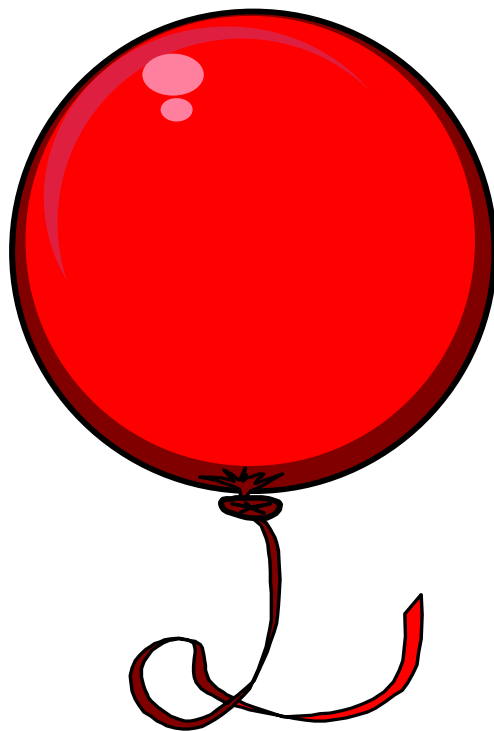


APUNTES DE NEUMÁTICA BÁSICA



**MATERIA: INICIACIÓN A LOS AUTOMATISMOS NEUMÁTICOS Y
ELECTRONEUMÁTICOS**
CURSO: 4º DE E.S.O.
CENTRO: I.E.S. "FRANCISCO TOMÁS Y VALIENTE"
LOCALIDAD: FUENMAYOR (LA RIOJA)
PROFESOR: JOSÉ Mª BAQUEDANO

ÍNDICE

1. PROPIEDADES Y PRINCIPIOS FÍSICOS DEL AIRE COMPRIMIDO.....	2
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO: VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	2
1.3. EL AIRE: CONSTANTES Y PROPIEDADES FÍSICAS.....	3
1.4. CONCEPTO DE PRESIÓN: ABSOLUTA, RELATIVA Y ATMOSFÉRICA.....	3
1.4.1. UNIDADES DE PRESIÓN	4
1.5. COMPRESIBILIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO.....	4
2. OBTENCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	5
2.1. COMPRESORES.....	5
2.2. TIPOS DE COMPRESORES.....	5
2.2.1. COMPRESOR DE ÉMBOLO OSCILANTE DE DOS ETAPAS.....	5
2.2.2. DEPÓSITOS.....	6
2.3. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO: TUBERÍAS.....	7
3. TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO.....	8
3.1. PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	8
3.2. FILTRO CON REGULADOR DE PRESIÓN	8
3.3. MANÓMETRO	9
3.4. LUBRICADOR	9
3.5. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	10
4. ELEMENTOS DE TRABAJO	11
4.1. MOTORES NEUMÁTICOS: CLASIFICACIÓN	11
4.2. CILINDROS NEUMÁTICOS	11
4.2.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO.....	11
4.2.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO.....	12
4.2.3. CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON AMORTIGUACIÓN INTERNA.....	12
4.2.4. CILINDROS DE DOBLE EFECTO PARA PALPACIÓN SIN CONTACTO	13
4.2.5. OTROS TIPOS DE CILINDROS.....	13
4.2.6. CILINDROS SIN VÁSTAGO.....	14
4.3. JUNTAS DE LOS CILINDROS	14
5. ELEMENTOS DE MANDO Y SEÑAL: VÁLVULAS.....	15
5.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.....	15
5.1.1. EJERCICIO 1 (Ejemplo).....	17
5.1.2. EJERCICIO 2 (Ejemplo).....	17
5.1.3. FUNCIONAMIENTO INTERIOR DE LAS VÁLVULAS MONOESTABLES	18
5.1.4. FUNCIONAMIENTO INTERIOR DE LAS VÁLVULAS BIESTABLES	19
5.2. VÁLVULAS DE BLOQUEO	20
5.2.1. VÁLVULA ANTIRRETORNO	20
5.2.2. VÁLVULA “O” (OR).....	20
5.2.3. VÁLVULA ANTIRRETORNO CON ESTRANGULACIÓN	20
5.2.4. VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO	21
5.2.5. VÁLVULA “Y” (AND).....	21
5.3. VÁLVULAS DE PRESIÓN	21
5.4. VÁLVULAS DE CAUDAL	21
5.5. VÁLVULAS DE CIERRE.....	22
5.6. TEMPORIZADORES NEUMÁTICOS.....	22
5.6.1. TEMPORIZADOR CON RETARDO DE ACTIVACIÓN CERRADO EN POSICIÓN DE REPOSO.....	22
6. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE MOVIMIENTOS SECUENCIALES.....	23
6.1. GRÁFICO DE ETAPA TRANSICIÓN	23
6.2. DIAGRAMA DESPLAZAMIENTO-FASE.....	23
6.3. PASOS A SEGUIR EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA	24
6.4. SOFTWARE DE APLICACIÓN “PNEUSIM”	24
7. EJERCICIOS.....	24

1. PROPIEDADES Y PRINCIPIOS FÍSICOS DEL AIRE COMPRIMIDO

1.1. GENERALIDADES

El **aire comprimido** es una de las formas de energía más antigua que conoce el hombre, aprovechándose de sus recursos físicos.

La **neumática** es el conjunto de las aplicaciones técnicas (transmisión y transformación de fuerzas y movimiento) que utilizan la energía acumulada en el aire comprimido.

Desde hace mucho tiempo se ha utilizado consciente o inconscientemente en distintas aplicaciones. El griego *Ktesibios* fue el primero que se sepa con seguridad utilizó aire comprimido como elemento de trabajo. Hace más de 2000 años construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros que trató el empleo de aire comprimido como energía data del siglo I, describiendo mecanismos accionados por aire comprimido.

La propia palabra procede de la expresión griega "*pneuma*", que se refiere a la respiración, el viento y, en filosofía, al alma.

Hasta finales del siglo pasado no se comenzó a estudiar sistemáticamente su comportamiento y reglas, cuando el estudio de los gases es objeto de científicos como Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle, Gay Lussac, etc.

La verdadera irrupción de la neumática en la industria se dio a partir de 1950 con la introducción de la **automatización** en los procesos de trabajo, aunque al comienzo fue rechazada por su desconocimiento. Hoy en día no se concibe una explotación industrial sin aire comprimido. La automatización permite la eliminación total o parcial de la intervención humana. Asume pues algunas funciones intelectuales más o menos complejas de cálculo y de decisión.

La "neumática convencional" es la tecnología que emplea elementos neumáticos con partes mecánicas en movimiento. La energía estática contenida en un fluido bajo presión de 3 a 10 Kg/cm² es transformada en energía mecánica mediante los actuadores (cilindros o motores).

La utilización de la neumática está dividida en dos clases de aplicaciones:

1. *Trabajos de potencia*, mediante motores y cilindros neumáticos.
2. *Trabajos de mando*, mediante válvulas distribuidoras.

1.2. PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO: VENTAJAS E INCONVENIENTES

Entre las principales ventajas del aire comprimido destacan:

- Abundante: el aire para su compresión está en cantidades ilimitadas.
- Transporte: se transporta fácilmente por tuberías sin necesitar retorno.
- Almacenable: se puede almacenar en depósitos y botellas y tomarse de éstos.
- Temperatura: no tiene peligro de explosión ni incendio, por lo que sus instalaciones son más baratas.
- Limpio: en caso de falta de estanqueidad, no produce ensuciamiento. Esto es importante por ejemplo para las industrias alimentarias, de madera, textiles, etc.
- Elementos: son simples y por lo tanto económicos con relación a otras tecnologías, además de una larga vida sin apenas averías.
- Velocidad: su desplazamiento es rápido, permitiendo velocidades de trabajo elevadas.

Entre las principales limitaciones destacan:

- Preparación: el aire debe ser preparado antes de su utilización, limpiando las impurezas y humedad.
- Compresible: no se puede obtener en los émbolos velocidades constantes y uniformes. Esto se mejora con elementos electrónicos de control que encarecen la instalación (Neumática Proporcional).
- Fuerza: a la presión normal de trabajo (7 bar), el límite de la fuerza está entre 20000 y 30000 N (Sistema Internacional -SI-).
- Escape: el escape del aire produce ruido, necesiándose elementos insonorizantes (silenciadores).
- Costos: se compensa el coste de preparación del aire con el coste relativamente económico de los elementos y su buen rendimiento.

1.3. EL AIRE: CONSTANTES Y PROPIEDADES FÍSICAS

El *aire* (como todos los aeriformes) no tiene forma ni volumen, pues llena en todo momento el recipiente en que está contenido. Su volumen puede variar de forma y también de valor, pues cuando el volumen V se vuelve $V_1 > V$ el fenómeno se llama de *expansión*, mientras que si $V_1 < V$ el fenómeno se llama de *compresión*. Vamos a aplicar nosotros el segundo caso.

