: Por medio de una palanca se transmite la fuerza aplicada por el operario para accionar la válvula. La simbología de este tipo de accionamiento se muestra en la figura II.43.



Figura II.43. Accionamiento manual tipo palanca

Pedal: El operario acciona con el pie la válvula, al igual que el pedal de aceleración de un automóvil. Se puede incurrir en el error de creer que con el uso del pedal se está regulando flujo, sin embargo, solamente se cambia de estado a la válvula. La figura II.44 muestra la simbología de este tipo de accionamiento.

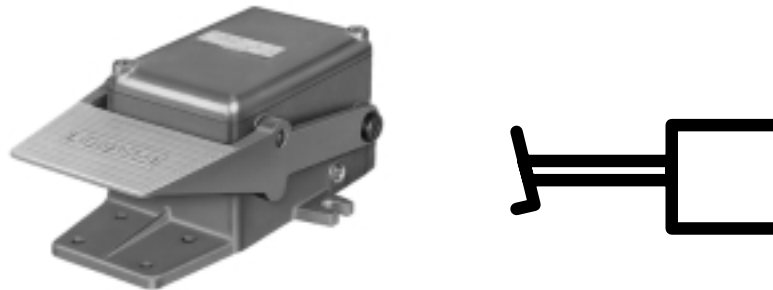


Figura II.44. Accionamiento manual tipo pedal y simbología

- **Accionamiento mecánico**

Ya no es la musculatura del hombre, sino algún otro elemento el que ejerce la fuerza mecánica para conmutar la válvula. Sí algún objeto sólido hace contacto físico sobre el actuador de la válvula, ejerciendo la fuerza necesaria sobre éste, se conmutará la válvula. Entre los accionamientos mecánicos más utilizados se tienen:



Recuperación o reposición por muelle: Cuando se quiere que la válvula retorne automáticamente a su posición inicial después de haber sido accionada, se utiliza este tipo de accionamiento. La figura II.45 muestra la simbología de este muelle.

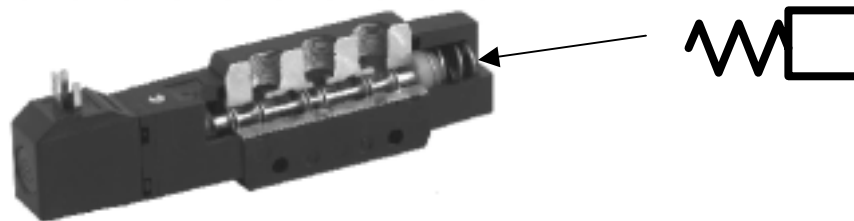


Figura II.45. Accionamiento mecánico tipo muelle

Centrado por muelle: La figura II.46 muestra este mecanismo. Las válvulas de tres posiciones utilizan este tipo de accionamiento para que siempre esté en la posición central cuando no se esté maniobrando.



Figura II.46. Accionamiento mecánico tipo muelle (centrado por muelle)

Por rodillo: Utilizado como detector o sensor mecánico. La simbología de este tipo de accionamiento se muestra en la figura II.47. El rodillo permite accionar la válvula al hacer contacto con el objeto, además permite que esto pase sin producir roce o daños mecánicos.



Figura II.47. Accionamiento mecánico tipo rodillo



Por rodillo con retorno en vacío (escamoteable): La figura II.48 muestra este accionamiento donde el rodillo acciona la válvula en un solo sentido de movimiento del objeto sólido que se quiere sensar. En el otro sentido, el brazo que contiene el rodillo rota sin accionar la válvula.

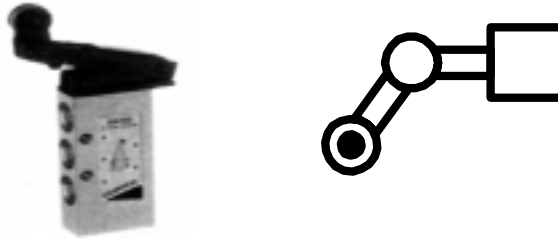


Figura II.48. Accionamiento mecánico tipo rodillo con retorno en vacío (escamoteable)

2. Accionamientos neumáticos

En este caso, la fuerza aplicada en el elemento móvil de la válvula se produce por medio de la presión del aire comprimido. La fuerza viene dada por la expresión $F = P \times A$, donde F es la fuerza en dirección a la normal de la superficie, A el área de dicha superficie y P la presión aplicada.

Accionamiento directo: Este tipo de accionamiento se muestra en la figura II.49. Se dice que es accionamiento directo cuando la señal neumática no proviene de otro elemento de control.

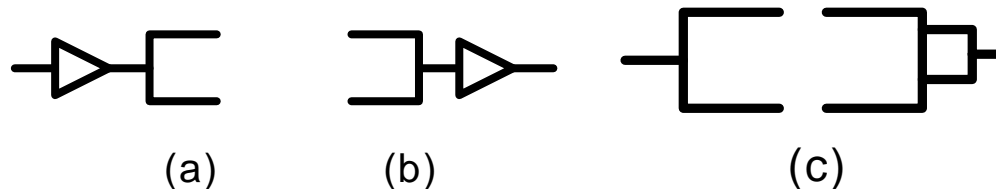


Figura II.49. Accionamiento neumático: (a) por presión; (b) por depresión; (c) por presión diferencial



Accionamiento indirecto (válvula auxiliar servo pilotada): Cuando la señal neumática de accionamiento de la válvula proviene de otro elemento de control, el tipo de accionamiento es indirecto. La figura II.50 muestra los diferentes tipos de este accionamiento.

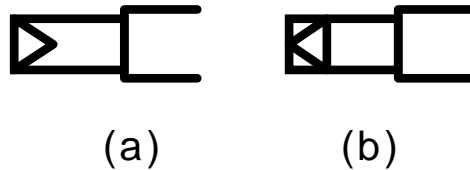


Figura II.50. Accionamiento indirecto de presión: (a) piloto a presión; (b) piloto a expulsión

3. Accionamientos eléctricos

Con una bobina: Su funcionamiento es igual al de los réles. Cuando se energiza la bobina, circula una corriente que crea un campo magnético o fuerza magnética que actúa sobre la parte móvil de la válvula y la conmuta. La figura II.51 muestra este tipo de accionamiento.

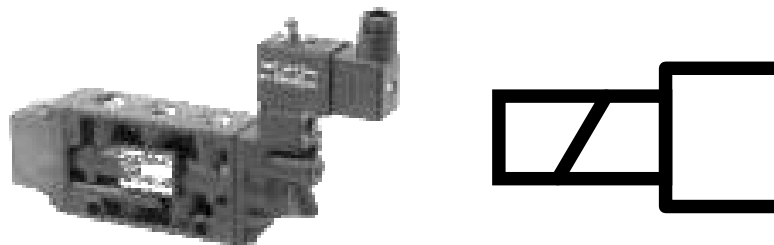


Figura II.51. Accionamiento eléctrico

Con doble bobina: Para posicionar la válvula se utilizan dos bobinas, una en cada posición y sentido del flujo magnético contrario. La figura II.52 muestra este accionamiento.

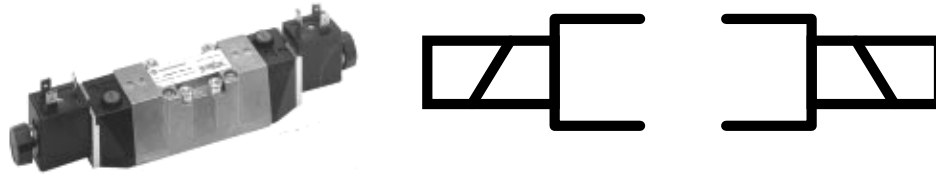


Figura II.52. Accionamiento eléctrico (doble pilotada)

Se pueden tener combinaciones de los accionamientos como se muestra en las siguientes figuras:

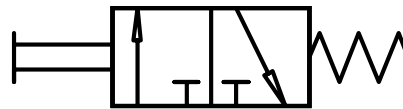


Figura II.53. Válvula 3/2, accionamiento manual, reposición automática con resorte

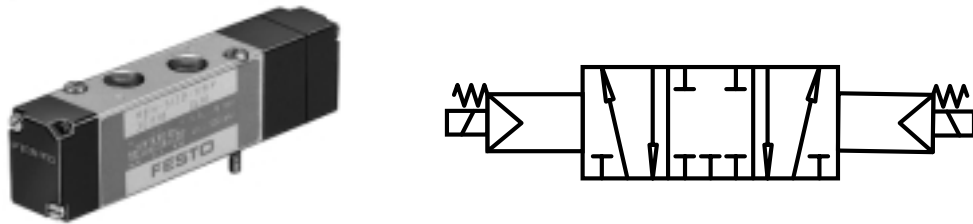


Figura II.54. Válvula 5/3, centrada por resorte, doble pilotada neumáticamente



Figura II.55. Válvula 4/2, doble bobina con accionamiento manual auxiliar



Figura II.56. Pulsador: Válvula 3/2, accionamiento manual y reposición por muelle



II.2.4.4.1.2. Válvulas de antirretorno

A esta válvula también se le denomina válvula “Chek”, y actúa de tal manera que permite el paso de flujo en un solo sentido; si el flujo por alguna razón intenta cambiar de sentido, esta válvula se bloquea. Su simbología se muestra en la figura II.57.

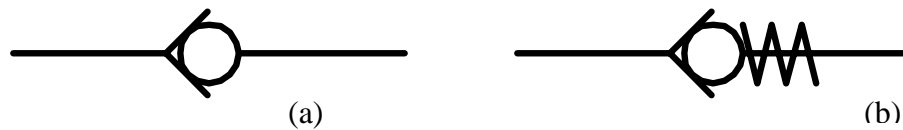


Figura II.57. Válvula antirretorno: (a) Sin resorte; (b) Con resorte

El uso o no del resorte en este tipo de válvula obedece a que con el resorte se asegura que la válvula esté bloqueada cuando el flujo se invierte, ya que por efecto de sedimentación del condensado, puede que la válvula no actúe cuando se invierte el flujo. Para una presión de entrada que en términos de fuerza venza la fuerza del muelle, habrá flujo de aire comprimido a la salida.

II.2.4.4.1.3. Válvula selectora o función OR

La simbología de esta válvula se muestra en la figura II.58. Cumple con la tabla de la verdad de la función booleana OR, y tiene dos entradas y una salida. Si cualquiera o ambas entradas están presentes en la válvula, entonces aparecerá esta misma señal a la salida.

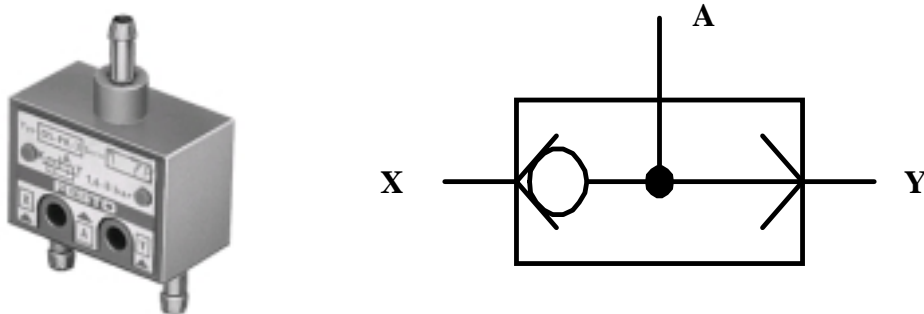


Figura II.58. Válvula OR



II.2.4.4.1.4. Válvula de simultaneidad o función AND

Cumple con la tabla de la verdad de la función booleana AND, y tiene dos entradas y una salida. Para que se tenga presión en la salida es necesario que ambas entradas estén presentes simultáneamente. La simbología de esta válvula se muestra en la figura II.59.

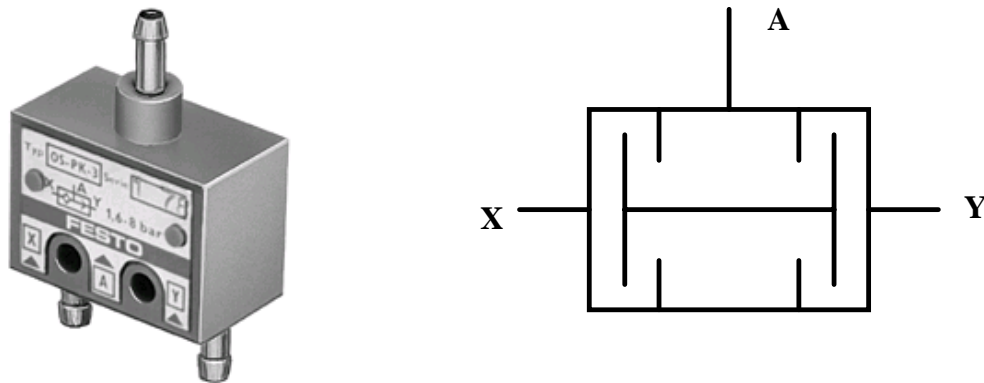


Figura II.59. Válvula AND

II.2.4.4.1.5. Válvula de escape rápido

Esta válvula incrementa el flujo de aire que va hacia la atmósfera, por lo tanto hace que el desalajo de aire comprimido sea más rápido. Se utiliza para acelerar los cilindros neumáticos. La simbología de esta válvula se muestra en la figura II.60.



Figura II.60. Válvula de escape rápido



II.2.4.1.6. Válvulas reguladoras de caudal o velocidad

Estas válvulas consisten de un estrangulamiento por lo que, dependiendo de la diferencia de presión en sus puertos, habrá un caudal dado. La regulación puede ser manual, en cuyo caso se puede manipular por medio de un tornillo a la válvula y así cambiar el grado de estrangulación que tiene, o puede que esta característica venga fija de fábrica. La figura II.61 muestra su simbología.



Figura II.61. Válvula reguladora de caudal: (a) Variable; (b) No ajustable

Estas válvulas reguladoras de caudal se combinan con las válvulas antirretorno y dan lugar a las válvulas reguladoras de caudal bidireccionales como se muestra en la figura II.62 y II.63, donde en un sentido del flujo se tiene la regulación por la estrangulación, mientras que en el otro sentido del flujo neumático no tiene regulación, ya que el flujo se establece por la válvula antirretorno.

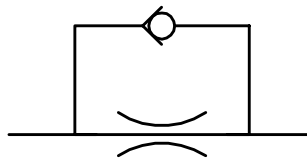


Figura II.62. Válvula reguladora de caudal bidireccional con regulación fija en un solo sentido del flujo

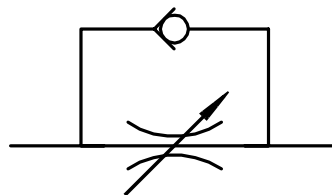


Figura II.63. Válvula reguladora de caudal bidireccional con regulación variable en un solo sentido del flujo



II.2.4.4.1.7. Válvula temporizada neumática

Esta válvula también es una combinación de elementos. Consiste de una válvula reguladora de flujo conectada en serie con un reservorio y una válvula 3/2, de accionamiento neumático y reposición por muelle, como se muestra en la figura II.64.

Su principio de funcionamiento es el siguiente: el aire entra por el pilotaje (12 ó Z), y con mayor o menor lentitud, va llenando el pequeño depósito incorporado (b). La válvula reguladora de caudal (2), permite el control del caudal de entrada hacia dicho recinto. Cuando ha pasado un tiempo, el depósito se llena y alcanza una determinada presión, el émbolo (c) se desplaza, comunicándose (1) con (2) y quedando cerrado el paso (3).

