

TEMA 61: CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS. ELEMENTOS COMPONENTES Y CIRCUITOS TÍPICOS DE POTENCIA Y CONTROL.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.

2. ELEMENTOS COMPONENTES:

2.1. ELEMENTOS PRODUCTORES O DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA:

a) Bombas hidráulicas:

- De engranajes.
- De paletas.
- De émbolo o pistones.
- De husillos o lóbulos.

b) Compresores neumáticos:

* Volumétricos:

- De émbolo oscilante (de pistón y de membrana).
- Rotativos.
- Helicoidales.

* Turbocompresores (radiales y axiales).

2.2. ELEMENTOS DE ENTRADA DE SEÑAL O SENSORES:

* Elementos de mando por contacto:

- Válvulas accionadas manualmente (con pulsador, palanca, pedal, etc.).
- “ “ “ mecánicamente (por leva, por muelle, por rodillo o por rodillo abatible).
Son los denominados finales de carrera.

* Elementos de mando sin contacto (sólo neumáticos):

- Detectores de paso (por barrera de aire y de horquilla).
- Detectores de proximidad (reflex, por obturación de fuga y magnéticos).

2.3. ELEMENTOS PROCESADORES:

- Válvulas selectoras (función “O” o “OR”).
- Válvulas de simultaneidad (función “Y” o “AND”).
- Temporizadores neumáticos.

2.4. ELEMENTOS DE MANIOBRA O MANDO (O DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL):

- Válvulas distribuidoras o direccionales.
- “ “ reguladoras de presión. Generalmente, se representan en esquemas
- “ “ “ caudal. como elementos auxiliares de mando

2.5. ELEMENTOS DE SALIDA O ACTUADORES:

a) Cilindros:

- De simple efecto.
- De doble efecto.

b) Motores giratorios (rotativos):

- De émbolos.
- De paletas.
- De engranajes.
- De turbina.

2.6. ELEMENTOS AUXILIARES:

- Filtros (de eficacia geométrica y estadística).
- Válvulas (antirretorno y de seguridad o limitadoras de presión).
- Tuberías.
- Acumuladores o calderines.
- Aditivos y lubricantes.

3. ESQUEMAS Y CIRCUITOS TÍPICOS DE POTENCIA Y CONTROL:

- Normas a seguir para la representación y numeración de elementos en esquemas.
- Esquemas de regulación de velocidad en cilindros.
- Esquemas de mando de cilindros de simple y doble efecto, con y sin regulación de velocidad.
- Esquemas de utilización de las válvulas OR (“O”) y AND (“Y”).
- Esquema de utilización de una válvula de secuencia como condición de retorno.
- Esquema de utilización de un temporizador neumático.
- Esquemas varios de aplicación de circuitos neumáticos e hidráulicos.

4. SIMBOLOGÍA**5. PROBLEMAS**

1. INTRODUCCIÓN:

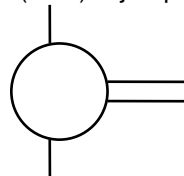
En el campo tecnológico, la aplicación de los circuitos hidráulicos y neumáticos ocupa un lugar muy importante, sobre todo en lo que se refiere a las máquinas y a los procesos de producción automatizados.

La Neumática y la Hidráulica (u Oleohidráulica) son prácticamente lo mismo. Lo que las diferencia es el fluido con que trabajan cada una de ellas, pudiendo decir que:

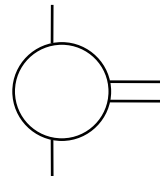
- La **Neumática** estudia los circuitos que funcionan utilizando como fluido el aire a presión, siendo éste un fluido susceptible de ser comprimido. Son sistemas, en general, con mayores limitaciones de potencia, con unas *presiones de trabajo que oscilan entre 7 y 8 bar*, y unos esfuerzos generalmente inferiores a 3000 Kp.
- La **Hidráulica u Oleohidráulica** estudia los circuitos que funcionan utilizando aceite como fluido, siendo éste incompresible. Aquí tiene mucha importancia el estudio de propiedades como la viscosidad del aceite utilizado, pues influye directamente en el rendimiento de la instalación. Son sistemas más caros que los neumáticos, ya que precisan de un circuito adicional de retorno de aceite para poder utilizarlo de nuevo (lo que no sucede en los circuitos neumáticos). Sin embargo, con estos sistemas podemos conseguir una mayor potencia en la instalación, con unas *presiones de trabajo mucho mayores (de hasta 1000 bar o incluso más)* y sin limitación de esfuerzos.

La simbología utilizada para ambos tipos de circuitos es similar (ver hojas anexas al final), diferenciándose básicamente en dos detalles:

- Los triángulos que indican el flujo en las instalaciones hidráulicas son rellenos (), mientras que en neumática no (). Ejemplo:

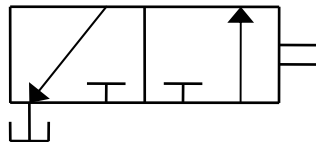


Motor hidráulico



Motor neumático

- Para evitar la representación de las tuberías de retorno en los esquemas, en las válvulas hidráulicas se indica junto al escape el símbolo de depósito o tanque (T) así:



En ambos casos (Neumática e Hidráulica), resulta de aplicación el principio de Pascal, que dice: “La presión aplicada a un fluido se transmite por igual a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene”. Si el fluido es incompresible (Oleohidráulica), la variación de presión de un punto a otro se transmite instantáneamente; en cambio, si es compresible (Neumática), la respuesta es algo más lenta, pues la variación de presión en un punto se propaga en todo el fluido como una onda a la velocidad del sonido.