La composición volumétrica del aire es aproximadamente de:

- 78% de nitrógeno
- 21% de oxígeno
- resto de argón, helio, hidrógeno, xenón, criptón, bióxido de carbono, vapor de agua, polvo, etc.

Su *densidad* es de $1,293 \text{ Kg/m}^3$ a 0° C y 1 atmósfera de presión.

1.4. CONCEPTO DE PRESIÓN: ABSOLUTA, RELATIVA Y ATMOSFÉRICA

La **presión** ejercida por un fluido sobre una superficie (y viceversa) es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe la acción:

$$P = \frac{F \text{ (Kg)}}{S \text{ (cm}^2\text{)}}$$

La **presión atmosférica** es el peso de la columna de aire comprendido entre una superficie y el límite de la atmósfera. Esto significa que varía con la altura, además de las condiciones meteorológicas. Se suele tomar como normal 1013 mbar ($\cong 1 \text{ bar}$) a nivel de mar. La presión atmosférica también se llama *barométrica* y la miden los **barómetros**.

El valor resultante de dividir toda la fuerza ejercida sobre una superficie por dicha superficie, se denomina **presión absoluta**.

En neumática industrial se trabaja con **presión relativa**, es decir, la diferencia entre la presión absoluta y atmosférica, pues todos los cuerpos están sometidos a la presión atmosférica. También se llama *manométrica*, y se mide con el **manómetro**.

$$P_{\text{relativa}} = P_{\text{absoluta}} - P_{\text{atmosférica}}$$

1.4.1. UNIDADES DE PRESIÓN

En el Sistema Internacional Giorgi (MKS) la unidad de presión es el N/m^2 , llamado *Pascal* (Pa). Al ser pequeño, se utiliza como múltiplo el *bar*.

$$Pa = N/m^2 \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa.}$$

En neumática se suele hablar de bar, atmósferas o Kg/cm^2 indistintamente, aunque no son exactamente lo mismo:

EQUIVALENCIAS	1 bar	1 atmósfera	1 Kg/cm^2
1 bar	1	0'987	1'02
1 atmósfera	1'013	1	1'033
1 Kg/cm^2	0'981	0'968	1

1.5. COMPRESIBILIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

Consideremos el volumen definido **V** de un recipiente (figura a) en el cual hay aire en las mismas condiciones que en el exterior.

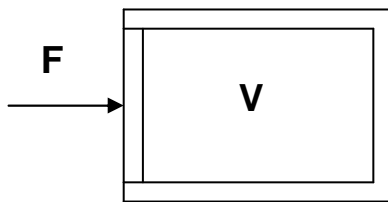


Figura a

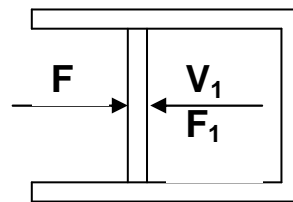


Figura b

Si aplicamos una fuerza **F** a una pared móvil, ésta se sitúa en otra posición reduciendo el volumen $V_1 < V$. Sobre la pared móvil se crea otra fuerza **F₁** contraria e igual a **F** (figura b). Si cesa la fuerza **F**, la pared móvil retorna a su posición inicial. Este fenómeno es debido únicamente a la **compresión** del aire.

La **Ley de Boyle Mariotte** dice que, a temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta (isoterma):

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{Cte.}$$

La **Ley de Gay Lussac** dice que, a presión constante, el volumen de un gas varía proporcionalmente a la temperatura absoluta (isobara):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{Cte.}$$

La **Ley de Charles** dice que, a volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas es directamente proporcional a la temperatura (isócara):

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

Combinando las ecuaciones anteriores, se obtiene la **ecuación de los gases perfectos**, útil para el cálculo de instalaciones neumáticas en que hay que tener en cuenta variaciones de temperatura:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \text{Cte.}$$

2. OBTENCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

2.1. COMPRESORES

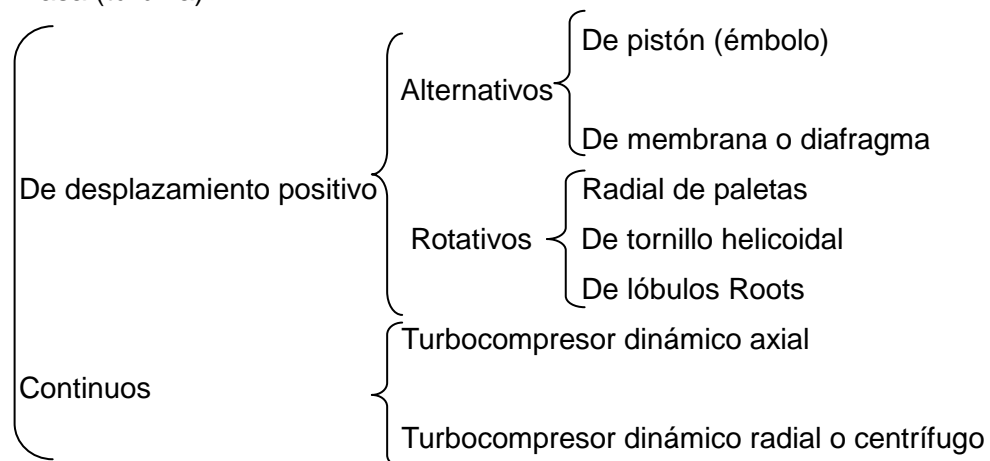
Para producir aire comprimido se utilizan los **compresores**, que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Por tanto, *aspiran el aire del ambiente y lo comprimen mediante la disminución del volumen*. Se puede decir que los compresores transforman en energía potencial de aire comprimido otro tipo de energía mecánica aportada desde el exterior, en general por medio de un motor eléctrico o de combustión interna.

El aire viene comprimido de la estación compresora a los mecanismos por medio de tuberías. La capacidad de los compresores debe ser superior al tamaño de la red, pues de lo contrario sería insuficiente y no funcionarían los mecanismos correctamente.

2.2. TIPOS DE COMPRESORES

Hay dos tipos básicos de compresores:

1. Los que trabajan según el principio de desplazamiento, obteniéndose la compresión en un lugar hermético por reducción del volumen (émbolo).
2. Los que trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, al entrar el aire aspirado por un sitio y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).



2.2.1. COMPRESOR DE ÉMBOLO OSCILANTE DE DOS ETAPAS

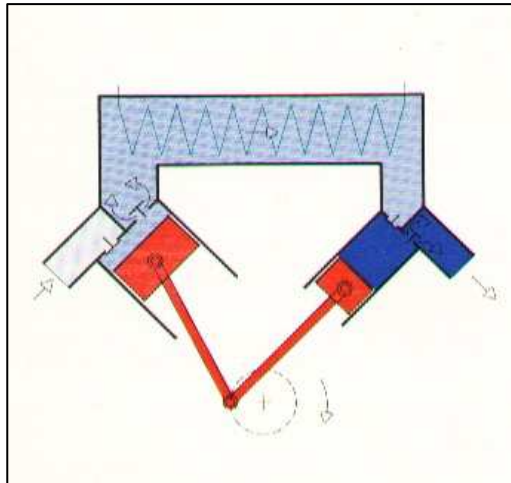
Todos los *compresores de émbolos* están movidos por un mecanismo de biela-manivela que transforma el movimiento rotativo del motor de arrastre en movimiento alternativo. Van equipados, al menos, con válvula de seguridad y un presostato.

Los hay de una, dos o más etapas (con uno, dos o más cilindros), dependiendo del caudal o presión que se desea.

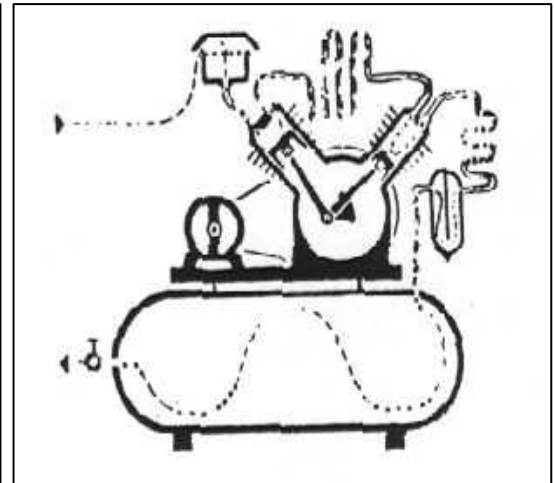
En el de dos etapas, el movimiento molecular, después de la primera compresión, provoca una elevación de la temperatura (*Ley de transformación de la energía*). Se debe refrigerar el aire antes de la segunda compresión para evacuar el calor.

El movimiento hacia abajo del *émbolo* aumenta el volumen para crear una presión más baja que la atmosférica, lo que hace entrar el aire en el cilindro por la *válvula de admisión*. Al final de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la *válvula de admisión* se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la *válvula de escape* a abrirse para descargar el aire. Si es de dos etapas, el aire pasa

refrigerado a una segunda etapa en que lo comprime a la presión de trabajo deseada.