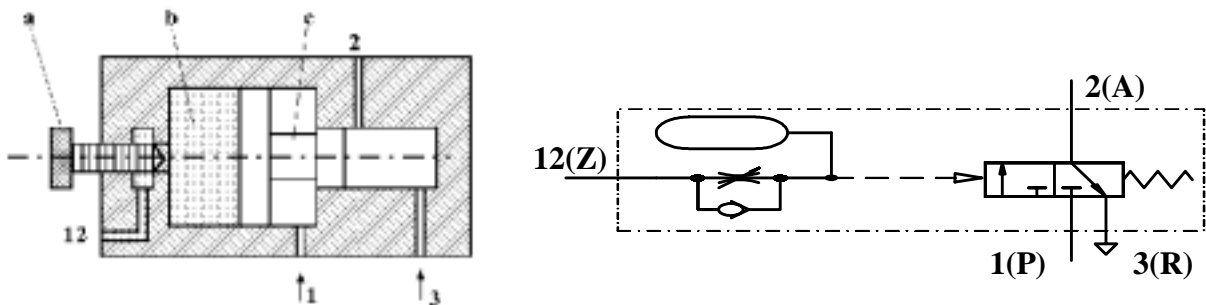


Figura II.64. Válvula temporizada neumática

II.2.4.4.1.8. Válvula de secuencia

El funcionamiento de estas válvulas es similar al principio de las válvulas limitadoras de presión. La válvula abre el paso si la presión es mayor al valor que se ha ajustado con el muelle; el aire pasa de 1(P) hacia 2(A), la salida 2(A) abre solamente cuando la presión en el conducto de mando 12(Z) alcanza el valor de presión ajustado previamente, un émbolo de mando se encarga de abrir el paso de 1(P) hacia 2(A). (Ver figura II.65)



CAPITULO II: Marco Teórico

Las válvulas de secuencia son utilizadas en mandos neumáticos cuando es necesario disponer de una presión determinada, para ejecutar una operación de conmutación (mandos en función de la presión). También se puede controlar el flujo hacia el conducto de mando 12 (Z), a través de una válvula reguladora de caudal, permitiendo un retardo en el tiempo de accionamiento, lo que permite emplearlas como una especie de temporizador neumático.

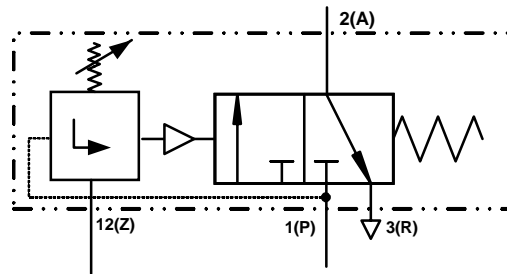
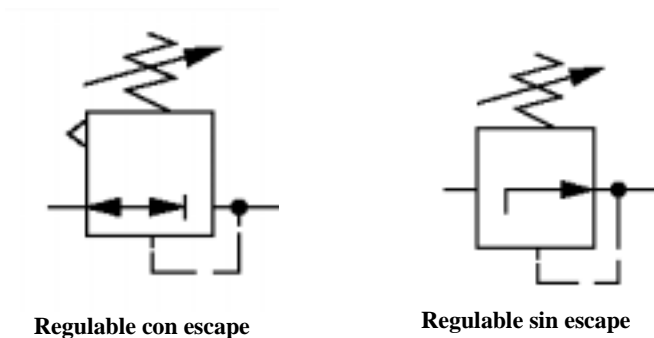


Figura II.65. Representación simbólica de la válvula secuencial

II.2.4.4.1.9. Válvulas reguladoras de presión

Este elemento se trató en el F.R.L. Hay situaciones donde se requiere una presión distinta a la presión de salida del F.R.L., para que los elementos consumidores actúen con mayor potencia. En estos casos se utilizan estas válvulas para ajustar la presión al valor deseado. La presión de entrada de este regulador debería ser la presión de entrada del F.R.L., o la de servicio. La simbología de este elemento se muestra en la figura II.66.



Regulable con escape

Regulable sin escape

Figura II.66. Simbología de la válvula reguladora de presión



II.2.4.4.2. Silenciadores

Para evitar el ruido indeseable debido al escape de aire, se utilizan silenciadores colocados en las vías de escape de las distintas válvulas. Algunas veces, las propias válvulas poseen estos aditamentos. La figura II.67 muestra varios modelos de este dispositivo y su simbología.



Figura II.67. Silenciador

II.2.4.5. Elementos consumidores

Existen dos tipos de elementos consumidores: elementos consumidores de acción lineal y los elementos consumidores rotativos. En el ámbito industrial, los más utilizados son los cilindros neumáticos, sin que se subestime a los accionamientos neumáticos rotativos. La característica principal de estos accionamientos neumáticos es su capacidad de generar grandes fuerzas o torques, y a su vez, de ser capaces de permanecer accionados bajo carga y en condición bloqueada sin sufrir fatiga o daños de sus partes.

II.2.4.5.1. Elementos consumidores de acción lineal

Los cilindros neumáticos son elementos para la transmisión de fuerza y movimiento, de amplio uso en la industria. Estos dispositivos transforman la energía almacenada en el aire



CAPITULO II: Marco Teórico

comprimido en una fuerza mecánica. La figura II.68 muestra la presentación más común de un cilindro.



Figura II.68. Cilindro neumático

Para entender el funcionamiento de los cilindros neumáticos, se partirá del cilindro de doble efecto, introduciendo así a los demás tipos de cilindros.

II.2.4.5.1.1. Tipos de cilindros neumáticos

- **Cilindro de doble efecto**

Un cilindro de doble efecto con sus partes principales se muestra en la figura II. 69.

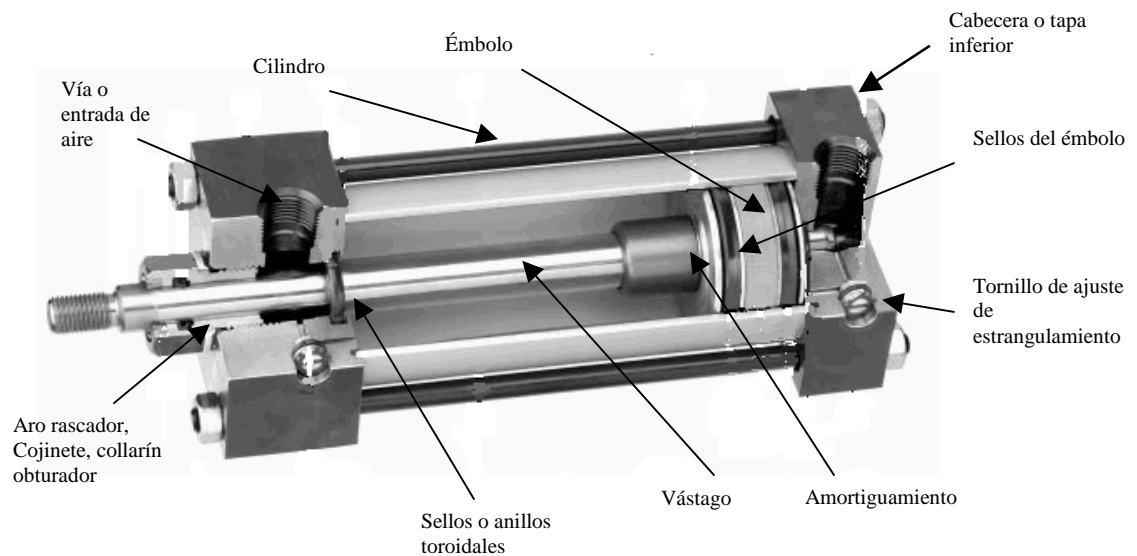


Figura II.69. Estructura interna de un cilindro de doble efecto



CAPITULO II: Marco Teórico

A continuación se presentará una breve descripción de cada una de las partes constitutivas de un cilindro neumático.

Cilindro: Básicamente se trata de una camisa cilíndrica hecha por lo general de acero o aleación de acero. La superficie interna es tratada para que el roce entre el émbolo y ésta sea mínimo. Su función es de confinar el aire a presión, servir de guía del conjunto émbolo-vástago y de resistir esfuerzos mecánicos.

Vástago: Se fabrica preferentemente de acero bonificado, con un porcentaje de cromo que lo protege contra la corrosión. Por medio de esta pieza se transmite la fuerza mecánica. Junto con el émbolo forma el conjunto móvil del cilindro neumático.

Tapa o cabecera inferior o superior: En su manufactura se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). Por lo general, con esta pieza se suele fijar el cilindro. También fungen como estructura guía del vástago, tapa de confinamiento del aire y carcasa del cilindro.

Vías o entradas de admisión de aire comprimido: Estos son orificios que comunican las cámaras del cilindro con el exterior y es por medio de ellas que el cilindro se conecta al sistema neumático para que el mismo opere.

Émbolo: Por medio de este elemento es que se transforma la energía potencial del aire comprimido en energía cinética. El émbolo separa al cilindro en dos cámaras. Suele ser del mismo material que el vástago. La superficie que hace contacto con la camisa del cilindro, es tratada para que tenga la mínima profundidad de aspereza. Algunos vienen con un disco imantado para la detección de posición del cilindro.



CAPITULO II: Marco Teórico

Sellos del émbolo: Su función es de separar herméticamente ambas cámaras del émbolo, evitando así fugas de aire entre las cámaras. Como se muestra en la figura II.70, existen diversos tipos de sellos y émbolos.

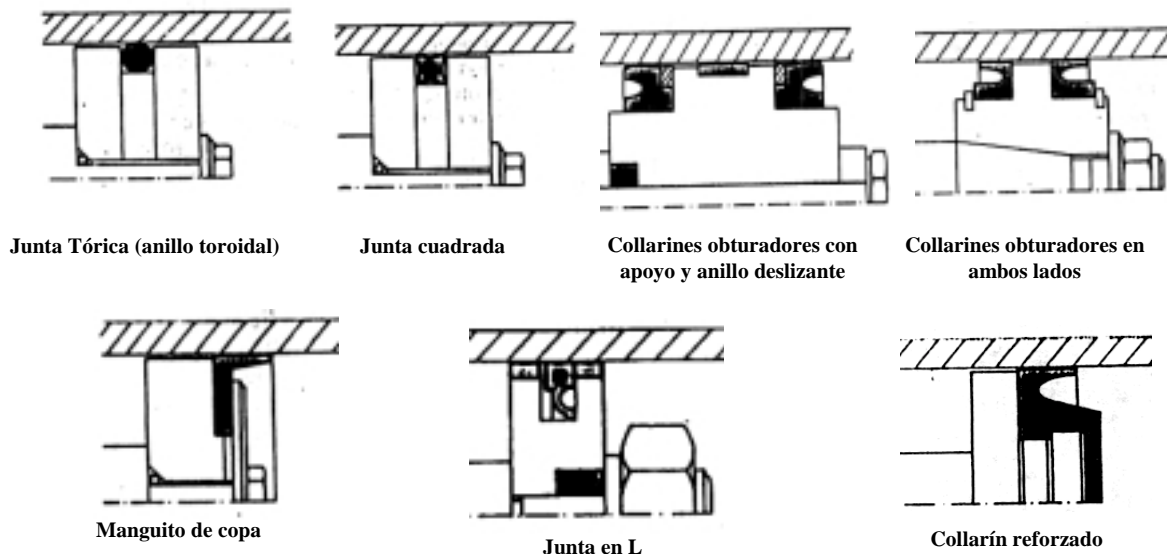


Figura II.70. Émbolos y sellos de émbolos

Sellos o anillos toroidales: Esta parte del cilindro sirve de guía para el vástago y generalmente es de un material que no produce roce con el vástago durante su carrera, sin embargo, es en éste donde más se producen pérdidas por fricción.

Aro rascador, collarín obturador y cojinete: Esta pieza sirve de guía y apoyo para el vástago del cilindro. El collarín obturador se emplea para la estanqueidad o hermetismo. Produce roce.

Amortiguamiento (opcional): Cuando el émbolo llega al final de su recorrido, golpea la cabeza o tapa correspondiente; si este golpeo es repetitivo, entonces se producen deformaciones que acaban destruyendo el cilindro. Se utilizan las siguientes soluciones:



CAPITULO II: Marco Teórico

- La amortiguación elástica se utiliza en los pequeños cilindros que han de soportar golpeteos ligeros y consisten en anillos de material elástico (neopreno o similar), que evitan el choque metal-metal, y que con su deformación absorben la pequeña energía cinética del sistema móvil.
- La amortiguación neumática regulable se usa en todos aquellos cilindros que han de amortiguar repetidamente las masas en movimiento (energía cinética) de cuantía más representativa. La figura II.71 muestra cómo funciona.

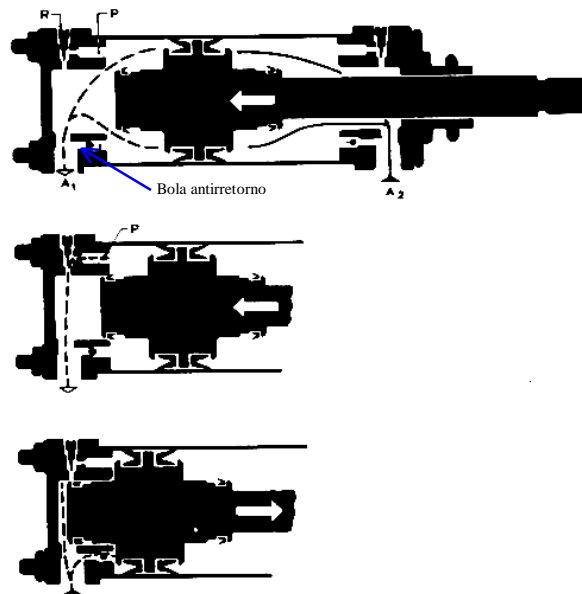


Figura II.71. Amortiguamiento neumático

Consiste en uno o dos émbolos supletorios del émbolo principal que en su final de recorrido se introducen en sendas cilíndricas mecanizadas que hay en la tapa sobre la cual va a finalizar el movimiento. Mientras que el cilindro se desplaza a lo largo de toda su carrera, el aire escapa por el orificio central. Cuando en su momento el émbolo se introduce en la culata del cilindro, queda una cantidad de aire confinada, que no tiene más remedio que pasar por un orificio de estrangulamiento que puede ser variable o fijo dependiendo del fabricante. Este



CAPITULO II: Marco Teórico

estrangulamiento crea un cojín amortiguador. Con este tipo de amortiguamiento se puede conseguir que en el momento del final de la carrera no se advierta ningún sonido metálico.

Cuando el cilindro debe invertir el sentido del movimiento, el aire entrante levanta la bola antirretorno para actuar sobre la totalidad de la superficie del cilindro. Si no fuese por este sistema, el cilindro arrancaría solamente con la totalidad de la superficie del émbolo de amortiguamiento.

Tornillo de ajuste de estrangulamiento (opcional): Se dice que el amortiguamiento es variable cuando el estrangulamiento se puede ajustar por medio de un tornillo.

Fijación: Otra parte de importancia del cilindro es su fijación. Existen muchos tipos de fijación de cilindros, como se muestra en la figura II.72.