Como ventajas más importantes comunes a ambos sistemas podemos citar:

- Producción de movimientos lineales alternativos.
- Desarrollo de grandes presiones (mayores en el caso de la Hidráulica).
- Bajo riesgo de explosiones, ausencia de cortocircuitos y baja peligrosidad por ausencia de chispas, que les hace ser sistemas ideales para utilizar en aplicaciones con riesgos de explosión (minas, refinerías, etc.).

Como ventajas más importantes de los sistemas hidráulicos frente a los neumáticos, podemos citar las siguientes:

- Fácil regulación de la velocidad, pues, al ser el aceite un fluido incompresible, no tienen lugar los efectos que se producen en los circuitos neumáticos y que hacen difícil una regulación de velocidad estable.
- En los circuitos neumáticos, la reversibilidad de los accionamientos debe pasar generalmente por un punto muerto antes de invertir el sentido de marcha; en los mecanismos hidráulicos no es necesario, se puede invertir instantáneamente.
- Con componentes de tamaño reducido es posible el movimiento de otros más grandes; basta con emplear sistemas a alta presión (más de 150 bar).
- Los actuadores hidráulicos pueden detenerse en cualquier posición, debido a la incompresibilidad

del líquido. En cambio, con el aire, tanto por ser compresible como por las mayores fugas, es difícil evitar la vibración del actuador en torno a la posición.

2. ELEMENTOS COMPONENTES:

En los circuitos hidráulicos y neumáticos, los elementos componentes se pueden clasificar en 5 niveles básicos, coincidiendo con su representación de abajo a arriba en los esquemas. Estos niveles son:

1) Elementos productores o de abastecimiento de energía:

a) Bombas hidráulicas:

- De engranajes.
- De paletas.
- De émbolo o pistones.
- De husillos o lóbulos.

b) Compresores neumáticos:

* Volumétricos:

- De émbolo oscilante (de pistón y de membrana).
- Rotativos.
- Helicoidales.

* Turbocompresores (radiales y axiales).

2) Elementos de entrada de señal o sensores:

* Elementos de mando por contacto:

- Válvulas accionadas manualmente (con pulsador, palanca, pedal, etc.).
- “ “ mecánicamente (por leva, por muelle, por rodillo o por rodillo abatible).
Son los denominados finales de carrera.

* Elementos de mando sin contacto (sólo neumáticos):

- Detectores de paso (por barrera de aire y de horquilla).
- Detectores de proximidad (reflex, por obturación de fuga y magnéticos).

3) Elementos procesadores:

- Válvulas selectoras (función “O” o “OR”).
- Válvulas de simultaneidad (función “Y” o “AND”).
- Temporizadores neumáticos.

4) Elementos de maniobra o mando (o de tratamiento de la señal):

- Válvulas distribuidoras o direccionales.
- “ reguladoras de presión. Generalmente, se representan en esquemas
- “ “ caudal. como elementos auxiliares de mando¹.

5) Elementos de salida o actuadores:

a) Cilindros:

- De simple efecto.
- De doble efecto.

b) Motores giratorios (rotativos):

- De émbolos.
- De paletas.
- De engranajes.
- De turbina.

Finalmente, señalar que también existen unos elementos auxiliares (que no estarían en ningún nivel

¹ Los elementos auxiliares de mando son los que se encuentran situados en los esquemas entre los elementos de mando y los actuadores.

concreto), como son:

- Filtros (de eficacia geométrica y estadística).
- Válvulas (antirretorno y de seguridad).
- Tuberías y conexiones.
- Acumuladores o calderines (sólo en circuitos neumáticos).
- Lubricadores o aditivos.

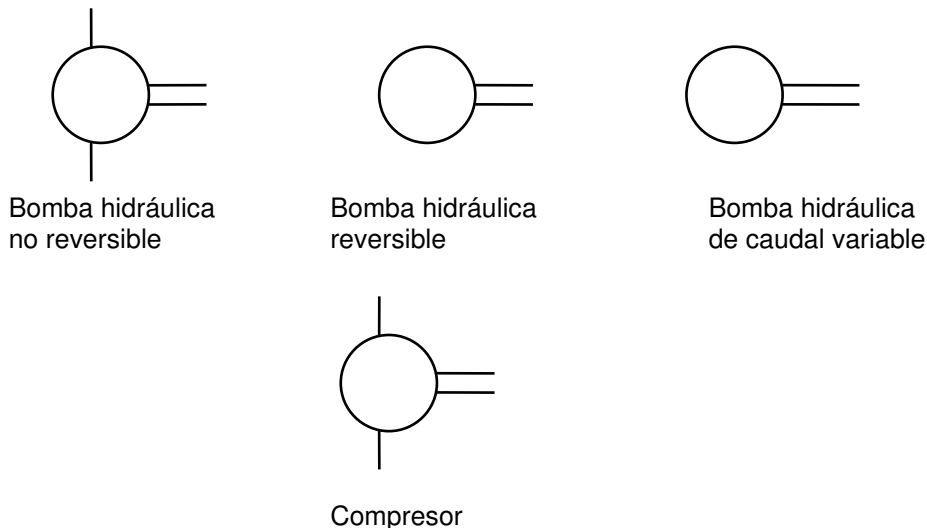
Seguidamente, vamos a proceder a estudiar cada uno de ellos en profundidad.

2.1. ELEMENTOS PRODUCTORES O DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA:

Los ***elementos productores o de abastecimiento de energía*** son los encargados de mantener la presión y el caudal constantes en los circuitos, tanto hidráulicos como neumáticos. En ellos se transforma la energía mecánica de rotación del motor que los acciona en energía mecánica de presión en el fluido, pues el efecto que producen sobre él es un aumento de la presión.