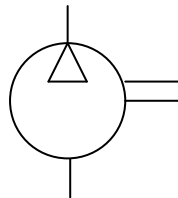


Compresor de émbolo oscilante de dos etapas



Compresor de doble émbolo dos etapas

El símbolo neumático para todos los compresores es el mismo, utilizándose normas DIN/ISO y las recomendaciones internacionales CTOP (Comité Européen des Transmissions Oléhydrauliques et Pneumatiques).



El *compresor de diafragma* suministra aire comprimido seco a menores presiones pero libre de aceite, por lo que se emplea en la industria alimenticia, farmacéutica o similar.

Existen gráficas que, atendiendo a la presión y caudal necesario, recomiendan un tipo u otro de compresor. Así por ejemplo, los compresores de émbolo de 2 etapas se utilizan para presiones de hasta 15 bar, y los turbocompresores para grandes caudales. El caudal se expresa en m³/min ó m³/h.

2.2.2. DEPÓSITOS

El complemento del compresor es el **depósito**, **calderín** o **acumulador** y tiene las siguientes funciones:

1. Amortiguar las pulsaciones del caudal de salida de los compresores alternativos.
2. Permitir que los motores de arrastre de los compresores no tengan que trabajar de manera continua, sino intermitentemente.
3. Hacer frente a las demandas puntuales de caudal sin provocar caídas en la presión.

En general son cilíndricos, de chapa de acero y van provistos de varios accesorios tales como un manómetro, válvula de seguridad, válvula de cierre, grifo de purga de condensados, así como un presostato (en los pequeños) para arranque y paro del motor.

Los depósitos para pequeños compresores suelen ir montados debajo del mismo compresor y en sentido horizontal. Para grandes caudales suelen ir

separados y en sentido vertical, disponiendo de otros accesorios como termómetro y trampilla de acceso.

Su tamaño depende de varios factores como el caudal de suministro del compresor, de la demanda de aire, del volumen suplementario de las tuberías, del tipo de refrigeración para determinar los periodos aconsejables de paro, etc.

Su símbolo neumático es el siguiente:



2.3. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO: TUBERÍAS

Las máquinas y mecanismos neumáticos se abastecen del aire comprimido proporcionado por un compresor a través de las tuberías. Su cálculo debe ser riguroso teniendo en cuenta una serie de elementos como:

- a) El caudal.
- b) La longitud de las tuberías.
- c) La pérdida de presión admisible.
- d) La presión de servicio.
- e) La cantidad de estrangulamientos de la red (suponen una longitud supletoria).

En la práctica existen *nomogramas* que facilitan el cálculo del diámetro de una tubería de forma rápida y sencilla.

Los materiales de que están hechos varían con su aplicación. La tubería de gas estándar suelen ser de acero al carbono (SPG), para grandes diámetros en líneas de conductos largos se utiliza acero inoxidable, y cobre cuando requiere una resistencia a la corrosión o al calor. Debe tener un descenso en el sentido de la corriente del 1 al 2%, para evitar que el agua condensada que pueda haber en la tubería principal llegue a los elementos, colocándose las derivaciones en la parte superior del tubo.

Las mangueras de goma o plástico reforzado se utilizan en herramientas neumáticas manuales en las que el tubo está expuesto a desgaste mecánico, debido a su flexibilidad. Los tubos de PVC, nylon, poliuretano o poliamida se utilizan principalmente en la interconexión de componentes neumáticos.

3. TRATAMIENTO DEL AIRE COMPRIMIDO

3.1. PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido contiene impurezas que pueden causar interrupciones y averías en las instalaciones neumáticas, incluida la destrucción de los elementos neumáticos. Estas impurezas son en general, gotas de agua, polvo, restos de aceite de los compresores, cascarillas, etc. Mediante la preparación del aire se aumenta la duración de los elementos, reduciendo los tiempos de avería de los mandos.

Los aparatos con los que se consigue mejorar la calidad del aire son típicamente los siguientes:

- *Filtros en la aspiración*, para evitar la entrada de abrasivos que contiene el aire al compresor.
- *Refrigeradores del compresor*, para separar los condensados del aire húmedo absorbidos por el compresor.
- *Purgas intermedias*, para eliminar los condensados del aire que ha pasado aún sin enfriarse completamente.
- *Secadores*, utilizados en las grandes instalaciones y reduciendo el contenido de agua hasta un $0'001\text{g/m}^3$.
- *Desoleadores*, capaces de no dejar pasar agua líquida en suspensión, aceite o partículas sólidas.

Vamos a tratar solamente los elementos que componen una *unidad de mantenimiento (filtro, regulador de presión y lubricador)* de una pequeña instalación, colocada delante de las utilizaciones.

3.2. FILTRO CON REGULADOR DE PRESIÓN

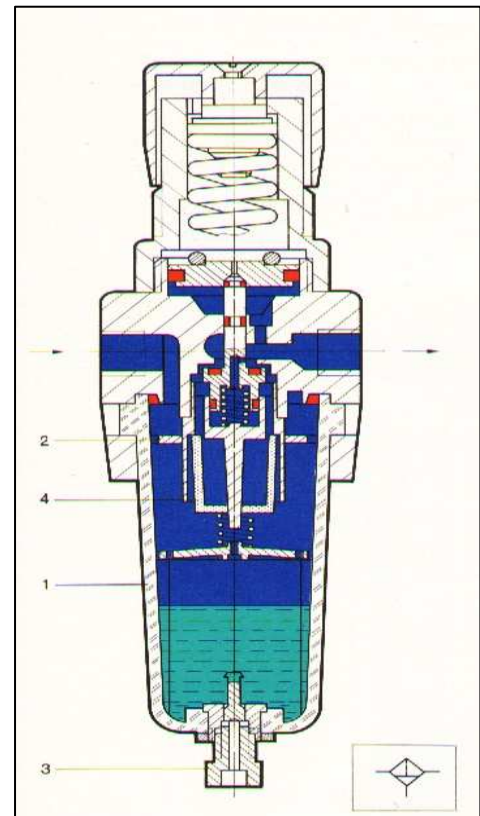
El **filtro** tiene como misión extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada.

Hay diferentes tipos: con o sin regulador de presión y purga. Además suelen llevar incorporado, los que poseen el regulador de presión, un manómetro.

Vamos a ver el funcionamiento de un *filtro con regulador de presión y purga*.

El aire entra y pasa por una chapa deflectora (2) con ranuras directrices al recipiente (1). De esa forma se somete al aire a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y partículas grandes de suciedad se desprenden por efecto de la fuerza centrífuga y caen a la parte inferior del recipiente. Este recipiente o taza suele ser de plástico transparente para su control visual. Estos se extraen al exterior por medio de la purga (3) que puede ser manual o automática.

A continuación pasa el aire por otro filtro sinterizado de cobre o espuma poliuretánica (4) que separa otras partículas más finas. Debe ser sustituido o limpiado cada cierto tiempo.



El aire limpio pasa entonces por el regulador de presión. **La función del regulador de presión es mantener la presión de trabajo constante, aunque la presión de la red varíe o lo haga el consumo de aire.** La presión primaria debe ser siempre mayor a la secundaria o de trabajo.

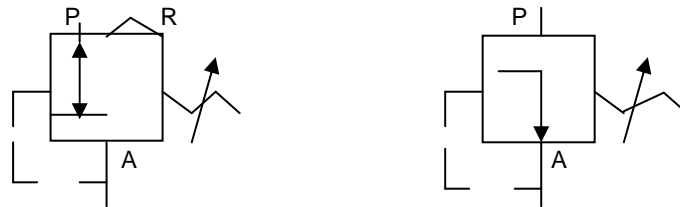
Con el tornillo superior regulamos la fuerza del muelle que se opone a otra fuerza por el otro lado, originada por la presión de trabajo.

Si la presión de trabajo aumenta, aumenta la fuerza contraria al muelle. Esto hace disminuir el caudal de aire que pasa, bajando la presión en el secundario. La sobrepresión suele eliminarse por medio de unos orificios de escape. Si por el contrario la presión de trabajo disminuye, disminuye la fuerza contraria al muelle. Esto origina una entrada mayor de caudal, restableciendo la presión de trabajo.

Los símbolos CETOP del filtro con purga manual y automática son los siguientes:



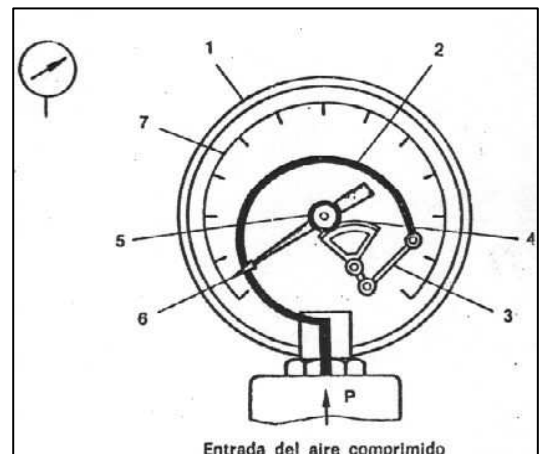
Los símbolo CETOP del regulador de presión con y sin escape son los siguientes:



3.3. MANÓMETRO

A la salida del secundario del regulador se coloca un **manómetro** que nos dirá en cada momento la presión de trabajo que tenemos.