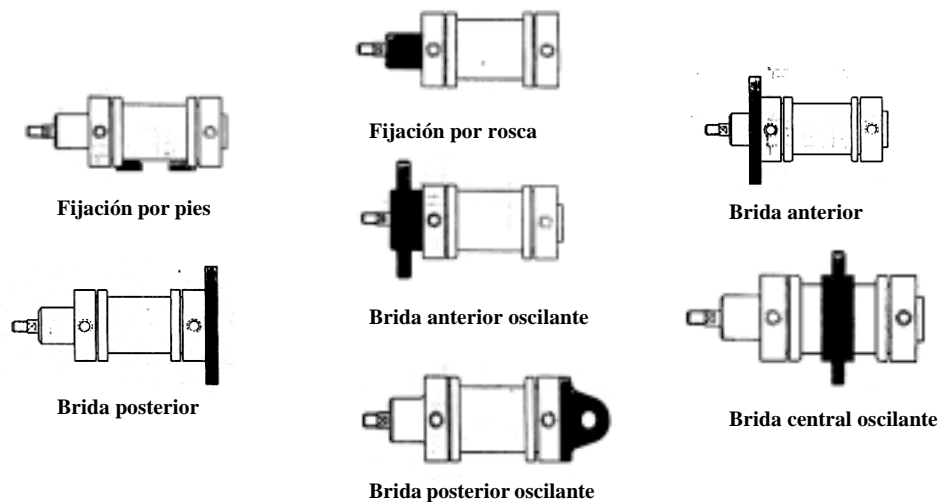


Figura II. 72. Fijaciones de los cilindros

La simbología del cilindro de doble efecto se muestra en la figura II.73. Como se puede observar en esta figura, existen varias simbologías para este tipo de cilindro, dependiendo de los accesorios que tenga.

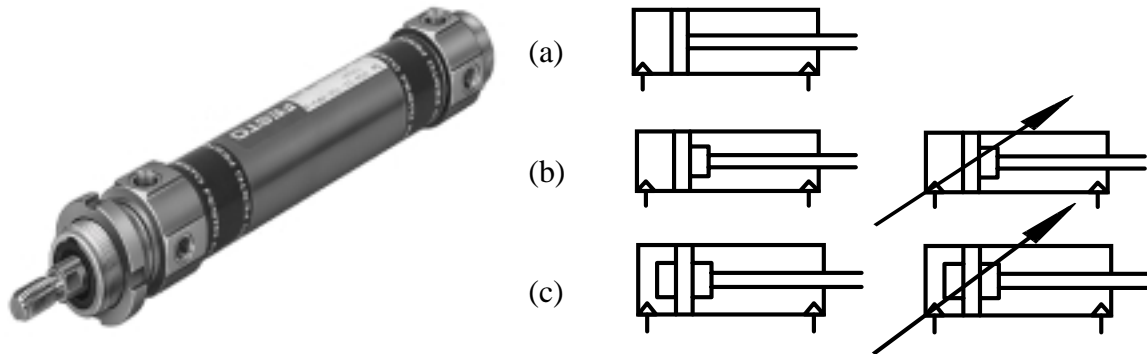


Figura II.73. Simbología del cilindro de doble efecto: (a) simple; (b) Amortiguamiento no regulable y regulable; (c) doble amortiguamiento no regulable y regulable

Funcionamiento de un cilindro doble efecto

El émbolo divide al cilindro en dos cámaras. La diferencia de presión existente entre ambas cámaras hace que se produzca una fuerza neta en el émbolo, con sentido de mayor a menor presión. Esto hace que se mueva el émbolo y por ende el vástago. Cada cámara está comunicada con el exterior por conexiones, tomas de aire, vías o entradas. Es claro que ambas cámaras deben estar herméticamente separadas para evitar que las recámaras se encuentren a iguales presiones y no se mueva el vástago, para evitar este inconveniente se emplean los sellos.

La figura II.74 muestra un cilindro de doble efecto accionado mediante una válvula 4/2. Se puede observar que cuando una de las cámaras se somete a presión, la otra cámara está a la presión atmosférica. De esta manera se tiene un desbalance de fuerzas en el émbolo, ya que el área efectiva del émbolo con mayor presión experimentará una fuerza igual a:

$$F_1 = P_1 \times A_{efectiva1}$$

Mientras que el área efectiva del lado del émbolo sometido a la presión atmosférica experimenta una fuerza menor dado por:

$$F_2 = P_2 \times A_{efectiva2}$$

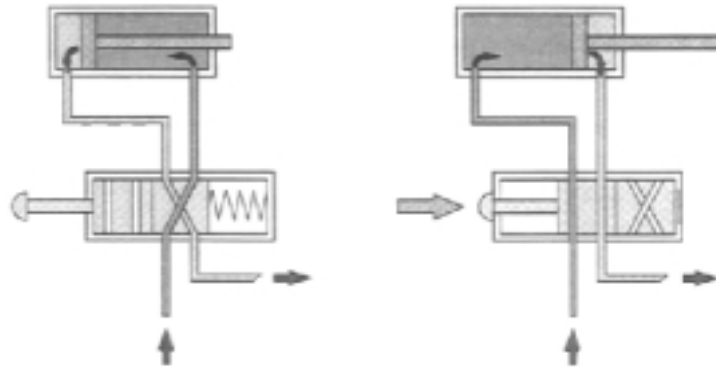


Figura II.74. Accionamiento de un cilindro por medio de una válvula 4/2 de accionamiento manual y reposición por resorte

Como $P_1 > P_2 = P_{atm}$, y las áreas efectivas son casi similares, se tiene que $F_1 > F_2$, por lo tanto, se establece una fuerza neta que mueve el émbolo en dirección de mayor a menor presión. Aun cuando las presiones sean iguales, en el cilindro de doble efecto con un solo vástago el émbolo se moverá, ya que las áreas efectivas en sus dos caras son diferentes.

- **Cilindro de doble efecto con doble vástago**

Uno de los principales problemas que presentan los cilindros clásicos, tanto neumáticos como oleohidráulicos, es el giro libre del vástago sobre su propio eje. Este problema siempre ha sido resuelto con soluciones antigiro, donde se acopla, solidario al vástago, un soporte a través de una pieza llamada bulón que se desliza sobre un cojinete impidiendo el giro. Actualmente, este problema se resuelve mediante un cilindro comercial de doble vástago. Los dos vástagos se unen exteriormente a una placa común que se utiliza también para el amarre a la parte móvil del mecanismo, uniéndose interiormente a un émbolo común en unos casos, y en otros casos, cada vástago posee su propio pistón. Se consigue mayor robustez, lo cual permite manejar cargas muy pesadas y con movimientos o componentes perpendiculares al eje de los vástagos. La figura II.75 muestra este tipo de cilindro.



Figura II.75. Cilindro de doble vástago

Otro diseño muy conocido del cilindro de doble efecto y de doble vástago se muestra en la figura II.76. Cada vástago se encuentra ubicado a un lado del embolo. Con este arreglo se tiene un mismo cilindro al cual se le pueden aplicar dos cargas (una a cada lado). Otra característica de este tipo de cilindro es que se pueden lograr paradas en plena carrera del cilindro con mayor precisión que en los cilindros de un solo vástago.

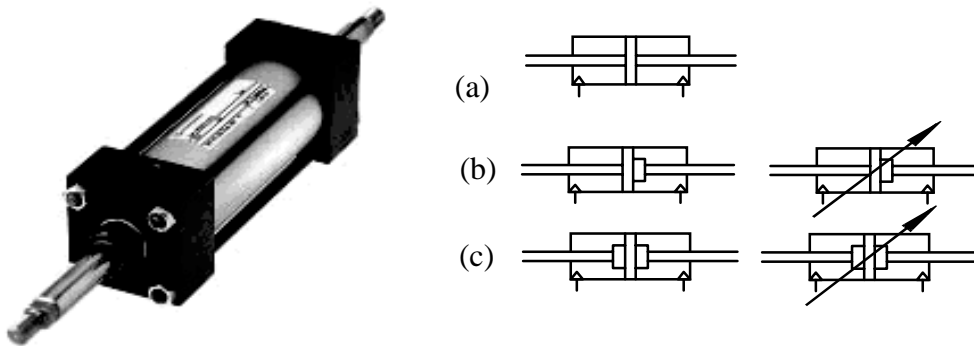


Figura II.76. Cilindro de doble efecto y doble vástago: (a) simple; (b) con amortiguamiento no regulable y regulable simple; (c) con doble amortiguamiento no regulable y regulable

- **Cilindro Tándem**

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene una fuerza casi igual al doble de la de un cilindro normal del mismo diámetro. Se utiliza cuando se requieren



CAPITULO II: Marco Teórico

fuerzas considerables y por limitaciones de espacio no resulta posible utilizar cilindros de un diámetro mayor. Puede tener amortiguamiento ó no dependiendo de la aplicación. La figura II.77 muestra la estructura interna de este tipo de cilindro y su simbología.

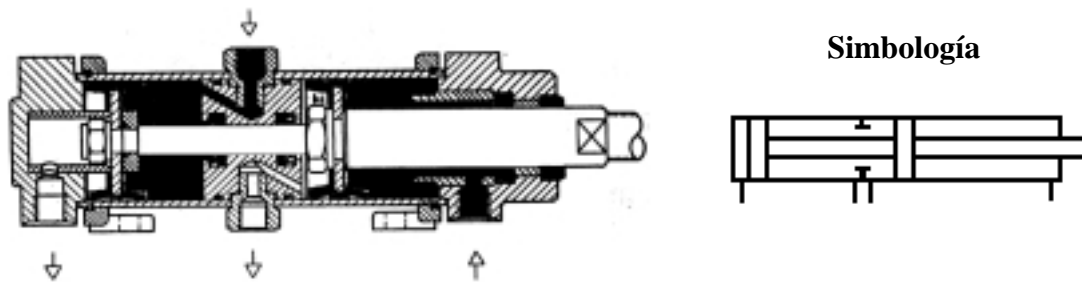


Figura II.77. Cilindro tándem

- **Cilindro de simple efecto**

La figura II.78 muestra un prototipo de este tipo de cilindro.

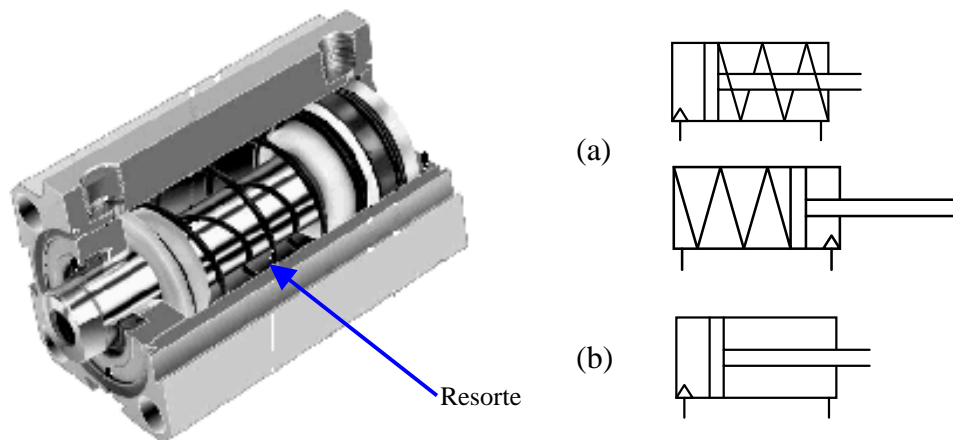


Figura II.78. Cilindro de simple efecto. Simbología: (a) con resorte de retorno; (b) Sin resorte

Se caracteriza por tener una de sus cámaras fija a la presión atmosférica, mientras que la otra será la que se someterá a los cambios de presión. La función del resorte es de recuperar el cilindro a la posición inicial al despresurizarse la cámara. Sin embargo, se pueden encontrar



CAPITULO II: Marco Teórico

variantes como el cilindro simple efecto sin resorte, donde la carga será la que ejerza la fuerza de retorno del cilindro.

Para que este cilindro se mueva es necesario que la presión aplicada en la cámara sea suficiente como para vencer la fuerza de la carga, más la resistencia del resorte y las demás fuerzas de roce.

Dentro de este tipo de cilindro se encuentran también los cilindros de simple efecto de membrana. Consiste de una membrana de goma dura entre dos láminas metálicas abombadas, la cual hace el papel del émbolo. El vástago está unido a la membrana plástica por medio de dos piezas metálicas y divide la cavidad formada por las dos láminas abombadas en las dos recamaras, donde por una se inyecta el aire a presión, mientras que en la otra se deja a presión atmosférica. El retorno es por resorte. La figura II.79 muestra este tipo de cilindro.

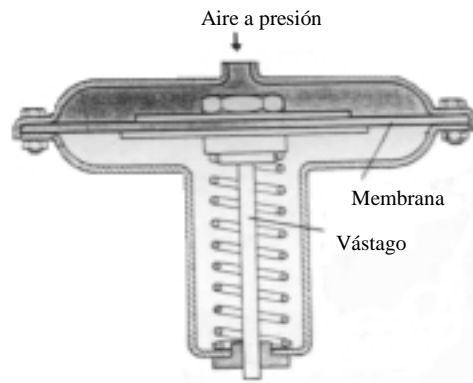


Figura II.79. Cilindro de simple efecto de membrana

La carrera en este tipo de cilindro es muy corta. Una variante es el cilindro de membrana arrollable como se muestra en la figura II.80, donde la carrera que ofrece es mayor.

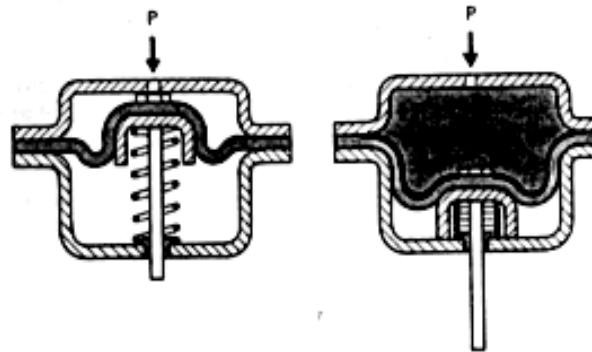


Figura II.80. Cilindro de simple efecto de membrana arrollable

- **Cilindro sin vástago**

Este tipo especial de cilindro se aplica cuando el factor espacio no permite que se aplique un cilindro como los que se han descrito anteriormente. Consiste de un émbolo guiado tanto por el cilindro externo como también por un eje en el centro, el cual está conectado a un carro que se desplaza por una ranura longitudinal que se encuentra en el cilindro. Para evitar que el aire escape a la atmósfera, se cuenta con cintas que van sellando esta ranura durante la carrera del émbolo. En la figura II.81 se muestra un modelo de este tipo de cilindro con su simbología.