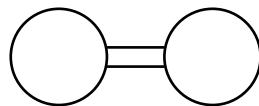
Para los fluidos líquidos (Oleohidráulica), prácticamente incompresibles, el mantenimiento de la presión y el caudal necesarios para accionar los actuadores se consigue mediante bombas hidráulicas. En cambio, para los fluidos gaseosos (Neumática), al ser comprimibles, se utilizan compresores, que suelen incorporar calderines o acumuladores a presión para evitar oscilaciones en el circuito.

Los ***símbolos más usuales*** para representar estos elementos son:

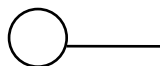


Las flechas indican la dirección del fluido. Como ya indicamos anteriormente, en los circuitos hidráulicos la flecha está llena, mientras que en los neumáticos está vacía o hueca.

En ocasiones, se representan también junto con la fuente de energía que los acciona. Así, la representación de una bomba accionada por un motor eléctrico será:



Por último, señalar que la ***representación genérica de los generadores de presión*** (tanto si son bombas hidráulicas como compresores), muy utilizada en los esquemas, es la siguiente:



2.1.1. BOMBAS HIDRÁULICAS:

Existen distintos tipos de bombas:

- a) ***De engranajes:*** están formadas por dos engranajes que separan dos zonas (una de aspiración y otra de impulsión), de manera que la presión se produce por disminución de volumen en la zona de contacto y se mantiene gracias al ajuste y cierre existente entre los dientes en contacto y a la

viscosidad del fluido, que impide el retroceso entre los mismos:

Estas bombas pueden suministrar presiones de trabajo muy elevadas (del orden de 200 bar), siendo su caudal de tipo pulsante por la acción intermitente del acoplamiento entre engranajes.

- b) **De paletas**: son también de acción volumétrica, estando constituidas por un rotor excéntrico del que salen unas paletas móviles que se mantienen permanentemente en contacto con las paredes durante el giro. Con el movimiento, las paletas se desplazan creando habitáculos entre ellas que, al disminuir su volumen, aumentan la presión:

Las presiones normales de trabajo de este tipo de bombas es menor que en las de engranajes.

- c) **De émbolo o pistones**: basadas en pistones en los que el movimiento alternativo produce un ciclo de aspiración-impulsión. Producen un caudal pulsante, pudiendo ser de dos tipos básicos:
- **De pistones radiales**: constan de una carcasa y de un rotor excéntrico donde van montados los pistones en dirección radial. Éstos absorben el aceite al expandirse y lo expulsan al comprimirse. Variando la excentricidad, se modifica la carrera de los pistones y, por tanto, el caudal:

- **De pistones axiales**: se diferencia de la anterior en que los pistones se mueven en dirección axial en lugar de radial.

Las bombas de émbolo pueden ser también de caudal variable.

- d) **De husillos o lóbulos**: se basan en el mismo principio de funcionamiento que las de engranajes. La forma de los husillos aporta un caudal continuo, no pulsante. Cuando los husillos tienen forma helicoidal, se denominan **bombas de tornillo**, que suelen ser muy silenciosas y efectivas:

2.1.2. COMPRESORES NEUMÁTICOS:

Como ya indicamos antes, el fluido usado en estos sistemas es el aire atmosférico. Para comprimirlo y aumentar su presión, se utiliza la denominada unidad compresora o **grupo compresor**, integrado por los siguientes elementos básicos:

- a) El **compresor** propiamente dicho, que es el elemento básico del grupo. Su función consiste en aumentar la presión del aire aspirado de la atmósfera, y suele ir provisto de un filtro previo para eliminar las impurezas del aire aspirado. Puede ser de múltiples tipos, como veremos a continuación.
- b) El **motor auxiliar**, encargado de comunicar el movimiento de rotación al eje del compresor para su accionamiento. Puede tratarse de un motor eléctrico o de combustión, según el tipo de instalación.
- c) El **refrigerador**, cuya misión es enfriar el aire a la salida del compresor (que puede ser de hasta 150 °C) hasta una temperatura de 25 °C, eliminando de paso hasta un 80 % del agua que contiene. Puede ser un serpentín con agua fría por su interior, que enfría el aire por contacto con él, o un serpentín inmerso en agua fría por el que circula el aire a enfriar (cuando su caudal es muy elevado).
- d) El **depósito o acumulador (calderín)**, colocado a la salida del refrigerador, cuya función es almacenar el aire comprimido para así mantener constante el nivel de presión en el circuito. De este modo, si hay algún fallo en el circuito o se produce una falta de suministro eléctrico, el circuito puede continuar funcionando gracias al aire almacenado. Los depósitos de tamaño más reducido se denominan acumuladores o calderines, y su misión es compensar las pérdidas de presión en instalaciones con conducciones muy largas.
Los depósitos y acumuladores suelen llevar incorporados dispositivos de seguridad, como manómetros, termómetros y válvulas de escape de seguridad.
- e) La **unidad de mantenimiento**, encargada de lograr una calidad del aire comprimido óptima para el buen funcionamiento y duración de la instalación. El aire atmosférico aspirado por el compresor contiene siempre una cierta cantidad de impurezas y de humedad en forma de vapor de agua. Si éstas llegaran a la instalación, se originarían problemas graves como desgaste de juntas, agarrotamiento de válvulas, corrosión en cilindros y otros componentes, etc.
Por tanto, para conseguir una buena calidad del aire es necesario someterlo a tres operaciones previas (filtrado, regulación y lubricación), de las que se encarga la unidad de mantenimiento, también conocida como **conjunto FRL** por estar formada por:
 - Un **Filtro**, que se encarga de retener las impurezas del aire, tanto líquidas como sólidas.
 - Un **Regulador**, que asegura un valor de presión estable en el circuito de aire comprimido. Esta presión queda indicada por un manómetro.
 - Un **Lubricador**, que añade aceite nebulizado al aire comprimido, evitando la oxidación de los componentes del circuito y asegurando un buen movimiento de las partes móviles.