Se basa en la deformación que sufre un tubo de metal de paredes delgadas, con la combinación de la presión del aire en su interior y la atmosférica en el exterior. Al aumentar la presión interior (2) del tubo, aumenta su radio y transmite a través de una biela (3) y sector dentado (4) movimiento a un indicador (6) a través de un piñón (5). En una escala (7) se mide la presión.



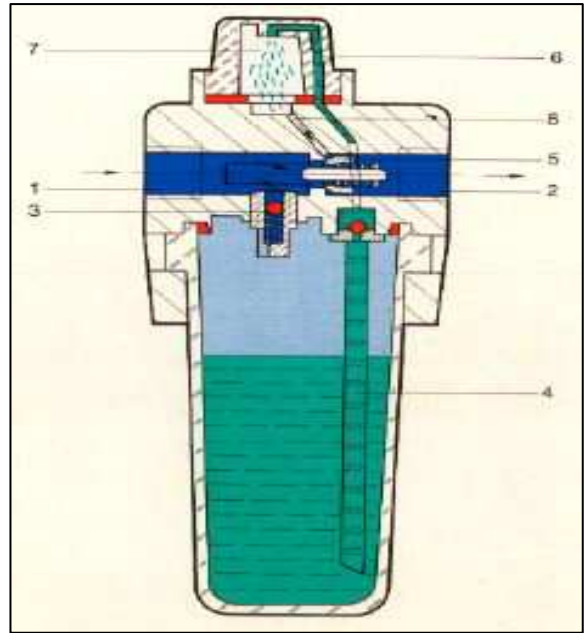
3.4. LUBRICADOR

El lubricador tiene como misión reducir el rozamiento de los elementos móviles de los aparatos neumáticos y protegerlos contra la corrosión. Se basan en el efecto Venturi, derivado del Teorema de Bernuilli. Se aprovecha la depresión que se produce entre la entrada de la “tobera” y la zona más estrecha para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire. Al existir un estrechamiento en la tubería, la presión en esa zona disminuye y si colocamos un tubo con aceite, la diferencia de presión aspira el líquido, las gotas de éste son pulverizadas por el aire y quedan mezcladas con él.

El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito.

Al entrar el aire (1) al lubricador, pasa por un estrechamiento (5). En el canal (8) y la cámara de goteo (7) se produce una depresión, aspirando a través de un canal (6) y tubo elevador (4) gotas de aceite. Finalmente sale (2) el aire con aceite pulverizado hasta el elemento consumidor.

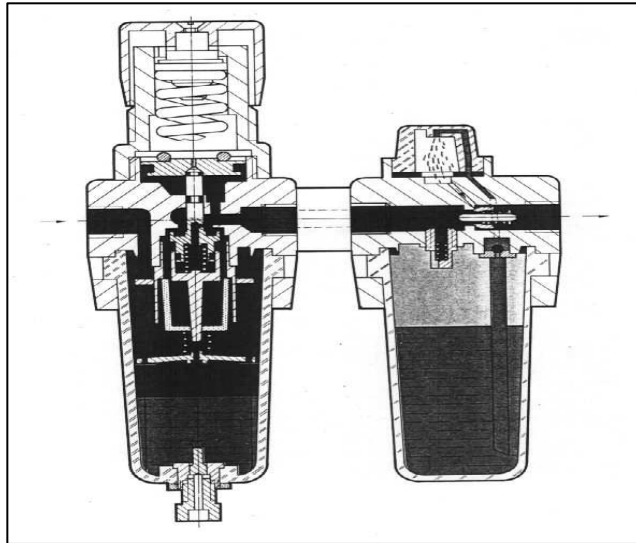
La elección correcta del aceite es importante, pues una mala elección puede tener consecuencias desastrosas para los elementos neumáticos. Siempre es conveniente consultar al distribuidor de los elementos por el aceite ideal y seguir todas las instrucciones en cuanto a la cantidad y tiempo de reposición.



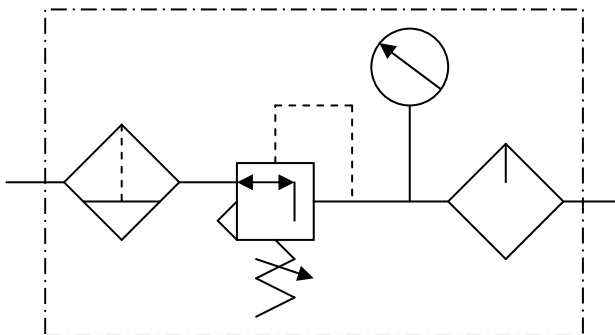
3.5. UNIDAD DE MANTENIMIENTO

Se denomina **unidad de mantenimiento** a la combinación de los elementos siguientes:

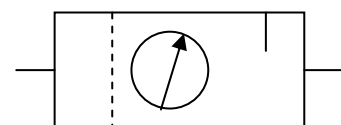
1. Filtro de aire comprimido.
2. Regulador de presión (generalmente con manómetro).
3. Lubricador de aire comprimido.



Se suelen emplear en conjunto, determinando el siguiente símbolo específico que se puede simplificar:



Símbolo completo



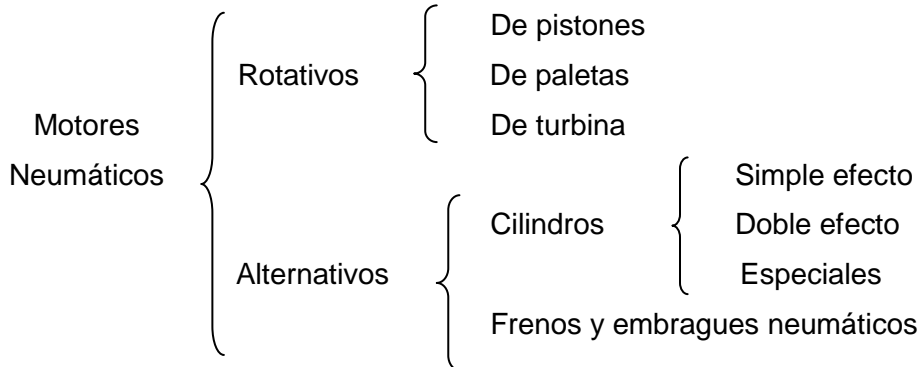
Símbolo simplificado

4. ELEMENTOS DE TRABAJO

4.1. MOTORES NEUMÁTICOS: CLASIFICACIÓN

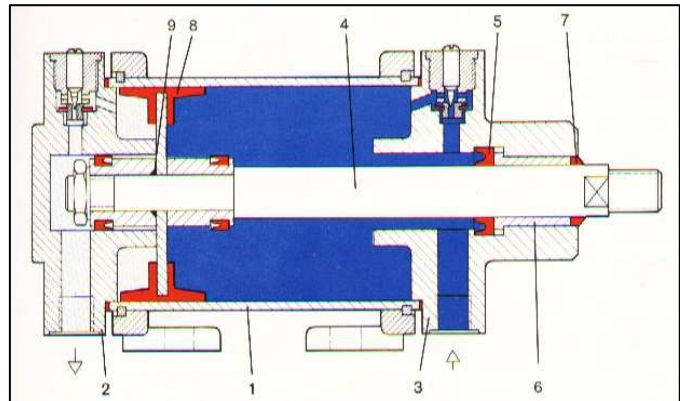
Los **motores neumáticos** convierten la energía del aire comprimido en un movimiento de giro (rotativo) o lineal de vaivén (lineal-alternativo).

Podemos clasificarlos en:



4.2. CILINDROS NEUMÁTICOS

Un **cilindro neumático** consta principalmente de un tubo cilíndrico (*camisa 1*) de acero embutido sin costuras con un gran acabado interno (bruñido) para minimizar el desgaste; una tapa generalmente de fundición de aluminio (*cabezal anterior 3*) en la parte del vástago y otra (*cabezal posterior 2*) en el otro extremo; *émbolo* generalmente de aleación ligera o acero bonificado con *manguito de doble copa (8)*; y *vástago (4)* de acero bonificado al cromo para evitar su corrosión con *juntas tóricas (9)*. Entre el vástago y el cabezal anterior llevan un *cojinete (6)* generalmente de bronce sinterizado que sirve de guía al vástago, y un *collarín obturador (5)* para hermetizar el vástago. Delante del casquillo del cojinete se encuentra un *aro rascador (7)* que impide la entrada de suciedad en el interior del cilindro.