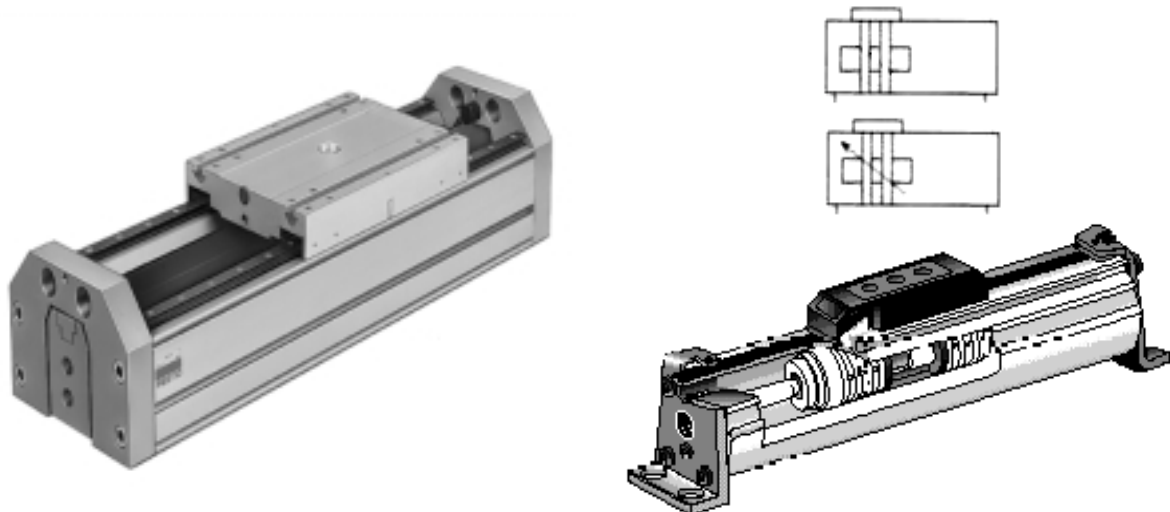


Figura II.81. Cilindro sin vástago: estructura interna y simbología



II.2.4.5.2. Elementos consumidores de accionamiento giratorio

Este tipo de elemento produce un movimiento giratorio o rotativo a partir de la acción del aire comprimido. Se encuentran dos tipos:

Cilindro de giro: Se emplea cuando el elemento de máquina a mover precisa un accionamiento angular. Estos cilindros pueden constar de uno o dos cilindros neumáticos con émbolo interno en el cual se le ha fresado una cremallera. El par que es capaz de ejercer un cilindro depende del diámetro interior, de la presión de trabajo y del diámetro de la corona. El ángulo de giro depende de la relación entre la carrera de los cilindros y el diámetro de la citada corona. Normalmente, estos cilindros de giro se fabrican para cualquier número de grados razonables, ya que todo depende de la carrera del cilindro. Pueden que tengan amortiguamiento ó no. La figura II.82 muestra dos modelos de este elemento junto con su simbología.

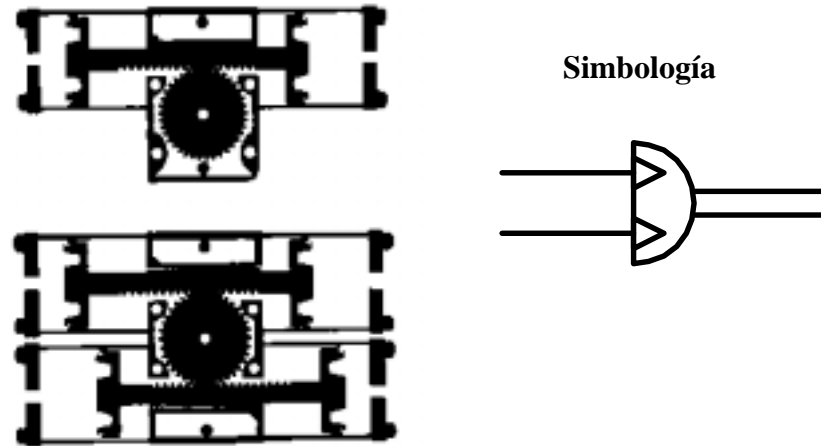


Figura II.82. Estructura del cilindro de giro

En otra presentación, tal como se muestra en la figura II.83, el cilindro de giro consta de un émbolo que es guiado por el cilindro externo. Dicho émbolo tiene longitudinalmente y en una sección una superficie dentada que, acoplada a una corona, producirá el movimiento de giro.

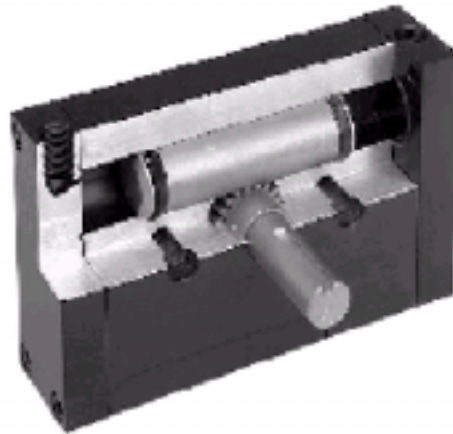


Figura II.83. Cilindro de giro

Motores pivotantes con un ángulo de giro limitado: El ángulo de giro puede ser fijo o regulable, la amortiguación puede efectuarse en función de la carga o de la velocidad del movimiento pivotante. Al igual que los cilindros de giro, este elemento puede realizar un movimiento angular limitado, que rara vez sobrepasa los 300°. La estanqueidad presenta dificultades y el diámetro o ancho a menudo sólo permiten obtener torques pequeños. La figura II.84 muestra un diseño de este tipo de elemento.

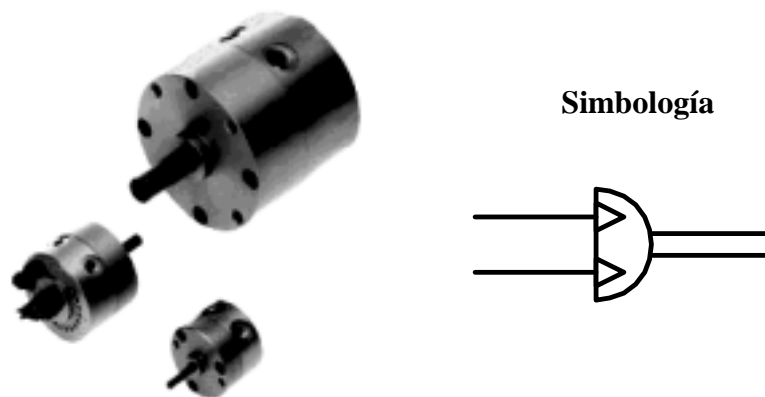


Figura II.84. Motor pivotante



Motores neumáticos con movimiento giratorio continuo: Estos elementos convierten la presión del aire comprimido en movimiento giratorio. Tienen las características de alcanzar regímenes de revoluciones muy altas (puede ser fijo o regulable) y grandes torques. Además de no producir ningún tipo de inconveniente con el equipo accionado en detención, es decir, que pueden sobrecargarse hasta su total parada, sin riesgo para el motor. Por lo general son la versión invertida de los compresores, donde el flujo de energía y la transformación de energía se invierten. La figura II.85 muestra la simbología de los motores neumáticos.

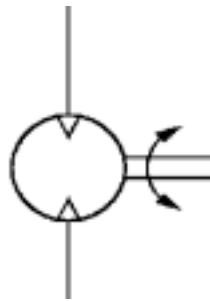


Figura II.85. Simbología de los motores neumáticos

Entre los tipos más comunes se tiene:

Motores de émbolo: En la figura II.86 se muestra el motor de émbolo. Este tipo se subdivide además en motores de émbolo axial y de émbolo radial. Por medio de cilindros de movimiento alternativo, el aire comprimido acciona a través de una biela, el cigüeñal del motor. Se necesitan varios cilindros al objeto de asegurar un funcionamiento libre de sacudidas. La potencia de los motores depende de la presión de entrada, del número de émbolos, de la superficie y velocidad de estos émbolos.

El funcionamiento del motor de émbolos axiales es idéntico al de émbolos radiales. Mediante cinco cilindros dispuestos axialmente, la fuerza se transforma por medio de un plato oscilante en un movimiento giratorio.



CAPITULO II: Marco Teórico

Estos motores de aire comprimido se ofrecen para giros a derechas y giro a las izquierdas. La velocidad máxima es de unas 5000 r.p.m., y la potencia a presión normal, varía entre 1,5 y 19kW (2-25CV).



Figura II.86. Motor de émbolo: (a) radial; (b) axial

Motores de aleta: En este tipo de motor, un rotor excéntrico dotado de ranuras gira en una cámara cilíndrica. En las ranuras se deslizan aletas, que son empujadas contra la pared interior del cilindro por efecto de la fuerza centrífuga, garantizando así la estanqueidad de las diversas cámaras. Estos motores tienen de 3 a 10 aletas, que forman las cámaras en el interior del motor. En dichas cámaras puede actuar el aire en función de la superficie de las aletas. El aire entra en la cámara más pequeña y se dilata a medida que el volumen de la cámara aumenta.

La velocidad del motor varía entre 3000 y 8500 r.p.m. También, de este motor hay unidades de giro a derechas y de giro a izquierdas, así como potencias conmutables de 0.1 a 17 Kw. (0.1 a 24 CV). La figura II.87 muestra este tipo de motor.



Figura II.87. Motor de paletas



Motores de engranajes: En este tipo de motor, el par de rotación es engendrado por la presión que ejerce el aire sobre los flancos de los dientes de piñones engranados. Uno de los piñones es solidario con el motor. Estos motores de engranajes sirven de máquinas propulsoras de gran potencia hasta 44KW (60CV). El sentido de giro es reversible.

Turbomotores: Pueden utilizarse únicamente para potencias pequeñas, pero su velocidad es muy alta (por ejemplo, los tornos neumáticos del dentista pueden llegar hasta 50000 r.p.m.). Su principio de funcionamiento es inverso al de los turbocompresores.

II.2.4.5.3. Ventosas

Existe otro tipo de elemento consumidor, el cual utiliza la energía del aire comprimido de manera diferente a la que se ha venido explicando. El principio de funcionamiento se basa en la fuerza de succión de un flujo de aire, la cual se establece por el principio Venturi. Las ventosas sirven para fijar piezas, chapas, vidrios, etc., que se han de manipular.

Como regla general de aplicación, se debe indicar que la dureza de las ventosas tiene que ser inversamente proporcional a la dureza del elemento que ha de manipular. Sí se desea sujetar una lámina de vidrio, se requiere una ventosa blanda (neopropeno, silicona, etc.); si se desea manipular un saco de cemento, azúcar, etc., la ventosa debe ser rígida (plancha de acero con borde metálico). La figura II.88 muestra cuatro ventosas de familias diferentes.

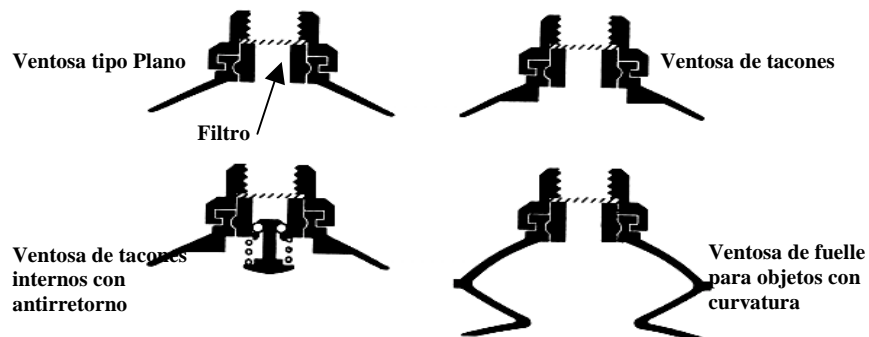


Figura II.88. Representación de cuatro ventosas de familias diferentes

Para el caso de manipulación de objetos duros, se encuentran diferentes tipos de ventosas:

- Planas – Para fijación de superficies planas o ligeramente curvadas.
- De fuelle – Para compensar desniveles o superficies curvas.
- Con filtro – Para evitar que la suciedad del ambiente contamine el interior del circuito de vacío.

Las ventosas con filtro anticontaminación tienen la desventaja de que éste se obstruye con el tiempo al absorber la suciedad del ambiente (cemento en suspensión, harina, arena, etc.). Debe tenerse en cuenta este problema y prever en el circuito una fase de soplado a contracorriente en la ventosa.

Algunas ventosas están provistas de válvulas antirretorno que se cierran para que no se produzca pérdida de vacío en un conjunto de ventosas al quedar algunas de ellas libres de pieza.



II.3. ELECTRONEUMÁTICA

La electricidad y la neumática se complementan muy bien entre sí, al emplearse para controlar dispositivos industriales. Dado que la energía para ejecutar la función se provee por medio de señales eléctricas, estos elementos se denominan controles eléctricos.

La combinación de electricidad, electrónica y neumática ha sido responsable de la revolución en la automatización industrial. La automatización brinda la optimización en los requerimientos de mano de obra, mayor precisión al ejecutar las tareas y en particular un ahorro muy significativo de tiempo en la ejecución de la tarea, sobre todo en aquellas que son altamente repetitivas.

Cuando se trata de la automatización de movimientos lineales, no es práctico basarse solamente en la electricidad, dado que los dispositivos eléctricos requieren mecanismos complicados y caros. Por el contrario, los motores eléctricos son muy aptos para movimientos rotativos, aunque no es sencillo el control de la velocidad y el torque de los mismos.

Por otro lado, la neumática que utiliza pistones y cilindros se adapta a los movimientos lineales, sin embargo, las distribuciones neumáticas pueden transformarse en muy complejas con el aumento del número de actuadores. También están las limitaciones en la distancia que las señales neumáticas pueden cubrir con efectividad, como resultado de las caídas de presión a través de las tuberías, accesorios y curvas. Similarmente, con el aumento de las tuberías, el costo de llenarlas con aire comprimido y luego vaciarlas se transforma en un factor a ser tenido en cuenta.

En conclusión, la automatización electroneumática combina las ventajas de la electricidad con las de la neumática, para vencer las limitaciones de ambas. La **electroneumática** es la introducción, procesamiento y curso de la energía eléctrica a través de elementos neumáticos.



II.3.1. Ventajas y desventajas de los controles eléctricos

A continuación se establecen una serie de ventajas y desventajas de los controles eléctricos, en comparación con controles neumáticos, lo cual permitirá establecer la importancia de combinar ambas tecnologías en la automatización de procesos.

Ventajas

- Las señales eléctricas pueden ser transmitidas a grandes distancias.
- Cuando el circuito se abre, la corriente eléctrica cesa de circular; en cambio el aire comprimido utilizado en controles neumáticos se libera.
- La electricidad produce una reacción instantánea.
- El control eléctrico permite instalar dispositivos que aumentan la eficiencia y eficacia de los sistemas automatizados, tales como:
 - Sensores para medir los parámetros eléctricos.
 - Celdas fotoeléctricas.
 - Programadores.
 - Termostatos.
 - Otros sensores.
- Los controles eléctricos funcionan con precisión.
- Los controles eléctricos ocupan menos espacio y pueden conformarse a contornos más estrechos que la tubería neumática.



CAPITULO II: Marco Teórico

- Con componentes electrónicos pueden diseñarse circuitos complicados de manera mucho más sencilla que con controles neumáticos.

Desventajas

- Los circuitos eléctricos siempre involucran algún riesgo de fuego.
- Los circuitos eléctricos están sujetos a la calidad de la tensión de servicio.
- Existe un miedo psicológico a la electricidad, que no está asociado a la neumática.

II.3.2. Seguridad

Para la persona común, la corriente eléctrica pasa a ser peligrosa por encima de 30 mA (0,030 A). Se ha demostrado que el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica promedio de 500 ohmios. Para introducir un factor de seguridad mayor, por lo general se utiliza en la práctica la cifra de 1500 ohmios, dado que la corriente máxima que puede atravesar el cuerpo viene dada como 24 voltios dividido por 1500 ohmios, lo cual produce un total de solamente 16 mA (0,016 A), lo cual es significativamente menor que el umbral de peligro de 30 mA.

Aunque el uso de 24 voltios es recomendable desde el punto de vista de la seguridad, no es demasiado aconsejable para los dispositivos eléctricos, debido a que si se utilizara una tensión de 110 o 220 voltios la corriente consumida sería menor. Como puede verse fácilmente, y dado que la potencia consumida por un dispositivo es producto de la tensión por la corriente ($W = V * I$), si la tensión (V) es baja, entonces la corriente (I) debe ser correspondientemente más alta. Esto debe tomarse en cuenta al diseñar dispositivos.



II.3.3. Composición de los sistemas electroneumáticos

Los sistemas electroneumáticos consisten en componentes neumáticos y eléctricos: los actuadores y las válvulas que controlan los actuadores son, por supuesto, componentes neumáticos, y los elementos que controlan a estos son eléctricos. Los componentes eléctricos incluyen conmutadores de operación manual y/o pulsadores que reemplazan a la válvula manual de arranque.