Así, cuando el aire sale del grupo compresor, ya está perfectamente preparado para su utilización en el resto del circuito.

Como resumen de lo dicho, se muestra en la figura de abajo la representación simbólica de todos los elementos componentes del grupo compresor:

Los compresores se clasifican según su forma de trabajo en dos grandes grupos:

2.1.2.1. **Volumétricos:** son aquellos que producen un desplazamiento y reducción de volumen. Pueden ser de los siguientes tipos:

- a) **De émbolo oscilante:** son los más usuales y económicos. En ellos, un cigüeñal mueve un pistón (*compresores de pistón*) o una membrana (*compresores de membrana*), y unas válvulas dirigen la entrada y salida del aire. Los compresores de membrana se suelen utilizar en empresas alimenticias, farmacéuticas, químicas, etc:

- b) Rotativos: los *de paletas* siguen el mismo principio de funcionamiento que las bombas hidráulicas de paletas. Los *helicoidales* y *Roots* son similares a las bombas de tornillo ya comentadas:

2.1.2.2. Turbocompresores: en ellos, la presión se produce por la aceleración centrífuga de masas gaseosas originadas por una rueda helicoidal o por una o varias turbinas en paralelo. Son muy indicados para transmitir caudales elevados, pero no presiones:

2.2. ELEMENTOS DE ENTRADA DE SEÑAL O SENSORES:

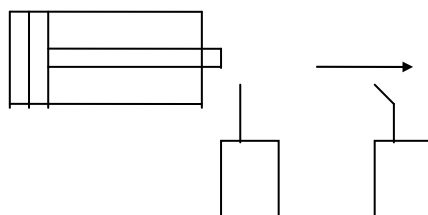
Consideraremos dentro de este grupo a todos aquellos elementos y dispositivos encargados de enviar señales de mando y órdenes de control, que producirán el funcionamiento de los actuadores correspondientes a través de los elementos de tratamiento lógico de dichas señales.

Dentro de ellos, podemos distinguir 2 tipos básicos:

- a) Elementos de mando por contacto: se trata, generalmente, de válvulas distribuidoras o direccionales de dos o tres vías y que tienen en este nivel, normalmente, dos posiciones de funcionamiento: una de activación y otra de retorno, por lo general automático (por muelle). Si bien hablaremos de ellas con más detalle más adelante, aquí conviene comentar que su accionamiento puede ser de dos tipos:

- **Manual**, que puede ser mediante pulsador, palanca, pedal, etc.
- **Mecánico**, generalmente mediante levas, muelles, rodillos o rodillos abatibles. A estos dos últimos tipos (rodillos) se les conoce con el nombre de finales de carrera, siendo muy utilizados en cilindros para detectar sus dos posiciones (salida y entrada). El vástago del cilindro, a su paso, acciona el rodillo del final de carrera y éste, a su vez, cambia la posición de la válvula distribuidora.

Los finales de carrera de rodillo abatible, sólo actúan en una dirección (la de salida del vástago en este caso), pues al retornar no lo accionará, como se muestra en la figura:



En las figuras de abajo se muestra el símbolo de los distintos elementos de accionamiento:

b) **Elementos de mando sin contacto:** son aquellos cuyo accionamiento es exclusivamente neumático. Pueden ser de dos tipos:

* Detectores de paso: funcionan al interrumpirse un chorro de aire por la presencia de un objeto que se interpone entre una tubería emisora de aire y otra receptora. La señal captada se utiliza como una orden de mando. A su vez, pueden ser de *barrera de aire* y *de horquilla*, como se indica en las figuras de abajo:

* Detectores de proximidad: se basan también en la interrupción o reflexión de un chorro de aire, según el tipo. Pueden ser, a su vez:

- Reflex, que funciona al detectar un chorro de aire que es reflejado por el objeto que se desea detectar.
- Por obturación de fuga, que detectan mediante un palpador el objeto, que cierra la salida de aire del circuito.
- Magnéticos, que se activan mediante una legüeta que cierra el circuito cuando detecta la presencia de un campo magnético en sus inmediaciones.

En las figuras de abajo se indican algunos de ellos:

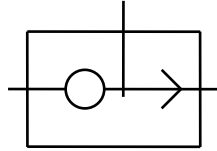
2.3. **ELEMENTOS DE PROCESAMIENTO:**

Son los dispositivos que realizan específicamente funciones lógicas de control, que son operaciones realizadas sobre variables binarias (órdenes de mando). Entre ellos podemos destacar los siguientes:

a) **Válvula selectora (función “O” o “OR”):** es aquella válvula que consta de dos vías de entrada y una de salida, como se indica en la figura de abajo. Esta válvula deja salir el aire cuando entra aire por cualquiera de las dos vías de entrada que posee; por tanto, no saldrá aire sólo cuando no entre aire por ninguna de las vías, siguiendo la tabla de la función lógica “O” (“OR” o suma):

A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

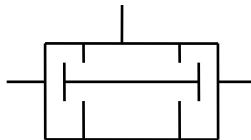
Su símbolo es:



- b) **Válvula de simultaneidad (función “Y” o “AND”)**: consta también de dos vías de entrada y una de salida. Pero sólo deja pasar el aire cuando entra por las dos vías a la vez (simultáneamente), siempre y cuando el valor de la presión en ambas vías de entrada sea el mismo, ya que una diferencia entre ambas suficientemente grande taponaría una de ellas. Por tanto, estas válvulas siguen la tabla de la función lógica “Y” (“AND” o producto), como se indica abajo:

A	B	A OR B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

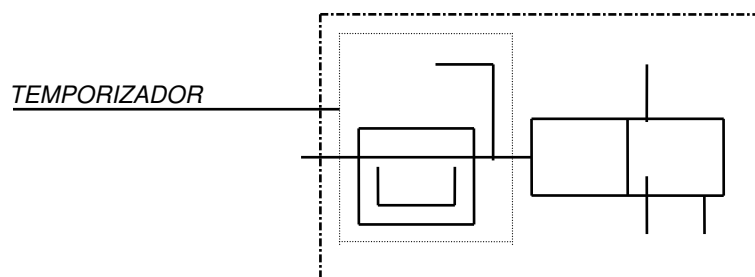
Su símbolo es el siguiente:



- c) **Temporizadores neumáticos**: están compuestos, generalmente, por un regulador de caudal (estrangulador con válvula antirretorno) y por un acumulador o depósito, que suelen alimentar a una válvula distribuidora encargada de recibir la señal y mandarla al circuito. Al recibir una señal de presión, ésta pasa a través del regulador hasta el depósito; el tiempo que tarda en llenarse el acumulador será el retardo producido por el temporizador, y dependerá de la capacidad del mismo y del caudal que pasa por el estrangulador regulable. Una vez se ha llenado el depósito, la presión accionará el émbolo y la válvula cambia su posición.

Estos temporizadores pueden ser de dos tipos (*con retardo a la conexión o a la desconexión*), dependiendo de su forma de producir el retardo (al accionar la válvula o después cuando deba volver a su posición inicial). Los temporizadores con retardo a la desconexión se logran invirtiendo la acción antirretorno, de modo que a la entrada de presión al acumulador no se regula pero a la salida de él sí.

El símbolo de una válvula temporizadora con retardo a su conexión (activación) sería éste:



2.4. ELEMENTOS DE MANIOBRA O MANDO (O DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL):

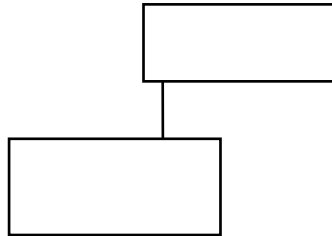
Son los dispositivos encargados de transmitir las señales de mando de presión a los actuadores. Son, básicamente, válvulas distribuidoras o direccionales de varias vías, si bien pueden existir otras como las reguladoras de presión y de caudal. No obstante, lo más habitual es que estas últimas actúen como

auxiliares de mando, representándose normalmente así en los esquemas.

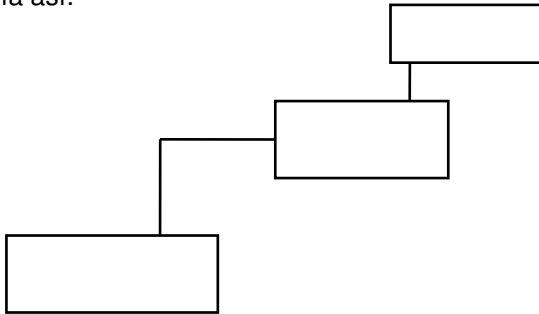
Es importante recordar que el funcionamiento y representación básica de las válvulas serán similares tanto para las neumáticas como para las hidráulicas, si bien existe una diferencia básica: en las válvulas hidráulicas, los orificios o vías de retorno se conectan directamente a tanque a presión atmosférica, representándose por la letra T, y soportan presiones más elevadas que las neumáticas. En cambio, las neumáticas envían el aire directamente a la atmósfera, sin conducto de retorno.

La forma de mandar la señal al actuador puede ser directa o indirecta:

- **Mando directo:** cuando la válvula sobre la que actuamos (1.1) acciona directamente el actuador (1.0). Ejemplo:



- **Mando indirecto:** cuando la válvula sobre la que actuamos (1.2) actúa, a su vez, sobre otra válvula (1.1) que será la que accione el actuador (1.0). Es el sistema más usado, pues facilita el accionamiento mediante pulsador en cilindros grandes (con bastante desplazamiento), ya que no tenemos que actuar directamente sobre él al pulsar, sino a través de una válvula. En esquema sería así:



Vamos a hablar más profundamente sobre los diferentes tipos de válvulas.

- a) **Válvulas distribuidoras o direccionales:** son elementos que dirigen el flujo de fluido, distribuyéndolo por los orificios que debe circular y mandándolo a los órganos que debe alimentar. Su funcionamiento es del tipo todo/nada. El cierre de los distintos orificios que conectan entre sí las vías puede ser de asiento plano o esférico o de asiento deslizante (válvula corredera).

Estas válvulas pueden presentar dos o tres estados de funcionamiento (posiciones) y varios conductos o vías de conexión, de modo que se nombran o representan mediante dos números:

- La 1ª cifra indica la cantidad total de vías (tanto de entrada como de salida) que tiene la válvula.
- La 2ª cifra indica el nº de posiciones de funcionamiento de la válvula.

Así, por ejemplo, una válvula distribuidora 3/2 tendrá 3 vías de conexión y 2 posiciones de funcionamiento.

Para representar esquemáticamente este tipo de válvulas, se utilizan unos símbolos bastante intuitivos (ver simbología en anexo final), representándose por cuadrados las distintas posiciones de las válvulas y por flechas o tapones de cierre (según estén abiertas o cerradas) las distintas vías de y direcciones de conexión. Así, en el caso anterior (válvula 3/2), suponiendo con accionamiento manual por pulsador y retorno por muelle, su representación será así:



Posición en reposo



Posición accionada

En los circuitos, se representan en la posición inicial correspondiente, es decir, si están inicialmente

en reposo se representarán en reposo, y si están actuando se representarán actuando. También pueden ser normalmente abiertas (NA) o cerradas (NC), de forma similar a como sucede con los contactos de los contactores.