El tipo de fijación depende del modo en que el cilindro se coloque en el dispositivo o máquina, fijándose por bridas, rosca, pies, etc.

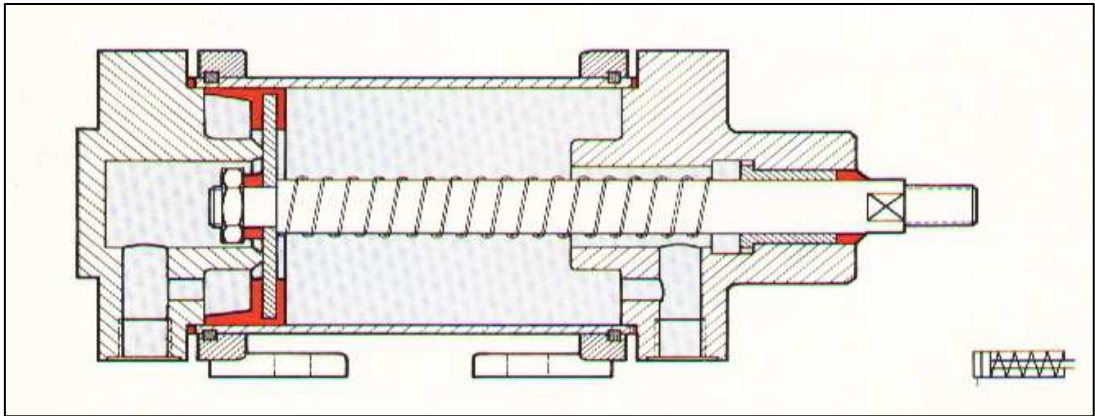
Las acciones que realiza un cilindro son "tirar" y "empujar". El mayor esfuerzo se realiza al empujar, esto es, cuando la presión actúa sobre la cara del émbolo sin el vástago por ser la superficie mayor.

4.2.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Tienen una sola conexión de aire, trabajando solo en un sentido. Generalmente, la carrera activa es la de "vástago saliente", realizándose el retorno bien por muelle o por una fuerza externa. Suelen ser de diámetro pequeño y carrera corta (hasta 100 mm), debido al muelle. Se utilizan para sujetar, expulsar, apretar, alimentar, levantar, etc.

Al entrar aire proveniente del distribuidor por el orificio de la izquierda el vástago avanza (carrera de avance o trabajo), mientras que al dejar de entrar aire el vástago retrocede (carrera de retroceso o retorno).

Se suelen nombrar en su representación simbólica por A, B, C, etc., ó 1.0, 2.0, 3.0, etc.



4.2.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

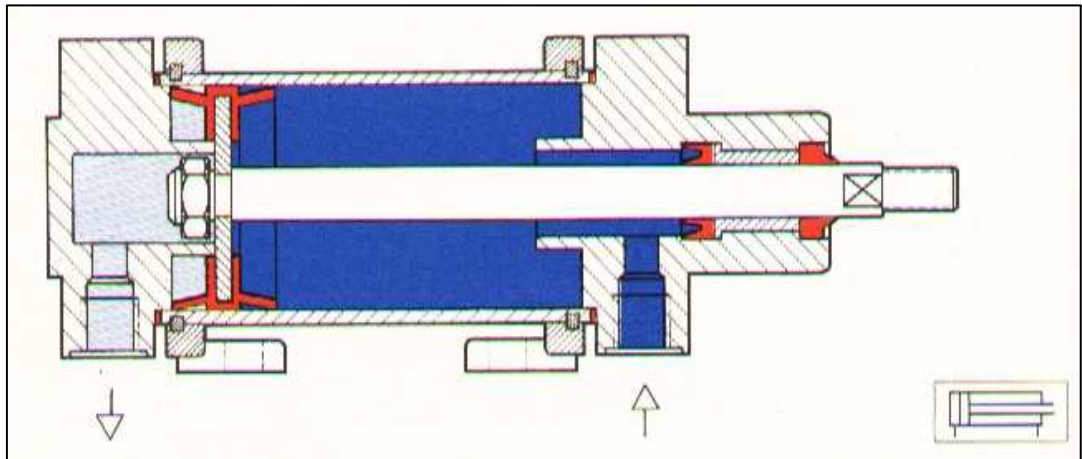
Poseen dos tomas de aire situadas a ambos lados del émbolo. Son los más utilizados, aprovechando la carrera de trabajo en los dos sentidos.

Las ventajas con relación a los de simple efecto son, entre otras:

- Aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.
- No realiza trabajo en comprimir el muelle.
- Se puede ajustar con mayor precisión en régimen de funcionamiento.

A igualdad de presión, la fuerza del émbolo es mayor en el avance que en el retroceso, debido a la mayor sección.

La carrera no tiene la limitación de los de simple efecto al no poseer muelle, pero no puede ser muy larga debido al peligro de pandeo y flexión del vástago.



Al entrar el aire por donde está marcado con ↓, empuja al émbolo saliendo el vástago (carrera de "avance"). El aire de la otra cámara sale por ↑. Si el aire entra por donde está marcado con ↑ el cilindro retorna (carrera de "retroceso"), saliendo el aire de la otra cámara por ↓.

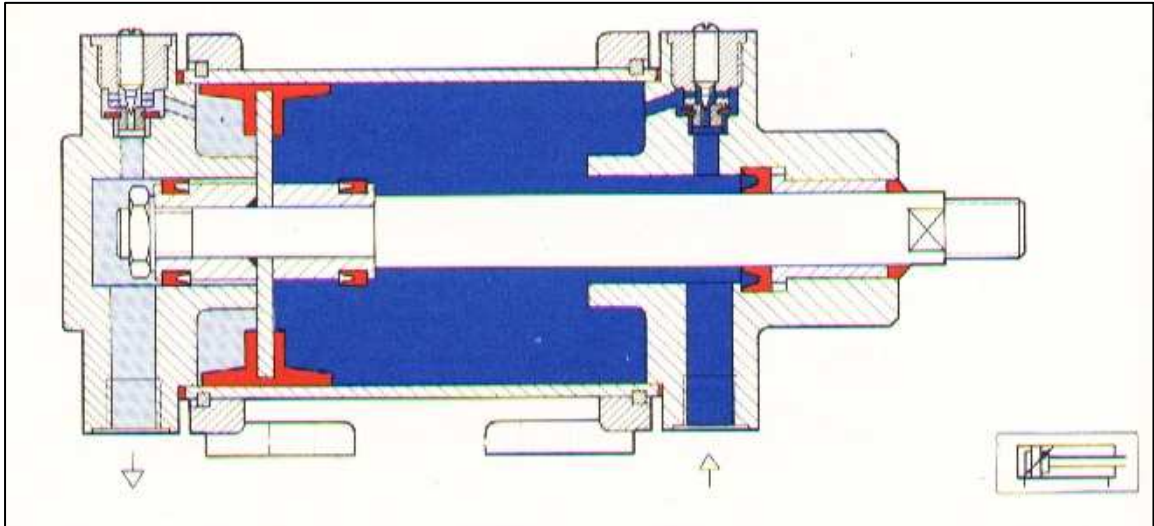
4.2.3. CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON AMORTIGUACIÓN INTERNA

Al objeto de evitar un choque brusco y posibles daños cuando la masa trasladada es grande, se utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción poco antes de alcanzar el final de la carrera.

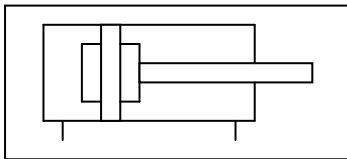
El cilindro posee, adicionalmente, de tapas con válvulas de retención (*antirretornos*), *estrangulación regulable* y émbolo de amortiguación.

Antes de alcanzar la posición final, el émbolo de amortiguación interrumpe la salida directa del aire hacia el exterior. Solo puede salir el aire por la pequeña abertura regulada por medio de un tornillo, deslizándose el émbolo lentamente hasta su posición final.

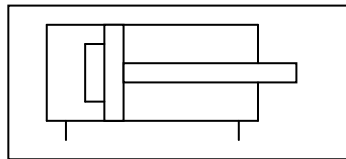
Los hay con amortiguación en los dos lados o en uno, regulable o no, o amortiguación en el lado del émbolo regulable o no.



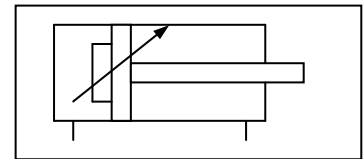
Sus símbolos varían un poco:



C. de D. E. con amortiguación en ambos lados no regulable



C. de D. E. con amortiguación en un lado no regulable



C. de D. E. con amortiguación en un lado regulable

4.2.4. CILINDROS DE DOBLE EFECTO PARA PALPACIÓN SIN CONTACTO

Son cilindros neumáticos con finales de carrera magnéticos incorporados en el propio cilindro. Básicamente están equipados con un émbolo magnético permanente, que actúa sobre microinterruptores eléctricos cuya zona sensitiva está situada en los finales de carrera sobre el émbolo. Son de diferentes tipos y se utilizan en electro-neumática.