La interfaz entre los subsistemas eléctricos y neumáticos es por lo general a través de válvulas electroneumáticas denominadas electroválvulas y los sensores de salida eléctrica. La electroválvula traduce las señales eléctricas a cambios en la distribución del aire comprimido (neumática). El elemento más importante de las electroválvulas es el solenoide.

También existe un dispositivo de interfaz correspondiente, que convierte los cambios de presión a señales eléctricas, y se denomina conmutador de presión. Su aplicación más común consiste en apagar automáticamente los compresores cuando el aire en el tanque llega a una presión predefinida.

Los componentes eléctricos auxiliares incluyen: fusibles, disyuntores, lámparas de señalización, conmutadores y relés. Los componentes neumáticos incluyen: filtros, válvulas de control direccional, manómetros, válvulas de retención y válvulas reguladoras del gasto.

II.3.4. Selección de elementos eléctricos

La selección de componentes eléctricos debe tomar en cuenta varios parámetros, además de los impuestos por la tarea a realizar:



CAPITULO II: Marco Teórico

- a. Deben ser compatibles con la tensión del circuito (generalmente, pero no siempre, 24 V).
- b. La corriente eléctrica que circula a través de los elementos debe ser menor que el límite impuesto por factores tales como el disyuntor del circuito. Por lo tanto, si el disyuntor fue diseñado para un máximo de 20 A, la corriente total de todas las ramas en paralelo debe ser menor que 20 A.
- c. La selección de las bobinas debe tener en cuenta la frecuencia, cuando se alimenta en corriente alterna. De esta manera, si el circuito utiliza alimentación de 60 Hz, no pueden emplearse las bobinas de 50 Hz y viceversa.
- d. Como una extensión de lo dicho en el punto anterior, las bobinas para corriente continua no deben utilizarse en sistemas de corriente alterna y viceversa.

La corriente eléctrica produce el recalentamiento de los cables, contactos de bobinas, etc., y por lo tanto, el circuito debe disponer de protecciones que actúen con el consumo excesivo de corriente.

II.3.5. Componentes electroneumáticos

En los esquemas de control electroneumáticos, los componentes más utilizados son los que se listan a continuación:

- ❖ Pulsadores y conmutadores
- ❖ Relés
- ❖ Solenoides
- ❖ Electroválvulas



- ❖ Temporizadores
- ❖ Sensores eléctricos

II.3.5.1. Pulsadores

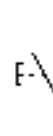
Son elementos auxiliares utilizados en maniobras de marcha y parada de circuitos eléctricos. Los pulsadores se accionan por una fuerza de origen manual la cual mueve un émbolo que a su vez cierra o abre un contacto, dependiendo de si el conmutador es normalmente abierto o cerrado, respectivamente. Un pulsador puede tener una gran variedad de contactos: N/O, N/C o una combinación de ellos. Cuando el operario deja de ejercer presión sobre el pulsador, éste regresa a su posición inicial por medio de un resorte.

II.3.5.1.1. Tipos y simbología

Existe una gran variedad de pulsadores dentro de los llamados de marcha y parada, pudiendo ser mixtos y múltiples; sin embargo, se debe tener en cuenta que lo importante para los esquemas electroneumáticos es la forma en la cual ellos se accionan. En las figuras II.89 y II.90 se hace referencia a la nomenclatura utilizada por los americanos – **ANSI** – (American Norms Standardization Institute: Instituto Norteamericano de Estandarización Editor de Normas) y europeos – **DIN** – (Deutsches Institut für Normung: Instituto Alemán de Normalización).



Norma ANSI



Norma DIN

Figura II.89. Pulsador normalmente abierto



Figura II.90. Pulsador normalmente cerrado

II.3.5.2. Interruptores

Son dispositivos que permiten conectar o desconectar un circuito eléctrico por accionamiento manual a través de un resorte, que realiza un enclavamiento mecánico de los contactos. Normalmente los interruptores se presentan en dos configuraciones: Normalmente Cerrado (N/C) y su accionamiento abre el circuito; Normalmente Abierto (N/O) y su accionamiento cierra el circuito.

Por lo general, los interruptores están provistos de un accionamiento manual que permite, con un mango, realizar la presión en los bornes elásticos, lo cual permite conectar o desconectar el dispositivo de un esquema electroneumático o similar.

II.3.5.2.1. Simbología



Figura II.91. Interruptor normalmente abierto



Figura II.92. Interruptor normalmente cerrado

II.3.5.3. Finales de Carrera

Los finales de carrera son pulsadores de marcha y parada accionados por dispositivos mecánicos móviles. Se caracterizan según sus contactos sean lentos o rápidos. En el contacto lento, la velocidad de apertura o cierre es idéntica al de accionamiento con pulsador. En el contacto rápido, no importa mucho la velocidad de acceso, ya que la conmutación se realiza en forma brusca. Son operados cuando se comprimen, por lo tanto, son considerados como sensores de contacto (microconmutadores o Microswitches).

II.3.5.3.1. Tipos de finales de carrera

Existen cuatro tipos de finales de carrera:

- a) Normalmente Abierto: N/O
- b) Normalmente Cerrado: N/C
- c) Selector de Cambio: C/O
- d) Conmutadores Especiales



CAPITULO II: Marco Teórico

a) Normalmente Abierto (N/O)

Un final de carrera normalmente abierto se muestra en la figura II.93 y al no estar activado, no deja pasar corriente.



Norma ANSI



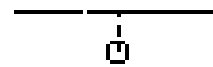
Norma DIN

Figura II.93. Final de carrera normalmente abierto no activado

En la figura anterior vemos un final de carrera N/O en su configuración normal (No Activado). El símbolo puede interpretarse que el final de carrera está activado debido a las condiciones del proceso. La presión desde abajo cierra los contactos y permite el flujo de la electricidad. Un final de carrera normalmente abierto en su posición activada se muestra en la figura II.94.



Norma ANSI



Norma DIN

Figura II.94. Final de carrera normalmente abierto activado

b) Normalmente Cerrado (N/C)

Un final de carrera normalmente cerrado permite el paso de la electricidad cuando no está activado e interrumpe el flujo cuando está activado. La figura II.95, muestra la representación esquemática del final de carrera normalmente cerrado cuando no está activado.



Norma ANSI



Norma DIN

Figura II.95. Final de carrera normalmente cerrado no activado



CAPITULO II: Marco Teórico

La figura II.96 muestra la representación esquemática del final de carrera normalmente cerrado cuando está activado por el proceso a controlar.



Figura II.96. Final de carrera normalmente cerrado activado

c) Conmutador de Cambio (C/O)

Un conmutador de cambio (CO = Change Over) tiene 3 conexiones: una entrada común (1 ó C), una salida normalmente cerrada (N/C ó 2) y una salida normalmente abierta (N/O ó 4). Al oprimir el interruptor (véase figura II.97) se abre la conexión entre C y N/C, luego se cierra la conexión entre C y N/O. Al dejar de oprimir el interruptor, éste retorna a su estado original, es decir, el contacto entre la entrada común C y N/C se abre. Con el propósito de prolongar la vida útil de los contactos, el cambio es efectuado rápidamente en un “salto”, utilizando un mecanismo como el que se muestra en la figura II.97.

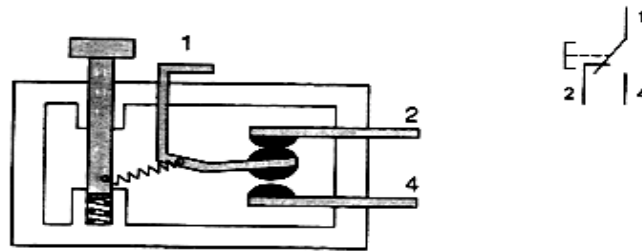


Figura II.97. Mecanismo de cambio

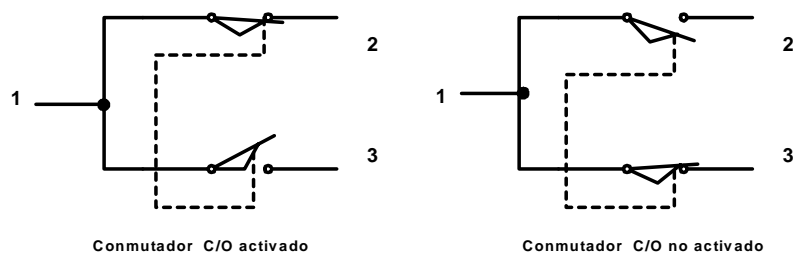


Figura II.98. Conmutadores de cambio C/O



d) Conmutadores Especiales

La figura II.99 muestra un conmutador especial, donde el contacto común (C) se representa con 1. Cuando el conmutador se encuentra en su estado normal (desactivado), este contacto cortocircuita las salidas 2 y 3, mientras el conmutador está activado, abre el contacto entre 2 y 3, y pone en corto a 4 y 5.

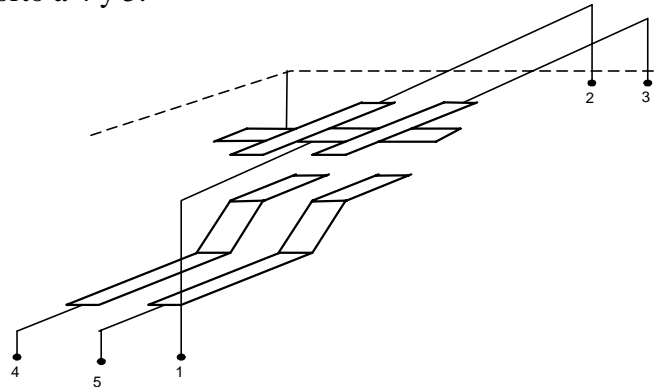


Figura II.99. Conmutadores especiales

II.3.5.4. Relés

Los relés y contactores son dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitarse un electroimán o bobina de mando. La diferencia entre relé y contactor está precisamente en la potencia que es capaz de seccionar cada uno; los relés están previstos para accionar pequeñas potencias, generalmente inferiores a 1 Kw., mientras que los contactores pueden accionar grandes potencias (centenares de kilovatios).

Los relés se suelen emplear como etapa previa para accionar dispositivos más potentes como los propios contactores, electroválvulas u otros. El relé separa en general la parte de mando, que trabaja con tensiones y corrientes débiles, de la parte de potencia, con tensiones y corrientes más elevadas. Muchas etapas de salida de autómatas utilizan relés cuyas bobinas van gobernadas directamente por los circuitos electrónicos y que aportan la ventaja de aislar eléctricamente el circuito electrónico de los contactos de utilización.



CAPITULO II: Marco Teórico

Las características más relevantes de relés y contactores son:

- **Tensión de mando:** Tensión de alimentación de la bobina de mando.
- **Potencia de mando:** Potencia necesaria para accionar la bobina de mando.
- **Tensión de aislamiento, U_i :** Tensión de prueba entre circuitos de mando y contactos.
- **Tensión de empleo, U_e :** Tensión de trabajo de los contactos de potencia.
- **Corriente térmica, I_{th} :** Corriente máxima que pueden soportar los contactos una vez cerrados sin sobrepasar los límites de calentamiento. No debe confundirse con la corriente de empleo.
- **Corriente de empleo, I_e :** Es la corriente que el dispositivo es capaz de accionar e interrumpir para cada tensión de empleo y con carga resistiva.
- **Poder de corte:** Se define por la corriente que el relé es capaz de accionar e interrumpir para cada tipo de carga (inductiva, capacitiva, motores, etc.) y para un número de maniobras determinado.

II.3.5.4.1. Tipos de relés

A) Según su forma

- a) Relés polarizados: Se aplican en la práctica siempre y cuando se disponga de sólo poca potencia de mando para la excitación del relé.



CAPITULO II: Marco Teórico

- b) Relés de Impulsos de Corriente: Son agrupaciones de contactos telegobernados, que al retirar la energía (impulso de mando) mantienen la posición de conexión ocupada por última vez.
- c) Relés de Remanencia (relés polarizados biestables): Son relés de construcción especial, con alto magnetismo remanente. Una vez efectuado el pilotaje de sus armadores articulados mantienen la posición también después de anulado el impulso de mando.
- d) Relés de Enganche: Este es un relé normal con la adición de un dispositivo mecánico de enganche.
- e) Relés Activados y Desactivados por Señal: Es un relé que necesita de un primer pulso para activar el enganche mecánico (tiene una duración de 20 milisegundos) y de un segundo pulso para liberarse.
- f) Relé de Retardo: es aquel que retarda su liberación por un período de tiempo fijo.
- g) Relé de Lengüeta: En este tipo de relé los contactos están ubicados en el centro de una ampolla de vidrio sellada, llenada con una atmósfera protectora (gas interior). La ampolla está rodeada por una bobina que crea un campo magnético, el cual activa los contactos. Este pequeño componente tiene una larga vida útil.
- h) Relés Temporizados con Circuitos Integrados: Este tipo de relé es similar a un relé eléctrico común y está constituido por componentes estándares y funcionan sin contactos mecánicos.

**B) Según su utilización**

- a) Multiplicación: Al oprimir un pulsador es posible operar varios dispositivos. El relé permite combinar diferentes operaciones dentro del circuito de control, sin arriesgar un cortocircuito.
- b) Interrupción: Al oprimir un pulsador es posible interrumpir la señal de varios dispositivos, que se encuentren asociados a relés.
- c) Inversión: Si se oprime un pulsador es posible cambiar (invertir) la señal de varios dispositivos.
- d) Autorretención: El relé puede actuar como un “elemento de memoria” en el circuito de control, y eliminar la duplicación de controles.
- e) Transferencia: Los relés permiten la transferencia de una tensión a otra, entre corriente continua y alterna.

II.3.5.4.2. Simbología

En la figura II.100 se muestra la simbología ANSI (americana) básica aplicada a relés, mientras que en la figura II.101 aparece la DIN (alemana, referencia para todas las demás simbologías europeas).

A cada bobina se le identifica mediante una(s) letra(s) y cifra(s). Los contactos asociados a esta bobina deben identificarse con estos mismos caracteres. En EE.UU., los relés de control generalmente se denominan con las letras CR (“Control Relay”) y una o más cifras. En Alemania se emplea la letra K, seguida o precedida por cifras.



Figura II.100. Simbología ANSI para relés

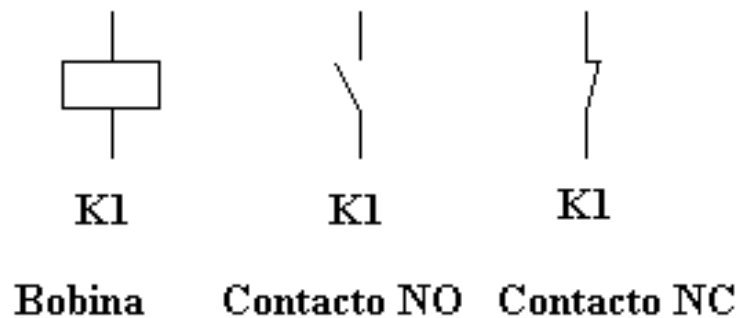


Figura II.101. Simbología DIN para relés

II.3.5.4.3. Funcionamiento del relé

Aplicando tensión a la bobina, circula corriente eléctrica por el arrollado y se crea un campo magnético que atrae la armadura hacia el núcleo de la bobina, la armadura a su vez, está unida mecánicamente a los contactos que se abren o se cierran.

Esta posición de conexión se mantiene hasta que desaparezca la tensión aplicada; entonces, debido a la fuerza de un resorte, la armadura se desplaza a su posición inicial.