En general, y excepto que la válvula esté inicialmente actuando (activada), la zona de la válvula que actúa es la del cuadrado de la derecha, mientras que la del cuadrado de la izquierda nos indica la posición contraria.

En cuanto a la **nomenclatura seguida para representar las vías de las válvulas**, indicar que, en general, se representarán mediante un nº o una letra mayúscula, teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Conexión de aire a presión**: se representa por un 1 o una P, siempre en la parte inferior de la válvula.
- **Escape de aire**: se representan por números impares consecutivos (3, 5, 7, ...) o por letras (R, S, T, ...), siempre en la parte inferior de la válvula.
- **Salidas**: se representan por números pares consecutivos (2, 4, 6, ...) o por letras (A, B, C, ...), siempre en la parte superior de la válvula.
- **Conexiones de mando**: por letras (z, y, x, ...) o por números de dos cifras que indican, normalmente, las vías que quedan conectadas al actuar sobre la válvula.
- **Circuito auxiliar de aire de mando**: se representa normalmente por los números 81 y 91 y las letras Pz.

En general, los números irán ordenados de derecha a izquierda, mientras que las letras lo estarán de izquierda a derecha.

Ejemplos:

Otro aspecto que suele definir el funcionamiento de una válvula distribuidora es el **tipo de pilotaje empleado** para adoptar una y otra posición, distinguiendo dos posibilidades:

- **Válvulas monoestables**, que son aquellas en las que el pilotaje necesario para cambiar de la posición estable a la inestable puede ser mecánico, eléctrico o por presión del propio fluido, mientras que el retorno de la posición inestable a la posición estable será normalmente por la acción de un muelle antagonista. Por tanto, son válvulas que sólo tienen una posición estable, de ahí su nombre:

- **Válvulas biestables**, que poseen dos posiciones estables, siendo el pilotaje en ambos sentidos, por lo general, de la misma naturaleza (mecánico, eléctrico o por presión).

Normalmente, las válvulas distribuidoras hidráulicas son casi siempre de tres posiciones, utilizándose las dos extremas para ordenar el movimiento de los cilindros y la central para ordenar el estado de reposo, siendo esta posición la que determina en general el tipo de distribuidor. Salvo en algunos casos de accionamiento por palanca, de las tres posiciones sólo una (la central) es estable, llevando las dos posiciones extremas un muelle que las libera al desaparecer la fuerza de pilotaje.

Algunos ejemplos de válvulas distribuidoras son:

- a) **Válvulas reguladoras de presión:** son aquellas que gobiernan el caudal de fluido que circula por los circuitos en función de la presión (de entrada, de salida u otra de pilotaje) o bien en función de la diferencia de dos presiones. En función del papel que juegan dentro del circuito, podemos encontrarnos los siguientes tipos:
- Válvulas limitadoras o de seguridad, que actúen dejando pasar el fluido cuando se alcanza cierto valor de presión. Normalmente están cerradas en su posición inicial, conectándose en paralelo con el circuito.
 - Válvulas reductoras de presión, que actúan cerrando más o menos las vías cuando la presión alcanza cierto valor. Son válvulas de 2 vías normalmente abiertas, que se suelen conectar en serie en el circuito.
 - Válvulas de secuencia, de funcionamiento idéntico a las limitadoras, sólo que en ellas la presión no se envía a escape (neumáticas) o al tanque (hidráulicas), sino que es utilizada para pilotar algún circuito. Se conectan en paralelo, al igual que las limitadoras.
 - Válvulas de presión diferencial, que actúan cuando la diferencia de dos presiones alcanza cierto nivel. Se utilizan en circuitos neumáticos, junto con una limitadora de presión y un antirretorno, para mantener la presión de un acumulador entre dos valores.
- c) **Válvulas reguladoras de caudal:** son válvulas cuya función es regular el caudal de fluido que circula a su través. Su principio de funcionamiento está basado en la reducción de su sección de paso, siendo utilizados normalmente para regular la velocidad de avance o de giro de los actuadores. La representación de una reducción de paso variable o estrangulamiento bidireccional variable es: ↗

Así, una válvula de estrangulamiento unidireccional estará formada por un estrangulamiento bidireccional y una válvula antirretorno en by-pass que nos marca la dirección en que permite el paso libre de fluido (de A a B en la figura), representándose de esta forma:



Las válvulas reguladoras de caudal se montan de distinto modo, según se trate de un fluido hidráulico o neumático. Así, cuando pretendemos regular la velocidad de un cilindro hidráulico, el regulador de caudal se coloca en el conducto cuya cámara del cilindro soporta el peso de la carga. En cambio, en el caso de un cilindro neumático, el regulador se montará siempre en la cámara de escape, con objeto de evitar que la compresibilidad del aire afecte a la uniformidad del desplazamiento.