4.2.5. OTROS TIPOS DE CILINDROS

Hay muchos tipos de cilindros cuya característica es específica para determinados trabajos.

Los *de impacto* poseen dos cámaras, aprovechando la primera para crear una gran aceleración en la otra. El émbolo sale con gran fuerza.

Los *tándem* son dos cilindros de doble efecto acoplados en serie, consiguiendo fuerzas casi el doble que un cilindro de doble efecto e igual diámetro.

Los *de doble vástago* poseen un vástago hacia ambos lados, desarrollando una fuerza igual en ambos sentidos.

El *cilindro compacto* permite una carrera muy corta. Su longitud vienen a ser de 2'5 a 4 veces inferior a otro estándar. Su principal inconveniente, debido a su pequeña carrera, es la detección de la posición para generar señal. Por ello, se utilizan principalmente con sensores magnéticos.

Otros son los *multi posicionales* (varias posiciones), *de cable* (en sustitución del émbolo), *de giro* (piñón-cremallera), etc.

4.2.6. CILINDROS SIN VÁSTAGO

Hay veces que es un inconveniente el que un cilindro duplique su longitud durante la carrera. En este tipo de aplicaciones, se utilizan cilindros sin vástago. En éstos la transmisión es, generalmente, o magnética o mecánica.

Un cilindro convencional con una carrera de 500 mm, puede llegar a tener una dimensión total de 1100 mm, mientras que un cilindro sin vástago tiene una longitud total de 600 mm.

4.3. JUNTAS DE LOS CILINDROS

En el émbolo y vástago, se colocan juntas de estanqueidad. También tiene el vástago un collarín obturador en la tapa delantera para hermetizar el vástago. Las hay tóricas, cuadradas, en L, manguito de copa, manguito doble de copa, etc.

5. ELEMENTOS DE MANDO Y SEÑAL: VÁLVULAS

Un **automatismo neumático** consiste en obtener unas *señales de salida* que accionan a los elementos de potencia o trabajo (cilindros), a partir de otras *señales de entrada* (pulsadores, interruptores, finales de carrera, etc.) debidamente tratadas mediante válvulas.

En neumática podemos decir que tenemos dos tipos de señales:

- *Presencia* de aire o presión (estado 1, SI).
- *Ausencia* de aire o presión (estado 0, NO).

Las **válvulas** son elementos que regulan la puesta en marcha, el paro, la dirección, la presión o el caudal de fluido.

Según dicha función, las válvulas se dividen en:

- *Válvulas distribuidoras*, de vías o de control de dirección: interrumpen, dejan pasar o desvían el fluido.
- *Válvulas de bloqueo*: suelen bloquear el paso de caudal en un sentido y lo permiten en otro.
- *Válvulas de presión*: mantienen constante una presión establecida.
- *Válvulas de caudal*: dosifican la cantidad de fluido que pasa por ellas en unidad de tiempo.
- *Válvulas de cierre*: abren o cierran el paso de caudal, pudiendo ser el paso en ambas direcciones.

5.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Las *válvulas distribuidoras* influyen en el camino del aire comprimido. Para representarlas simbólicamente en los esquemas se utilizan símbolos que solo indican su función, sin decir como son por dentro.

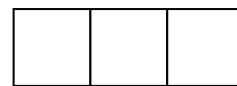
Cuando se identifica a una válvula, debemos decir:

- *Nº de vías*, que son las entradas y salidas que tiene la válvula.
- *Nº de posiciones*, realizando en cada posición una función determinada.
- *Accionamiento*, determina el modo de cambiar de posición la válvula.
- *Retorno*, determina el modo en que vuelve a la posición de “reposo” o inicial.

Las posiciones se representan por medio de cuadros:

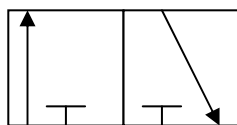


Válvula de dos posiciones

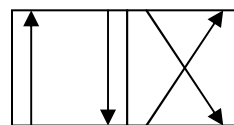


Válvula de tres posiciones

Las vías se representan por medio de flechas \uparrow , indicando la flecha la dirección del aire. Si la tubería interna está cerrada, se representa con una línea transversal \perp .



Válvula de 3 vías 2 posiciones (3/2)

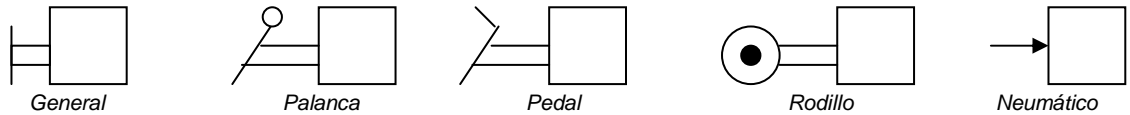


Válvula de 4 vías 2 posiciones (4/2)

La posición inicial o de “reposo” de la válvula es la de la derecha en las de dos posiciones, o la central en las de más. En esa posición se representan los empalmes por medio de una raya que sobresale y se une a las tuberías exteriores. Los empalmes se representan por letras o números:

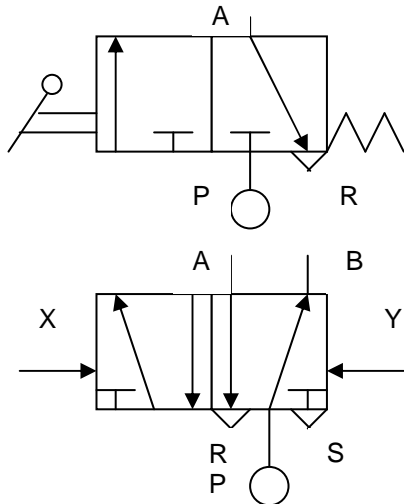
Utilizaciones	A, B, C	2, 4, 6	CIL, OUT
Presión	P	1	IN
Escapes	R, S, T	3, 5, 7	EX
Pilotajes	X, Y, Z	12, 14, 16	
Fugas	L	9	

El accionamiento de la válvula puede ser de diferentes formas, representándose en el lateral izquierdo, y el retorno a la posición de reposo en el derecho.



Otros accionamientos son la “seta”, “muelle”, “rodillo escamoteable”, “pulsador con enclavamiento”, “leva”, “eléctrico”, etc.

Cuando en la posición de reposo la línea de presión (P) está abierta a una utilización (A), se dice que está *normalmente abierta*, mientras que si está cerrada se dice que está *normalmente cerrada*. Vamos a ver algún ejemplo:



Válvula de 3 vías 2 posiciones, accionamiento por palanca y retorno por muelle, normalmente cerrada (3/2 n.c.). Válvula monoestable o inversora.

Válvula de 5 vías 2 posiciones accionamiento y retorno neumático (5/2). Válvula biestable, de impulsos o memoria.

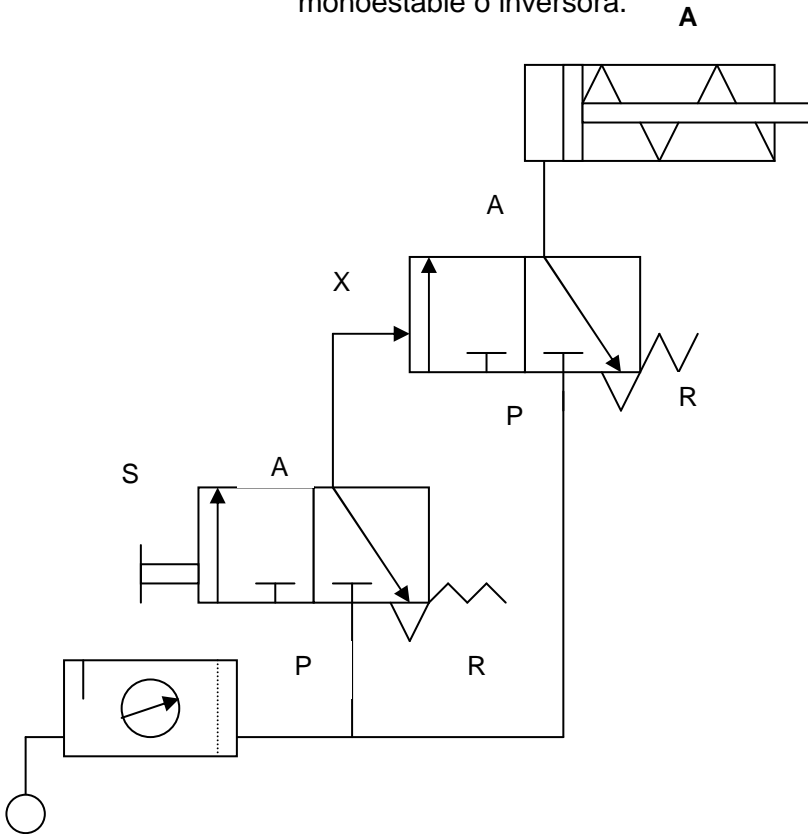
- **FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA 1ª:** En posición de reposo, llega el aire de P (presión), pero no pasa (cerrada en posición de reposo). La utilización está comunicada con el escape $A \Rightarrow R$. Al dar a la palanca, cambia de posición, comunicando $P \Rightarrow A$ (utilización al cilindro) y el escape R queda cerrado. Al dejar de dar a la palanca la válvula vuelve, por efecto del muelle, a su posición de cerrada inicial.
- **FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA 2ª:** Cuando se pilota la válvula con aire por Y, se pone en contacto $P \Rightarrow B$, $A \Rightarrow R$ y S está cerrado. Si se pilota la válvula por X, se comunica $P \Rightarrow A$, $B \Rightarrow S$ y R está cerrado.