El funcionamiento de un relé genérico es como se muestra a continuación:



CAPITULO II: Marco Teórico

- Se aplica corriente eléctrica que energiza la bobina entre los terminales (4) y (5).
- El núcleo fijo se magnetiza y atrae al núcleo móvil activando a todos los contactos.
- La desconexión de la corriente de la bobina le permite al resorte atraer el núcleo móvil a su posición inicial. En la figura II.102, la energización de la bobina activa dos contactos de cambio.

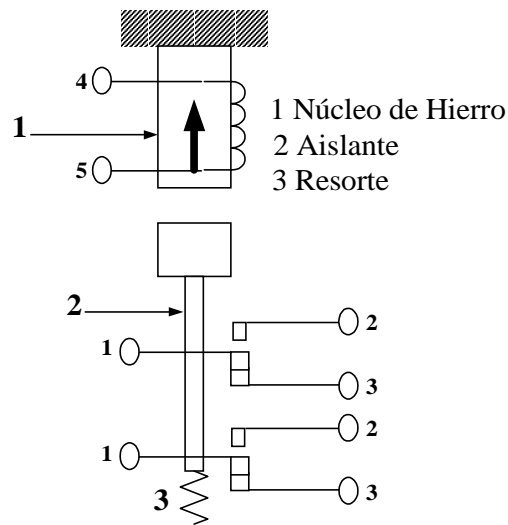


Figura II.102. Representación esquemática del relé estándar

II.3.5.5. Solenoides

A un conductor arrollado en forma de hélice como se ve en la figura II.103, se le denomina solenoide y se utiliza para producir un campo magnético intenso y uniforme en una pequeña región del espacio. El solenoide puede considerarse como un conjunto de espiras, colocadas unas al lado de otras o también en varias capas.



CAPITULO II: Marco Teórico

Para determinar el campo magnético producido en un solenoide, se emplea la ley de Ampere, la cual permite obtener un resultado aproximado, pero útil del valor de “B”, ya que la misma no contempla los efectos debidos al flujo disperso en los bordes del solenoide.

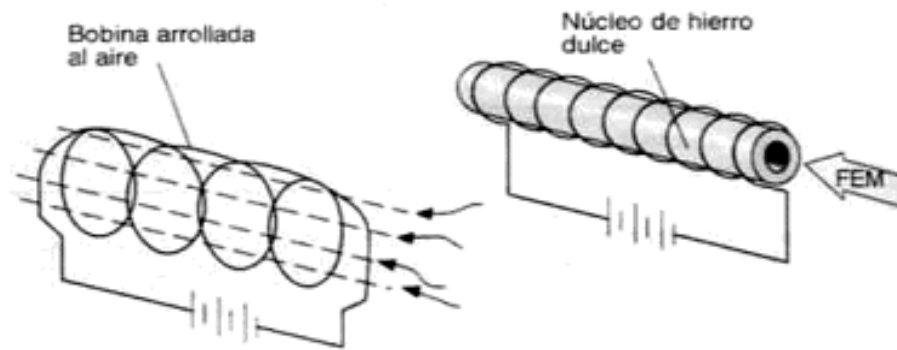
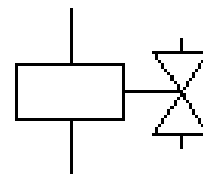


Figura II.103. Solenoide

II.3.5.5.1. Simbología



Norma ANSI



Norma DIN

II.3.5.6. Electroválvulas

Se entiende por electroválvula a válvulas oleohidráulicas o neumáticas con un accionamiento eléctrico de mando (cabeza de electroimán), las cuales traducen señales eléctricas a señales oleohidráulicas o neumáticas (ver figura II.104).



Figura II.104. Electrovalvulas

II.3.5.6.1. Tipos de electrovalvulas

Existen diversos tipos de válvulas, como se mencionó en párrafos anteriores, las cuales dependen del tipo de accionamiento para su funcionamiento. Aquí, se presentarán las electrovalvulas más comunes, como son:

a) **Electroválvula 2/2 vías, con accionamiento manual auxiliar:** Es una válvula de asiento de mando directo unilateral.

Cuando la electroválvula se encuentra en posición de reposo (sin activación del solenoide), el fluido de trabajo que llega al punto 1 ó P queda bloqueado por la acción de la armadura (conjunto muelle-pistón). (Véase figura II.105)

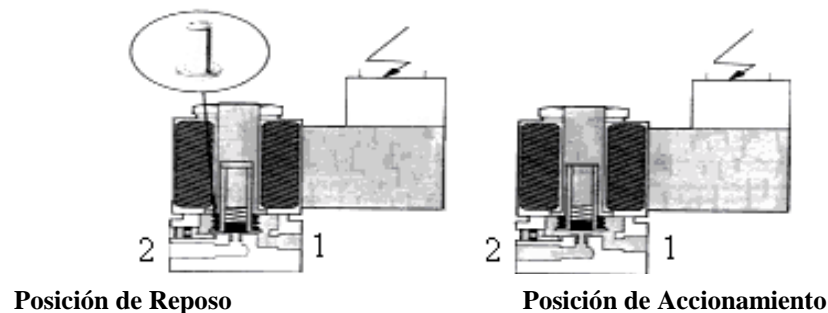


Figura II.105. Electroválvula 2/2, con accionamiento manual auxiliar



CAPITULO II: Marco Teórico

Al aplicar una señal eléctrica en la bobina, se crea un campo magnético y la armadura es atraída. El fluido fluye desde la entrada (1) hacia (2). Una vez anulada la señal eléctrica la válvula vuelve a ocupar la posición básica debido al resorte de reposición.

b) *Electroválvula 3/2, simple bobina con accionamiento manual auxiliar, normalmente cerrada:*

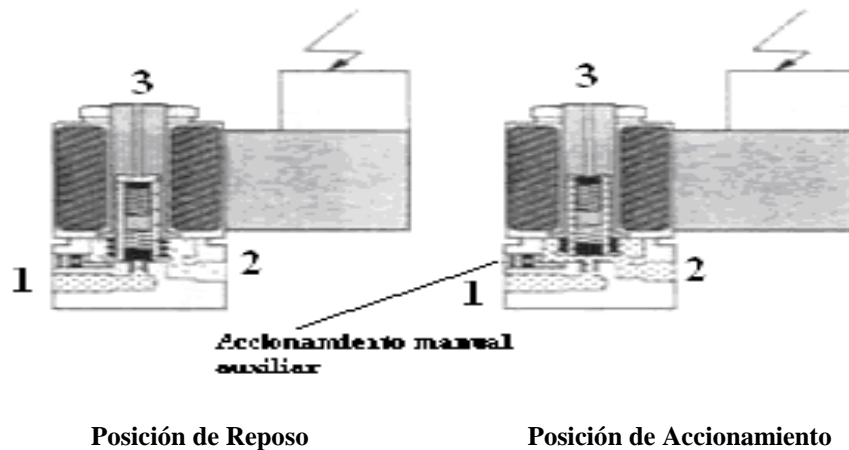


Figura II.106. Electroválvula 3/2, normalmente cerrada

Esta válvula de asiento, normalmente cerrada (NC) se activa directamente por un solenoide y regresa a su posición de reposo por la acción de un resorte (muelle). En esta válvula, la armadura del solenoide y la leva de la válvula forman una sola pieza que suele denominarse cabezal, denominándose escape la abertura de éste al exterior.

Cuando una corriente eléctrica (señal) se aplica a la bobina, se genera una fuerza electromotriz (FEM) que levanta la leva del asiento de la válvula cerrando el escape; el aire comprimido fluye desde 1(P) hacia 2(A) ya que 3(R) se halla cerrado por la parte superior de la leva. (Véase figura II.106)



CAPITULO II: Marco Teórico

c) *Electroválvula 3/2, simple bobina con accionamiento manual auxiliar, normalmente abierta*: Es otro tipo de válvula de asiento con dos (2) posiciones de conmutación posible, siendo su posición de reposo la abierta.

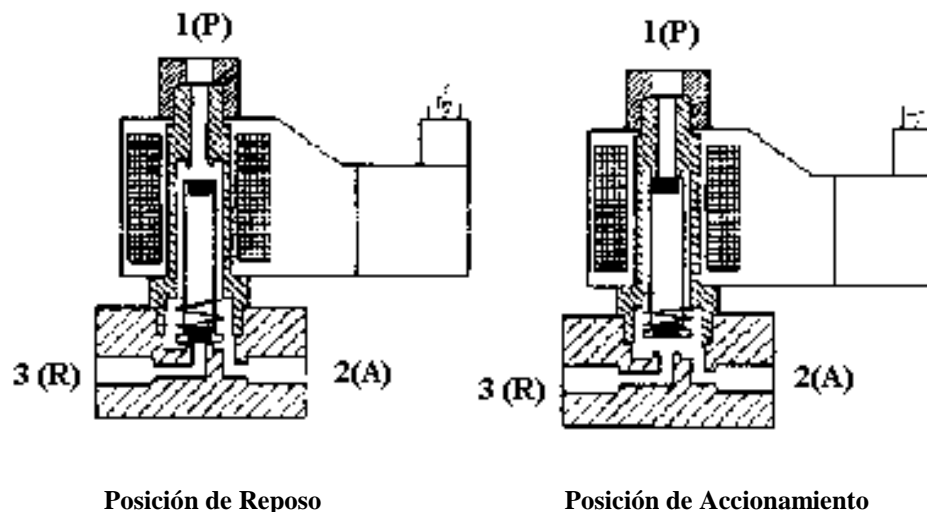


Figura II.107. Electroválvula 3/2, normalmente abierta

En esta disposición, la alimentación 1(P) está conectada al cabezal, cuando se aplica una señal eléctrica se levanta la leva, cerrando el asiento superior y con ello la alimentación. Al mismo tiempo, el asiento inferior libera el aire de la salida 2(A) hacia el escape 3(R). (Véase figura II.107)

e) *Electroválvula 3/2, servopilotada con accionamiento manual auxiliar*: La diferencia entre esta válvula y la de control directo es la adición de un pilotaje interno. Este puede considerarse como un amplificador, ya que la fuerza que genera el solenoide es amplificada por la válvula piloto, proporcionando una mayor fuerza de actuación.

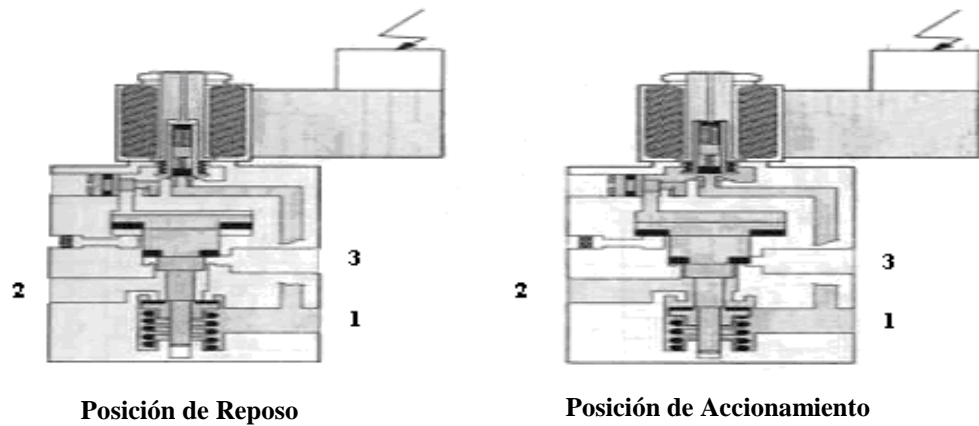


Figura II.108. Electroválvula 3/2, servopilotada

En estado de reposo, la alimentación en 1(P) actúa sobre el disco de asiento forzándolo contra la junta y bloqueando el paso hacia 2(A); la salida 2(A) se halla descargada a la atmósfera a través del escape 3(R). Cuando se aplica una señal eléctrica, se levanta la leva del pilotaje abriendo el paso del aire 1(P) a través del conducto piloto hacia el émbolo de accionamiento de la válvula. Dada la diferencia de presiones entre el émbolo y el asiento, la válvula se abre, fluyendo aire desde 1(P) hacia 2(A), al mismo tiempo que se cierra el escape 3(R) por la junta superior. Si la bobina se desactiva, el aire del pilotaje se descarga a través de la armadura del solenoide, la presión 1(P) se bloquea y se conecta 2(A) con 3(R). (Véase figura II.108)

- f) **Electroválvula 4/2, servopilotada con accionamiento manual auxiliar:** Para accionar cilindros de doble efecto se precisan válvulas con dos salidas. La válvula 4/2 es similar a la combinación de dos válvulas de 3/2, una normalmente cerrada y otra normalmente abierta, estando una de ellas siempre activa, mientras que la otra se mantiene en reposo.

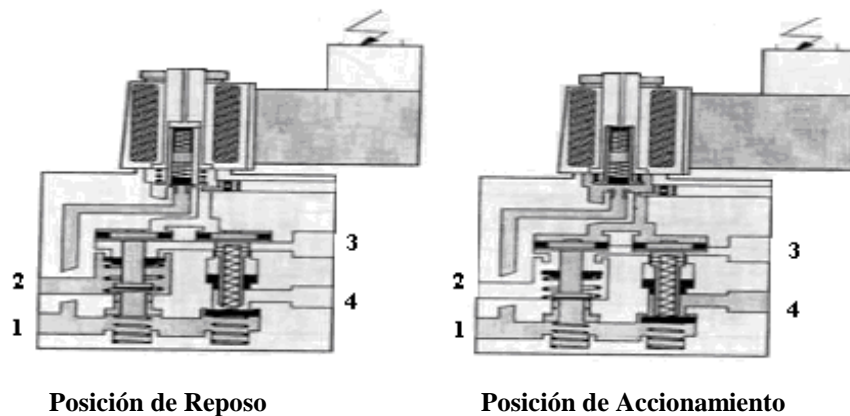


Figura II.109. Electroválvula 4/2, servopilotada con accionamiento manual auxiliar

En la posición inicial, la presión en 1(P) se dirige hacia 2(B), mientras que el paso hacia 4(A) está cerrado, encontrándose las conexiones 3(R) y 4(A) conectadas a través del interior del vástago de la válvula. La activación del solenoide levanta la leva de pilotaje, fluyendo el aire de la alimentación 1(P) hacia los dos émbolos de las válvulas que actúan al mismo tiempo; el aire que circula ahora de 1(P) hacia 4(A), mientras que el paso hacia 2(B) se cierra, descargándose hacia 3(R). Al mismo tiempo se cierra la conexión entre 3(R) y 4(A). (Véase figura II.109).

f) **Electroválvula 5/2, servopilotada con accionamiento manual auxiliar:** La válvula 5/2 realiza una función parecida a la de 4/2, la diferencia es que tiene dos escapes independientes, mientras que la 4/2 tiene un único escape. En posición inicial, el muelle fuerza el disco de junta bloqueando el paso de 1(P) hacia 3(S); el muelle también fuerza otro disco impidiendo la salida de 1(P) hacia 4(A). La junta opuesta (lado del solenoide) permite la descarga de 4(A) hacia 5(R) y el disco central permite el paso de 1(P) hacia 2(B). La activación del solenoide permite el paso de aire de pilotaje y cuando se recibe presión del lado derecho se desplazan todas las juntas internas de la válvula, resultando:

- El aire escapa de 2(B) hacia 3(S)
- El escape 5(R) se bloquea



CAPITULO II: Marco Teórico

- El aire fluye ahora de 1(P) hacia 4(A)

Dado el corto recorrido de actuación, las bajas fuerzas de fricción y el accionamiento por pilotaje, esta ejecución puede utilizar un solenoide pequeño, lo cual le proporciona un breve tiempo de respuesta. (Véase figura II.110)

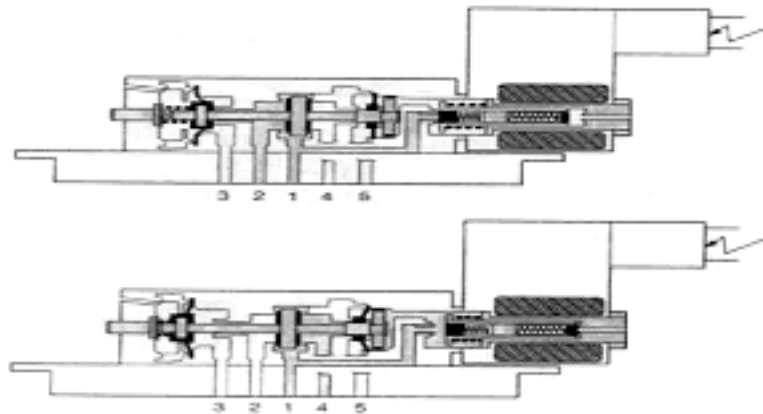


Figura II.110. Electroválvula 5/2, servopilotada con accionamiento manual auxiliar

f) **Electroválvula 5/2, doble pilotada con accionamiento manual auxiliar:** Las válvulas mencionadas anteriormente utilizan un muelle para devolver la válvula a su estado inicial, es decir, el solenoide accionaba la válvula en un sentido y el muelle lo hacía en sentido opuesto. Esto significa que al quedar sin tensión la bobina, la válvula regresa a su posición inicial, lo cual debe considerarse a la hora de diseñar un circuito.