2.5. **ELEMENTOS DE SALIDA O ACTUADORES:**

Son los dispositivos situados al final de la cadena de mando, encargados de transformar las señales de las válvulas distribuidoras de maniobra en trabajo, generalmente de tipo mecánico en forma de desplazamiento, ya sea lineal o giratorio. En consecuencia, podemos clasificar los actuadores, tanto neumáticos como hidráulicos, en dos grandes grupos:

- a) **Cilindros o actuadores lineales:** como se indica en la figura de abajo, un cilindro es un dispositivo de actuación lineal que consta de un cuerpo en cuyo interior se aloja un émbolo o pistón que puede desplazarse por el interior de dicho cuerpo. Asociado a dicho émbolo existe un vástago, que es el que proporciona el movimiento mecánico exterior. Así, cuando se aloja fluido a presión en su cámara posterior, el émbolo se desplazará hacia la derecha y el vástago saldrá (avance), mientras que si la presión se ejerce en la cámara anterior, el émbolo se desplazará en sentido contrario y el vástago entrará de nuevo (retroceso):

A igualdad de presión, la fuerza ejercida sobre la superficie del émbolo en la cámara anterior será menor que en la cámara posterior (al ser menor también la superficie neta sobre la que actúa, pues se le debe restar la sección del vástago). En consecuencia, siempre se generará mayor fuerza al empujar el vástago (avance) que el recogerlo (retroceso).

Atendiendo al modo de funcionamiento de los cilindros, éstos pueden clasificarse en:

- Cilindros de simple efecto: en ellos, sólo se precisa presión de fluido para la carrera de avance, ya que el movimiento de retorno se lleva a cabo mediante la acción de un muelle o similar (peso de la carga), de forma que siempre actuará cuando el cilindro no reciba la orden de avance. Podemos considerar, por tanto, que se trata de una actuación monoestable (un sólo estado estable):

Normalmente, la posición de reposo del cilindro es como la dibujada arriba (con el vástago dentro o recogido), si bien también existen cilindros de este tipo cuya posición de reposo es la contraria (vástago extraído).

- Cilindros de doble efecto: en ellos, tanto para la carrera de avance como para la de retorno, es necesario ejercer presión con el fluido en la cámara posterior y en la anterior, respectivamente. Por tanto, es una actuación biestable, pues ambas posiciones extremas son estables:

Para diseñar un cilindro, es de gran importancia calcular el caudal consumido por él. Si consideramos un cilindro de doble efecto, con una longitud de carrera efectiva del émbolo (l), una sección de émbolo (S), una sección circular del vástago (s) y una frecuencia de f ciclos por minuto (1 ciclo = ida y vuelta), el consumo o caudal consumido será:

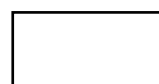
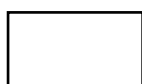
$$q = [l \cdot S + l \cdot (S - s)] \cdot f \cdot \text{Relación compresión} = l \cdot (2 \cdot S - s) \cdot f \cdot \text{relación compresión}$$

Si el fluido transmisor es incompresible, la relación de compresión será igual a uno.

El área del émbolo de un cilindro será: $S = F / P$, donde F es la fuerza o carga total a mover (más la reacción del muelle en el caso de los cilindros de simple efecto), incluyendo las pérdidas por rozamiento, y P la presión de trabajo del sistema.

Para el diseño del vástago, se tendrá en cuenta el posible pandeo del mismo y, por tanto, la esbeltez (relación entre el área de la sección y la longitud del vástago), de forma que la carga máxima que debe soportar el vástago sea menor que la carga crítica de pandeo. (Ver fórmulas al final en fotocopias).

Finalmente, señalar que para facilitar (hacer más rápido) el avance o el retroceso de un cilindro, se utilizan válvulas de escape rápido, como se indica en las figuras:





Retroceso rápido cilindro

Avance rápido cilindro

- b) **Motores o actuadores giratorios:** los motores giratorios funcionan al revés que las bombas y compresores ya descritos, siendo su constitución, en consecuencia, bastante similar a la de éstos. Por tanto, nos encontraremos con los siguientes tipos de motores:
- Motores de émbolos, similares a las bombas del mismo nombre, que necesitan de varios cilindros para asegurar un funcionamiento libre de sacudidas, lo cual limita su funcionamiento.
 - Motores de paletas, similares a los compresores de paletas, con un rotor excéntrico que alberga unas paletas en su interior que tocan constantemente contra las paredes interiores de la cámara del motor por efecto de la fuerza centrífuga.
 - Motores de engranajes, en los que la generación del giro se produce por la presión ejercida por el fluido contra los flancos de los dientes de dos ruedas que engranan entre sí. En estos motores, el sentido de giro suele ser reversible.
 - Motores de turbina, en los que el momento de giro se produce al pasar un chorro de aire a través de una turbina o aletas helicoidales. Alcanzan una velocidad elevada.

Aparte de cilindros y motores, existen unos **dispositivos multiplicadores de presión neumohidráulicos** que pueden ser considerados también como elementos actuadores. Éstos constan de dos cámaras por las que circulan dos émbolos asociados mecánicamente y con distinta superficie. La de mayor tamaño recibe fluido neumático, mientras que la de menor tamaño trabaja con fluido hidráulico. De este modo, y en función del factor de amplificación de presión (relación entre ambas superficies), se transforma una presión neumática baja en una presión hidráulica más elevada.

2.6. ELEMENTOS AUXILIARES:

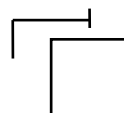
Tanto los circuitos hidráulicos como los neumáticos necesitan de unos elementos auxiliares, que no pertenecen a ningún nivel concreto, con una función importante dentro de los mismos. Así, nos encontramos con:

- **Filtros**: son elementos esenciales para el buen funcionamiento del circuito, encargándose de recoger todas las partículas que pudieran perjudicar a la buena marcha del mismo. Necesitan de un mantenimiento cuidadoso, y suelen llevar una tubería de by-pass para permitir el paso de fluido en caso de obstrucción. Su símbolo es:

En el caso de los circuitos neumáticos, la función del filtro es doble, pues aparte de retener impurezas, sirven para retener las partículas de agua formadas al aumentar la presión del aire, secándolo (como ya comentamos al hablar de la unidad de mantenimiento del grupo compresor).