Cuando una válvula retorna a su posición de reposo al dejar de accionarla (generalmente por medio de un muelle), se dice que es **monoestable** o **inversora**. Si no retorna a su posición de reposo al dejar de accionarla, necesitando otra acción externa para cambiar de posición, se dice que es **biestable, de impulsos** o **memoria**.

Los cilindros de simple efecto utilizan válvulas distribuidoras 3/2 monoestables o biestables, mientras que los de doble efecto utilizan válvulas distribuidoras 4/2 ó 5/2 monoestables o biestables. Los finales de carrera mecánicos son válvulas 3/2 generalmente cerradas en posición de reposo, accionados por rodillo y retorno por muelle.

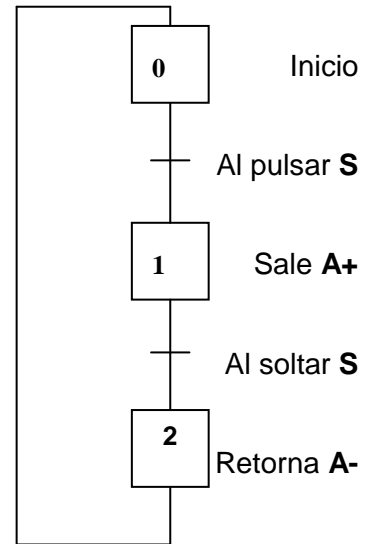
5.1.1. EJERCICIO 1 (Ejemplo)

- Al actuar un pulsador 3/2, sale un cilindro de simple efecto. El retroceso del cilindro se realiza al soltar el pulsador. Utilizar para el mando una válvula monoestable o inversora.



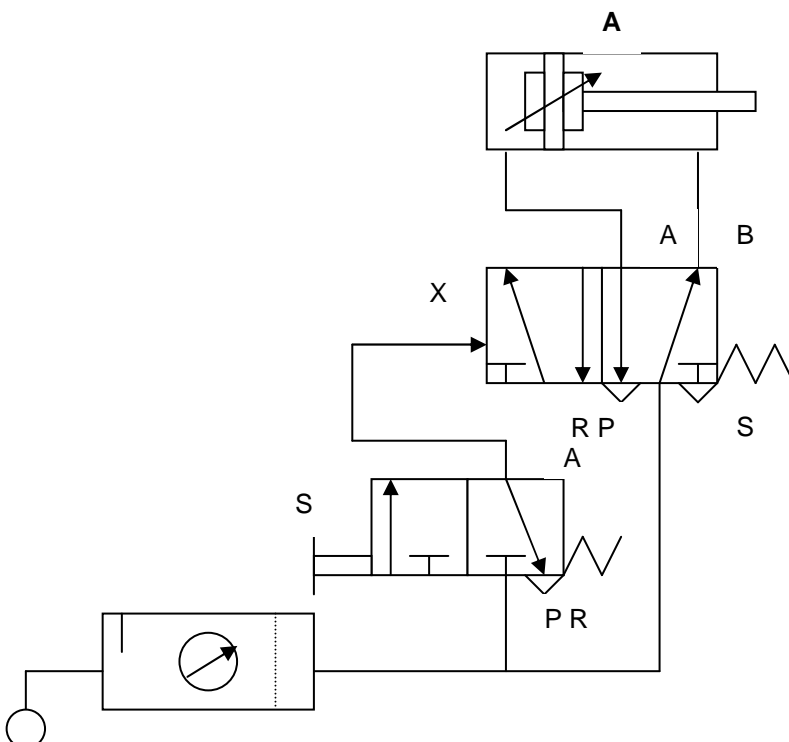
SECUENCIA: A+/A-

GRAFSET :



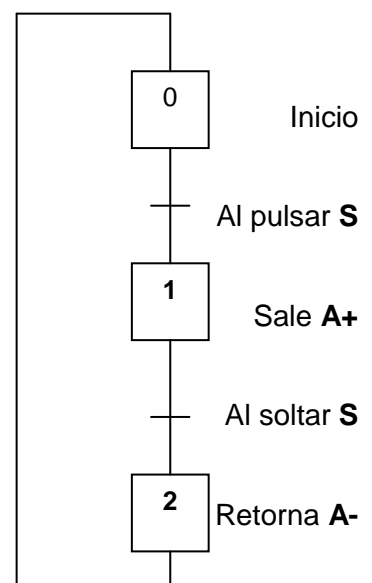
5.1.2. EJERCICIO 2 (Ejemplo)

- Al actuar un pulsador 3/2, sale un cilindro de doble efecto amortiguado en ambos finales de carrera. Al dejar de pulsar, el cilindro vuelve a su posición inicial. Utilizar para el mando una válvula monoestable o inversora.



SECUENCIA: A+/A-

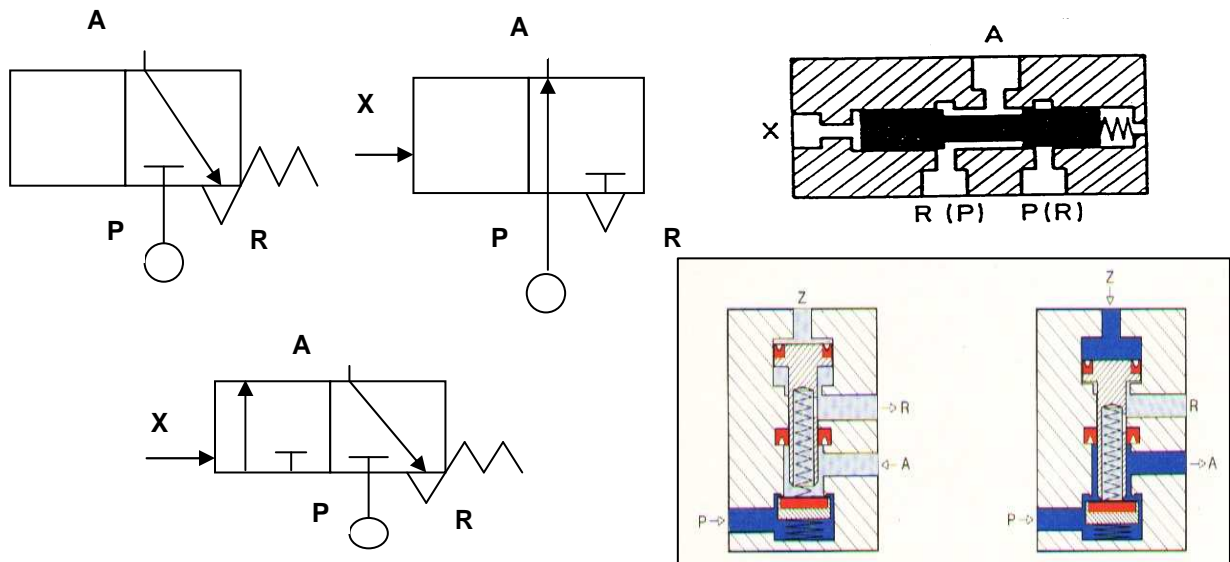
GRAFSET :