Con válvulas de doble solenoide, el muelle no es necesario, ya que se sustituye por otro solenoide. Si llamamos Y1 y Y2 respectivamente a los solenoides de la válvula, y suponiendo que la última señal aplicada fuera a Y1, el aire fluye de 1(P) hacia 2(B) mientras que 4(A) se descarga por 5(R). Al quitar la señal de Y1 la válvula permanece estable y no se producen cambios.



CAPITULO II: Marco Teórico

Al aplicar una señal en Y2, la válvula conmuta en sentido contrario y el aire fluye de 1(P) a 4(A) y 2(B) se descarga por 3(S).

A diferencia de la válvula con retorno por muelle, ésta permanece en la última posición tomada en forma estable, incluso en caso de fallo de tensión. Esto significa que la válvula es biestable, es decir, tiene un comportamiento memorizante. En circuitos electroneumáticos, esta característica tiene varias ventajas, entre ellas que basta un pulso de 10 a 25 ms para disparar la válvula. La potencia eléctrica puede reducirse al mínimo, y en circuitos con secuencia compleja puede mantenerse la posición de las válvulas y cilindros sin necesidad de recurrir a complicados enclavamientos del circuito. (Véase figura II.111)

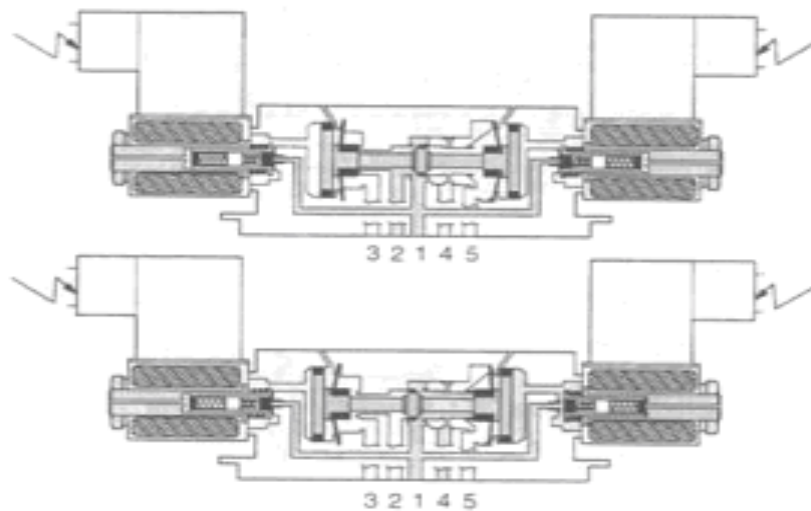


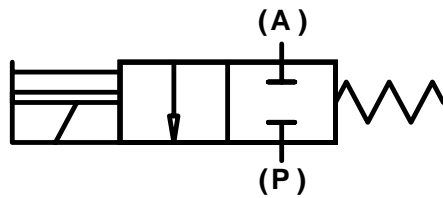
Figura II.111. Electroválvula 5/2, doble pilotada con accionamiento manual auxiliar



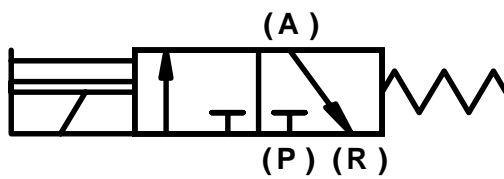
CAPITULO II: Marco Teórico

II.3.5.6.2. Simbología

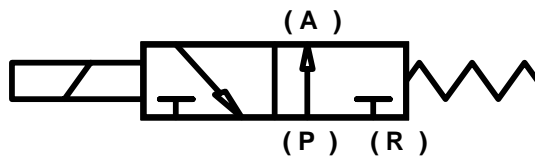
Electroválvula 2/2 con accionamiento manual auxiliar



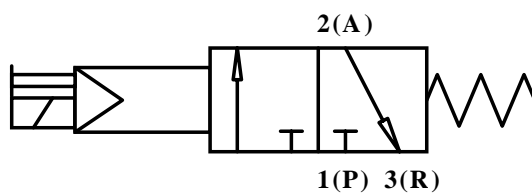
Electroválvula 3/2 con accionamiento manual auxiliar



Electroválvula 3/2 abierta en posición de reposo



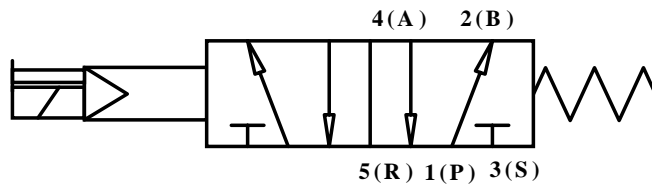
Electroválvula 3/2 cerrada en posición de reposo servopilotada



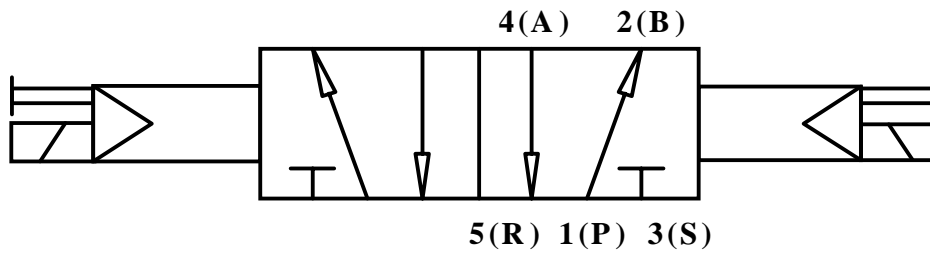


CAPITULO II: Marco Teórico

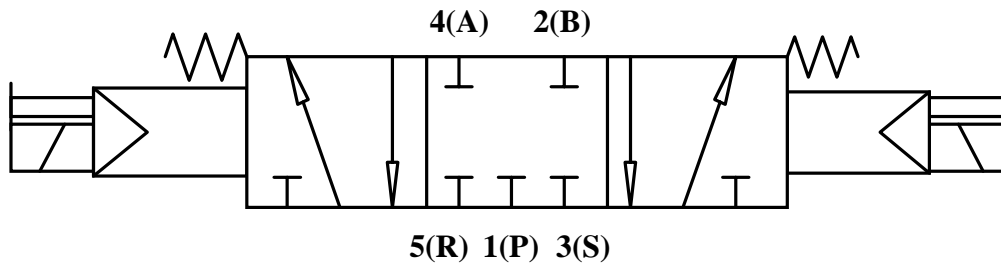
Electroválvula 5/2 servopilotada



Electroválvula 5/2 doble pilotada



Electroválvula 5/3 doble pilotada con centro cerrado





II.3.5.7. Temporizadores

Es un dispositivo eléctrico al cual se le asigna un tiempo para su activación y que puede instalarse en cualquier circuito de control para obtener retardos de tiempo. Igualmente permite abrir o cerrar un contacto al inicio o final del intervalo de tiempo preestablecido.

II.3.5.7.1. Tipos de temporizadores

- a) Temporizador de retardo de activación (ON DELAY): Existe un retardo entre el tiempo en el cual la bobina es energizada y la operación de los contactos asociados a la misma. Cuando se desenergiza la bobina los contactos cambian inmediatamente.

- b) Temporizador de retardo de desactivación (OFF DELAY): Los contactos operan inmediatamente después de la energización de la bobina, y cuando se interrumpe la corriente en la bobina, existe un retardo (tiempo preestablecido) antes que los contactos retornen a su estado anterior.

II.3.5.7.2. Simbología

Contacto temporizado a la conexión, NA:



Norma ANSI



Norma DIN



CAPITULO II: Marco Teórico

Contacto temporizado a la conexión, NC:



Norma ANSI



Norma DIN

Contacto temporizado a la desconexión, NA:



Norma ANSI



Norma DIN

Contacto temporizado a la desconexión, NC:



Norma ANSI



Norma DIN

II.3.5.8. Sensores

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio, es decir, la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También, es capaz de medir una cantidad como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Esta información, o salida del sensor, es la base del proceso de monitoreo y control de un proceso de fabricación.



II.3.5.8.1. Sensores de contacto

Los sensores de contacto son dispositivos electromecánicos que detectan cambios a través del contacto físico directo con el objeto en cuestión, esto es:

- Generalmente no requieren de energía eléctrica.
- Pueden soportar más corriente y tolerar mejor las alteraciones de la línea eléctrica.
- Generalmente son más fáciles de entender y diagnosticar.

Los encoders, los interruptores de final de carrera y los interruptores de seguridad son sensores de contacto. Los encoders transforman el movimiento de la máquina en señales y datos. Los interruptores de final de carrera se utilizan cuando es posible un contacto físico con el objeto. Los interruptores de seguridad ofrecen resistencia a posibles interpolaciones y contactos de apertura directa, lo cual permite utilizarlos como protectores de máquinas y paradas de emergencia.

II.3.5.8.2. Sensores sin contacto

Son dispositivos electrónicos de estado sólido que crean un campo de energía o haz y reaccionan ante una alteración en ese campo. Algunas características de los sensores sin contacto son:

- No se requiere contacto físico.
- No tienen componentes móviles que puedan atascarse, desgastarse o romperse (por lo tanto, necesitan menos mantenimiento).
- Generalmente operan más rápido.
- Son más flexibles en cuanto a su aplicación.



Los sensores fotoeléctricos, inductivos, capacitivos, magnéticos corresponden a sensores sin contacto. Al no haber contacto físico, se elimina la posibilidad de desgaste; sin embargo, en raras ocasiones podría haber una interacción entre el sensor y el objeto. Los sensores sin contacto también son susceptibles a la energía emitida por otros dispositivos o procesos.

II.3.5.8.3. Sensores de proximidad inductivos

Los sensores de proximidad inductivos son dispositivos de estado sólido diseñados para detectar objetos metálicos. Los sensores de proximidad inductivos operan según el principio del oscilador neutralizado de corrientes parásitas (ECO, Eddy Current Killed Oscillator). Estos sensores se diseñan para generar un campo electromagnético, y cuando un objeto metálico entra en este campo, se inducen corrientes de superficie (corrientes parásitas) en el objeto metálico, las cuales restan energía al campo electromagnético, dando lugar a una pérdida de energía en el circuito del oscilador y, por tanto, a una reducción de la amplitud de la oscilación. El circuito activador detecta este cambio y genera una señal de encendido o apagado. Cuando el objeto sale del campo electromagnético, el oscilador se regenera y el sensor vuelve a su estado normal.

Los sensores de proximidad inductivos detectan tanto metales férricos (que contienen hierro) como no férricos. Generalmente, estos dispositivos se utilizan para detectar la posición de objetos metálicos en procesos de maquinado automatizado y en operaciones de detección de presencia de envases metálicos en procesos automatizados de envasado de alimentos o bebidas. Un sensor de proximidad inductivo consta de cuatro componentes básicos (ver figura II.112).

- Conjunto de núcleo / bobina: este genera un campo electromagnético a partir de la energía eléctrica suministrada por el oscilador.
- Oscilador: suministra energía eléctrica al conjunto de núcleo de ferrita y bobina.



CAPITULO II: Marco Teórico

- Circuito activador: detecta los cambios en la amplitud de la oscilación. Estos cambios se producen cuando un objeto metálico entra o sale del campo electromagnético irradiado desde la cara del sensor.
- Salida de estado sólido: cuando se detecta un cambio suficiente en el campo electromagnético, la salida de estado sólido proporciona una señal eléctrica para la conexión en interfase con un PLC o una lógica de máquina. Esta señal indica la presencia o ausencia de un objeto metálico en el campo de detección.

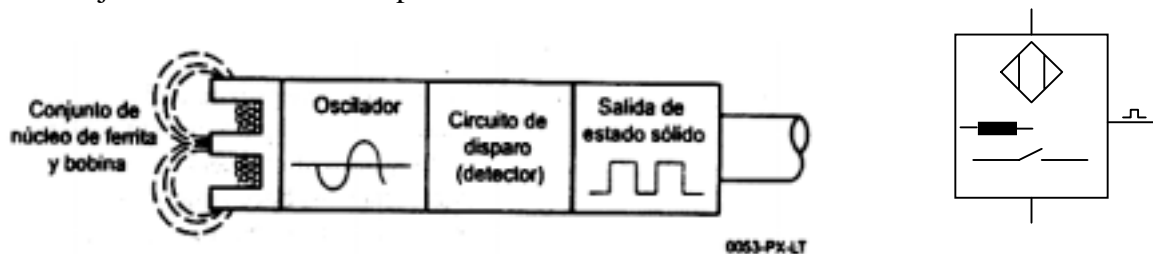


Figura II.112. Componentes de un sensor inductivo y simbología asociada

II.3.5.8.3.1. Ventajas y desventajas de los sensores de proximidad inductivos

Ventajas

- ❖ No se ven afectados por la humedad.
- ❖ No se ven afectados por el polvo o la suciedad.
- ❖ Carecen de partes móviles, por lo que no hay desgaste mecánico.
- ❖ No dependen del color.
- ❖ Tienen una dependencia menor de la superficie que otras tecnologías de detección.



Desventajas

- ❖ Sólo detectan la presencia de objetos metálicos.
- ❖ El margen de operación es más corto que el de otros dispositivos de detección disponibles.
- ❖ Pueden verse afectados por campos electromagnéticos intensos.

II.3.5.8.4. Sensores de proximidad capacitivos

Los sensores capacitivos permiten detectar objetos metálicos y no metálicos, sólidos y líquidos, si bien son más apropiados para detectar objetos no metálicos debido a sus características y costo en comparación con los sensores de proximidad inductivos.

Los sensores de proximidad capacitivos son similares a los inductivos en cuanto a su tamaño, forma y “concepto”. Sin embargo, a diferencia de estos últimos que utilizan campos magnéticos para detectar objetos, los sensores de proximidad capacitivos reaccionan a alteraciones en campos electrostáticos. La sonda situada detrás de la cara del sensor es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.