Según su funcionamiento, pueden ser:

- * Filtros de eficacia geométrica, formados por una malla o tamiz uniforme que retiene todas las partículas mayores a su paso. Necesitan una limpieza periódica para evitar su obstrucción.
 - * Filtros de eficacia estadística, en los que el filtrado del fluido se produce al hacerlo pasar por un medio laberíntico con algún tipo de aceite que retiene las partículas.
- **Válvulas**: son elementos muy importantes, pudiendo utilizarse para permitir la circulación en un único sentido (válvulas antirretorno) o para evacuar el fluido del circuito cuando una sobrepresión pueda hacer peligrar los distintos elementos del mismo (válvulas de seguridad o limitadoras de presión), representándose así:





Válvula antirretorno



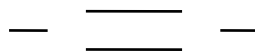
Válvula de seguridad

- **Tuberías:** son los elementos encargados de enlazar o conectar físicamente los distintos componentes analizados.

Para los tramos de circuito sin movimiento en la distribución de fluido a altas presiones, se suelen usar tuberías de acero estirado, y para aquellos que trabajen a menos presión se utiliza el cobre, el latón o los plásticos rígidos (polietileno).

Para los tramos que tienen movimiento, se usan tuberías flexibles, normalmente de plásticos reforzados con malla de acero, para las altas presiones. En circuitos hidráulicos, la parte interior de los tubos está revestida con teflón para minimizar el rozamiento del fluido con ellos.

- **Acumuladores o calderines:** son depósitos herméticos en los que se almacena el gas a presión, para suavizar el funcionamiento de los componentes y evitar oscilaciones de presión en el circuito. Suelen constar, a su vez, de una serie de elementos como: válvula limitadora de presión, válvula de purgado de agua, válvula de cierre, termómetro, manómetro y compuerta de limpieza. Su símbolo es:



- **Aditivos y lubricantes:** los fluidos líquidos sirven de lubricante para todos los elementos del circuito hidráulico, si bien es común adicionarles aditivos para mejorar su punto de evaporación, de combustión, su fluidez, etc.

En cambio, el aire comprimido precisa de adición de lubricantes con la misión de contribuir al engrase de los diferentes elementos móviles del circuito, de los que ya hablamos anteriormente en la unidad de mantenimiento del compresor.

3. ESQUEMAS Y CIRCUITOS TÍPICOS DE POTENCIA Y CONTROL:

El **esquema neumático o hidráulico** es una representación simbólica de todos los elementos del circuito que analizamos, incluyendo los conductos y líneas de conexión. Las **normas a seguir** para dicha representación son las siguientes:

1. Los elementos de trabajo (cilindros y actuadores) se dibujarán, en general, siempre en posición horizontal, en el último nivel o superior (5º) empezando de abajo a arriba.
2. Los finales de carrera no se representarán en su posición normal, sino que suelen colocarse debajo de los elementos de mando o gobierno, en el 2º nivel (sensores o captadores de información). En el lugar que deberían ocupar realmente, se dibujará una línea con su número indicador.
3. Los circuitos se dibujan, generalmente, en la posición de partida, o sea, los elementos no están accionados. Si alguno aparece accionado, se distinguirá por estar conectado por el rectángulo izquierdo o parte izquierda y no por la derecha como el resto. Si algún elemento tuviera que ser activado, se indicará con una flecha.
4. Para evitar errores, se numeran los distintos elementos, siguiendo un orden determinado que los clasifica por grupos. Un grupo lo constituye un actuador y las válvulas que hacen su maniobra.

Así, la **numeración genérica en esquemas de cada uno de los elementos** es la siguiente:

- * 0.X Elemento de alimentación de energía (o unidad de mantenimiento).
- * X.0 Actuador (nº de grupo).
- * X.1 Elemento de mando o gobierno del actuador.
- * X.2, X.4, etc. Captador de información. El elemento (válvula) influye en el avance del actuador (nºs pares).
- * X.3, X.5, etc. Captador de información. El elemento (válvula) influye en el retroceso del actuador (nºs impares).
- * X.01, X.02, ... Elemento ubicado entre el actuador y el elemento de mando (auxiliar de mando o de regulación).

donde la X (primera cifra) representa siempre el nº de grupo al que pertenece el elemento.

La cantidad de circuitos de potencia y control tanto hidráulicos como neumáticos es tan amplia como variada. A continuación, y en las hojas adjuntas, se incluyen unas láminas con esquemas típicos de este

tipo de circuitos.

* **Lámina 1:**

En los dos primeros esquemas se pueden observar ejemplos de regulación de velocidad en cilindros (en este caso hidráulicos) en un solo sentido.

En los otros dos circuitos se observa una regulación de velocidad en ambos sentidos, tanto para un cilindro como para un motor giratorio.

Vemos que en todos ellos se emplean válvulas 4/3 con distintas posiciones centrales.

* **Lámina 2:**

Se muestran ejemplos de mando de cilindros neumáticos de simple y doble efecto, activados con uno o dos pulsadores, con y sin regulación de velocidad (mediante reguladores unidireccionales).

Vemos que para gobernar un cilindro de simple efecto bastará utilizar una válvula 3/2, mientras que para gobernar un cilindro de doble efecto serán necesarias válvulas 4/2 o 5/2. Como ya se comentó anteriormente, y siempre que sea posible, se colocarán los reguladores de caudal en las vías de escape de los cilindros.

* **Lámina 3:**

Muestra las disposiciones para realizar las funciones lógicas "O" e "Y", así como la utilización de una válvula de secuencia como condición de retorno, al objeto de garantizar una presión mínima.

También se muestra un ejemplo de uso de un temporizador neumático.