CAPITULO II: Marco Teórico

La capacidad del sensor para detectar el objeto depende del tamaño y de la constante dieléctrica del objeto, así como de su distancia con respecto al sensor. Un sensor de proximidad capacitivo consta de cinco componentes básicos (ver figura II.113).

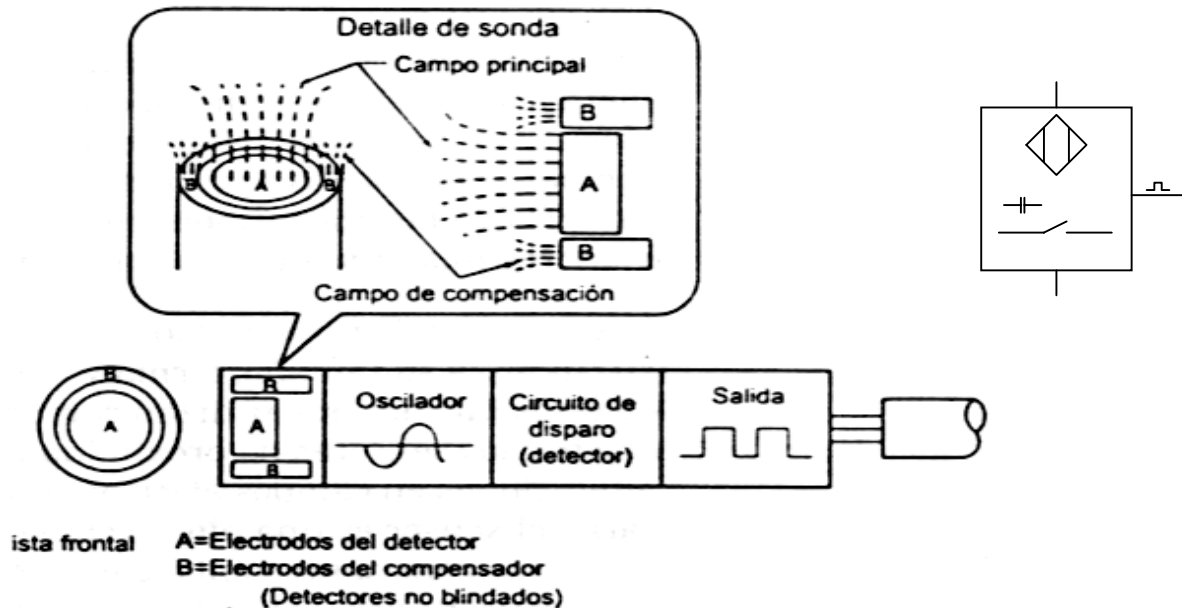


Figura II.113. Componentes de un sensor capacitivo y simbología asociada

- Sonda o placa capacitiva: irradia un campo electrostático que genera un acoplamiento capacitivo entre la sonda y el objeto que entra en el campo.
- Oscilador: suministra energía eléctrica a la sonda o placa capacitiva.
- Circuito de disparo: detecta los cambios en la amplitud de la oscilación. Los cambios ocurren cuando un objeto entra o sale del campo electrostático irradiado desde la cara del sensor.
- Señal del sensor: una vez detectado un cambio suficiente en el campo electrostático, la salida de estado sólido genera una señal eléctrica que la debe interpretar un dispositivo de interfase



CAPITULO II: Marco Teórico

tal como un PLC. Esta señal indica la presencia o ausencia de un objeto metálico en el campo de detección.

- Potenciómetro de ajuste: como su nombre lo indica, se emplea para ajustar la sensibilidad del dispositivo, esto es, si el potenciómetro se gira a la derecha (sentido horario), la sensibilidad aumenta; si se gira a la izquierda (sentido antihorario), la sensibilidad disminuye.

II.3.5.8.4.1. Ventajas y desventajas de los sensores de proximidad capacitivos

Ventajas

- ❖ Detectan objetos metálicos y no metálicos, así como líquidos y sólidos.
- ❖ Pueden “ver a través” de ciertos materiales (cajas de productos).
- ❖ Son de estado sólidos y tienen una larga vida útil.
- ❖ Disponen de muchas configuraciones de montaje.

Desventajas

- ❖ Distancia de detección corta (1 pulgada o menos) que varía en función del material detectado.
- ❖ Son muy sensibles a factores ambientales: la humedad en climas costeros o lluviosos puede afectar el resultado de la detección.



- ❖ No son selectivos con respecto al objeto detectado: es esencial controlar qué es lo que se aproxima al sensor.

II.3.5.8.5. Sensores fotoeléctricos

En su forma más básica, un sensor fotoeléctrico se puede considerar como un interruptor en el que la función del accionador mecánico o palanca se sustituye por un haz de luz. Al sustituir la palanca por un haz de luz, el dispositivo se puede utilizar en aplicaciones que requieren distancias de detección que vayan de menos de 2.54 centímetros (1 pulgada) a cien metros o más (varios cientos de pies).

Todos los sensores fotoeléctricos operan detectando un cambio en la cantidad de luz recibida por un fotodetector, este cambio de luz permite al sensor captar la presencia o ausencia del objeto así como su tamaño, reflectividad, opacidad, translucidez o color. Estos dispositivos logran una detección precisa de objetos sin contacto físico. Existe una gran variedad de sensores fotoeléctricos, cada uno de los cuales ofrece una combinación única de funciones de detección, características de salidas y opciones de montaje. Muchos sensores cuentan con funciones incorporadas de lógica o conexión en red de dispositivos que les permiten operar de manera autónoma en aplicaciones que de otra manera necesitarían circuitos lógicos externos o un controlador programable. Los sensores fotoeléctricos constan de cinco componentes básicos (ver figura II.114).

- Fuente de luz: la mayoría de los sensores fotoeléctricos utilizan un diodo emisor de luz (LED) como fuente de luz.
- Detector de luz: es un componente de estado sólido (fotodiodo o fototransistor) que proporciona un cambio en la corriente conducida dependiendo de la cantidad de luz recibida.



CAPITULO II: Marco Teórico

- Lentes: generalmente, los LED emiten luz y los fotodetectores son sensibles a la luz en una amplia zona, para estrechar o definir esta zona se utilizan lentes con los LED y fotodetectores.
- Circuito lógico: proporciona la electrónica necesaria para modular el LED, ampliar la señal del sensor y determinar si se debe activar la salida.
- Dispositivo de salida: una vez detectado el cambio de luz suficiente, el detector fotoeléctrico activa un dispositivo de salida, comercialmente existen una variedad de salidas discretas y analógicas, cada una con sus propias ventajas y desventajas.

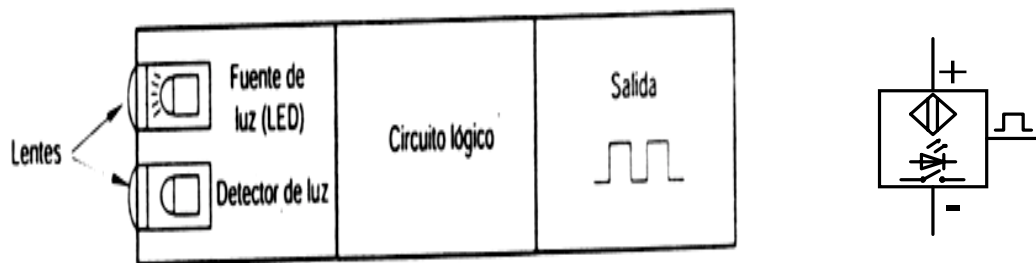


Figura II.114. Componentes de un sensor fotoeléctrico y simbología asociada

II.3.5.8.5.1. Ventajas y desventajas de los sensores fotoeléctricos

Ventajas

- ❖ Por norma general, siempre es mejor utilizar sensores fotoeléctricos de haz transmitido.
- ❖ A causa del haz efectivo claramente definido, los sensores de haz transmitido suelen ser los más confiables para el conteo exacto de piezas.



CAPITULO II: Marco Teórico

- ❖ El uso de sensores de haz transmitido elimina la variable del color o la reflectividad de la superficie.
- ❖ Tienen bajos costos de mantenimiento, debido a su capacidad de detectar a través de superficies con suciedad acumulada.
- ❖ Pueden detectar piezas pequeñas o posiciones precisas (utilizando pequeñas aberturas o fibras ópticas).
- ❖ Detectan líquidos o sólidos opacos dentro de contenedores translúcidos o transparentes.
- ❖ Al usar un emisor y receptor mecánicamente convergentes se puede detectar la diferencia entre una superficie brillante y una opaca basándose en el reflejo especular.

Desventajas

- ❖ Cuando se utilizan a corta distancia, algunos detectores de haz transmitidos tienen tanto margen que tienden a ver a través de materiales opacos delgados (papel, tela, etc.) y resulta difícil establecer un punto de operación de control de sensibilidad debido al exceso de margen.
- ❖ Las piezas muy pequeñas que no alcanzan a interrumpir el 50% del haz efectivo pueden ser difíciles de detectar con exactitud.
- ❖ Es posible que la detección de haz transmitido no sea la adecuada para detectar objetos translúcidos o transparentes.



II.3.5.8.6. Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos (microinterruptores magnéticos ó Reeds) actúan sin contacto mecánico y tienen muchas ventajas sobre los sensores convencionales para multitud de aplicaciones. Generalmente, los sensores magnéticos son más compactos y fáciles de instalar, lo cual aumenta las ventajas de su instalación en espacios pequeños; tienen una rapidez de actuación muy alta. No están sujetos a fatigas mecánicas que puedan producirles daños.

Los sensores magnéticos constan de una ampolla de vidrio llena de gas inerte en la cual dos pequeñas laminillas imantadas intentan juntarse sin conseguirlo, al no tener fuerza de atracción de entidad suficiente para vencer su propia rigidez. Cuando esta ampolla entra en el campo de acción de un campo magnético más fuerte, se refuerza el campo propio de las laminillas que vencen su rigidez y se juntan, haciendo el contacto eléctrico. Cuando desaparece el campo magnético exterior, la fuerza que las mantiene junta vuelven a su pequeño valor residual y su rigidez las separa, quedando el circuito eléctrico interrumpido. (Ver figura II.115).

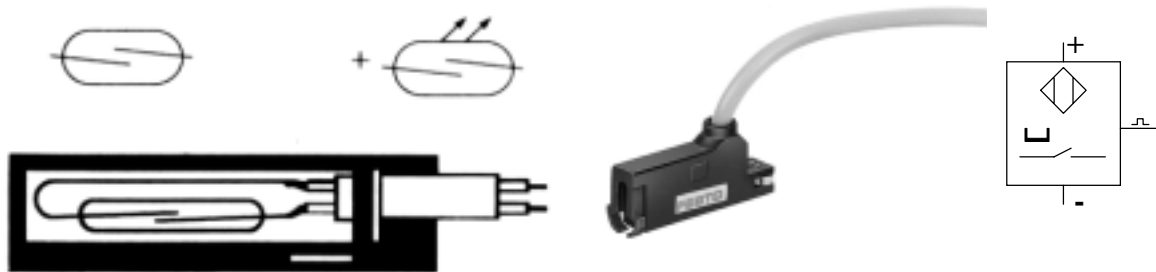


Figura II.115. Contacto accionado por campo magnético ("Reed")

Para facilitar la manejabilidad de los contactos del sensor magnético, se construyen encerrándolos en un bloque de resina inyectada que fija los cables conectores o el enchufe, según sea el caso, formando un conjunto compacto.



CAPITULO II: Marco Teórico

Como en los casos anteriores, se disponen de sensores magnéticos normalmente abiertos y normalmente cerrados.

En los cilindros modernos se dispone de acanaladuras, en toda su longitud, que permiten situar y fijar adecuadamente estos sensores en cualquier punto de su carrera. Los sensores cambian de condición cuando el émbolo magnético del cilindro se aproxima por el interior del tubo. Para la fabricación de los tubos de los cilindros deben emplearse materiales tales como aluminio extruido, latón pulido, plástico, poliéster reforzado con fibra de vidrio, etc., para evitar interferencia con los sensores.

Debe hacerse notar que los sensores magnéticos no deben instalarse en las proximidades de máquinas que generan campos magnéticos importantes, como las máquinas de soldadura.

II.3.5.9. Convertidor neumático-eléctrico (Presostato)

Este dispositivo híbrido combina una leva actuada neumáticamente con un interruptor eléctrico.

Cuando una señal neumática de suficiente presión para vencer la fuerza del muelle, se aplica sobre el diafragma, la fuerza resultante acciona la leva. La fuerza requerida para accionar la leva se controla por medio de un tornillo ajustable. El movimiento de la leva acciona un microrruptor a través de una palanca.

Esta ejecución incorpora un contacto conmutador y la salida puede ser con o sin presión, dependiendo del contacto utilizado. El estado de la salida se mantiene mientras haya suficiente presión en la entrada 14 para mantener presionado el muelle (ver figura II. 116). Este convertidor



CAPITULO II: Marco Teórico

(denominado también presostato) puede regularse para funcionar en el margen de presiones desde 1 a 10 bar.

Los convertidores neumático-eléctricos se instalan en los controles electroneumáticos en los que se requiere una determinada presión para funcionar (controles dependientes de la presión). La señal de salida sólo se transmite si se ha alcanzado una determinada presión.

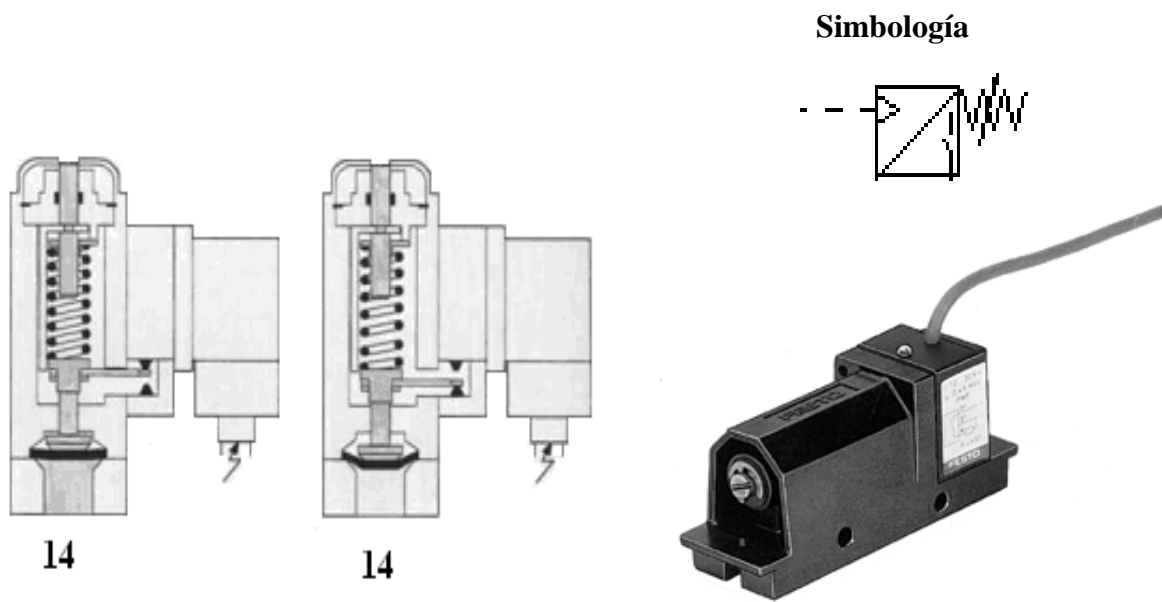


Figura II.116. Convertidor neumático-eléctrico (Presostato)