5.1.3. FUNCIONAMIENTO INTERIOR DE LAS VÁLVULAS MONOESTABLES

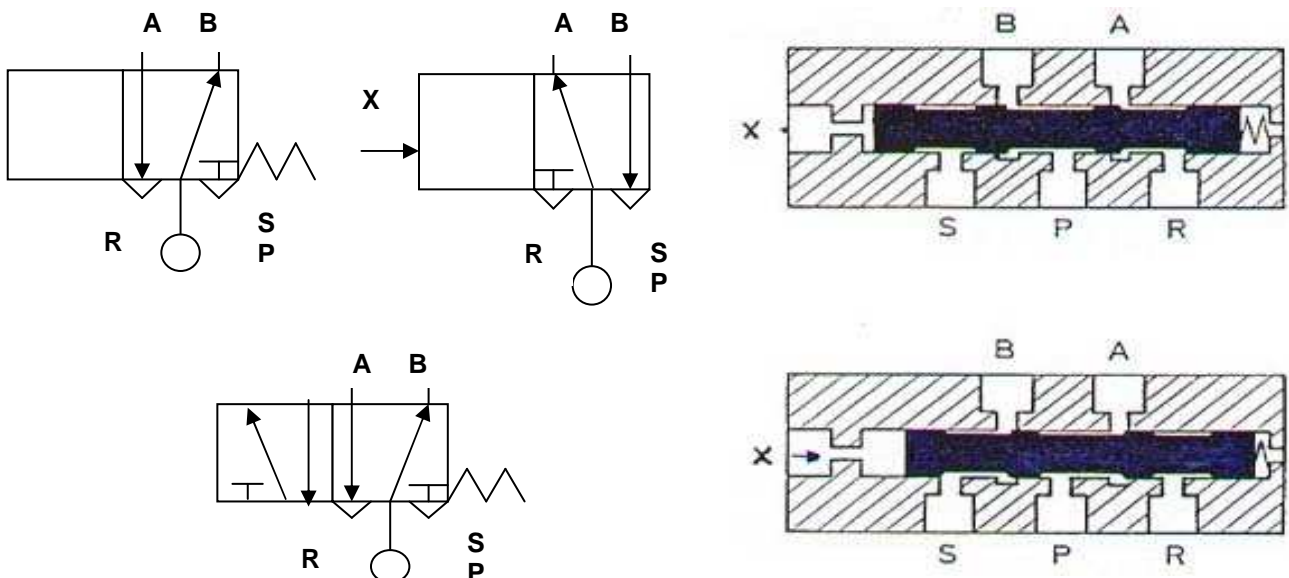
Las válvulas monoestables o inversoras solo tienen una toma **X**, esto es, están pilotadas neumáticamente por un solo conducto. Su retroceso se suele realizar mediante un muelle.

- Válvula 3/2 normalmente cerrada, accionamiento neumático retorno muelle:** En posición de reposo, la entrada de presión **P** está cerrada y la utilización **A** comunicada con el escape **R**. Si la pilotamos a través generalmente de la señal proveniente de otra válvula por **X**, el mecanismo interior se desplaza forzando al muelle, comunicando **P** con **A** y cerrando **R**. En el momento en que deja de entrar aire por **X**, la válvula cambia de posición debido al muelle.



Los paréntesis de la sección de arriba quieren decir que la válvula se puede convertir en *normalmente abierta*, cambiando **P** con **R**. Su sistema es de *corredera*. Otro ejemplo es la de abajo, donde la **X** se ha sustituido por la **Z**. Su sistema es de *asiento plano*.

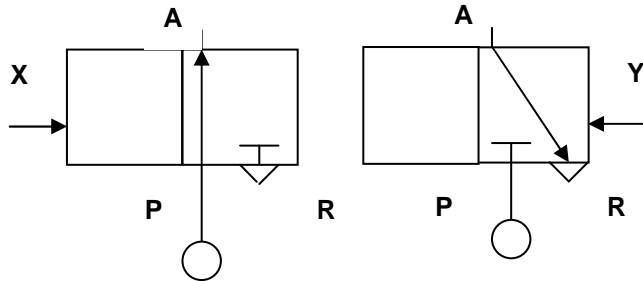
- Válvula 5/2 accionamiento neumático retorno muelle:** En posición de reposo, **P** está comunicado con **B** y **A** con **R**, mientras **S** está cerrado. Al pilotar por **X**, comunicamos **P** con **A** y **B** con **S**, quedando **R** cerrado. En el momento en que se deja de pilotar por **X**, la válvula vuelve a su posición inicial debido al muelle.



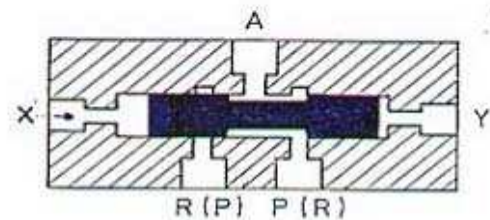
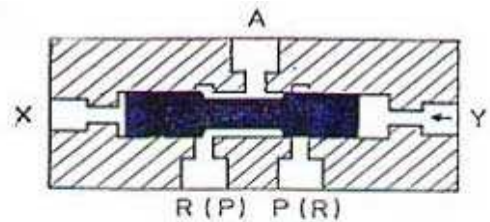
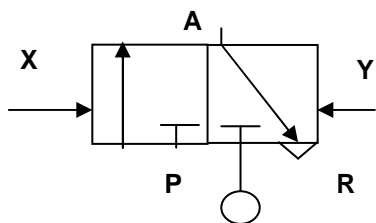
5.1.4. FUNCIONAMIENTO INTERIOR DE LAS VÁLVULAS BIESTABLES

Las válvulas biestables, de impulsos o memorias solo necesitan un corto impulso de aire para su pilotaje o cambio de posición por medio de las tomas X o Y. Permanece en su posición hasta que no recibe un contraimpulso.

- *Válvula 3/2 accionamiento y retorno neumático:* Si pilotamos por X la válvula, P se comunica con A y R permanece cerrado. Si pilotamos por Y, P se cierra y A se comunica con R.

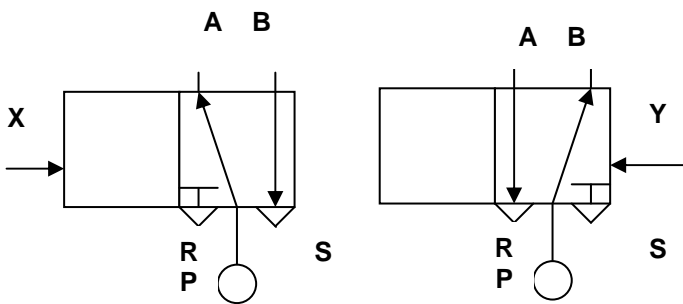


Completa:

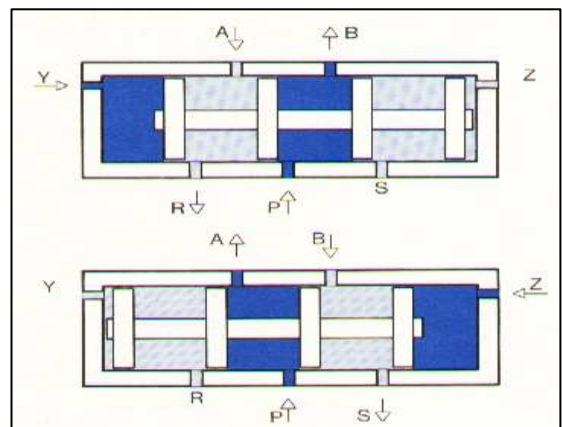
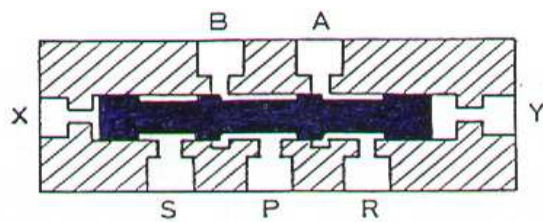
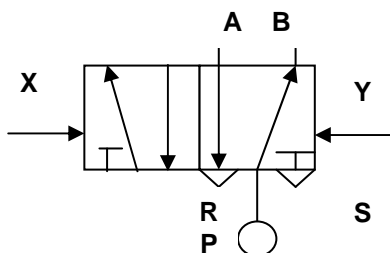


- *Válvula 5/2 accionamiento y retorno neumático:* Si pilotamos por X la válvula, P se comunica con A y B con S, permaneciendo R cerrado. Si pilotamos por Y, P se comunica con B, A se comunica con R y S permanece cerrado.

En el ejemplo de la de abajo, hay que sustituir X por Z, siendo su funcionamiento igual.



Completa :

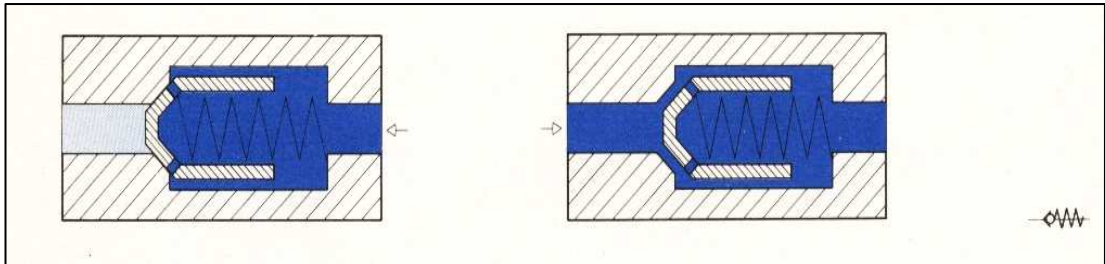


5.2. VÁLVULAS DE BLOQUEO

Son elementos que bloquean el paso de caudal preferentemente en un sentido y lo permiten únicamente en el otro. La presión del lado de salida actúa sobre la pieza obturadora y apoya el efecto del cierre hermético de la válvula.

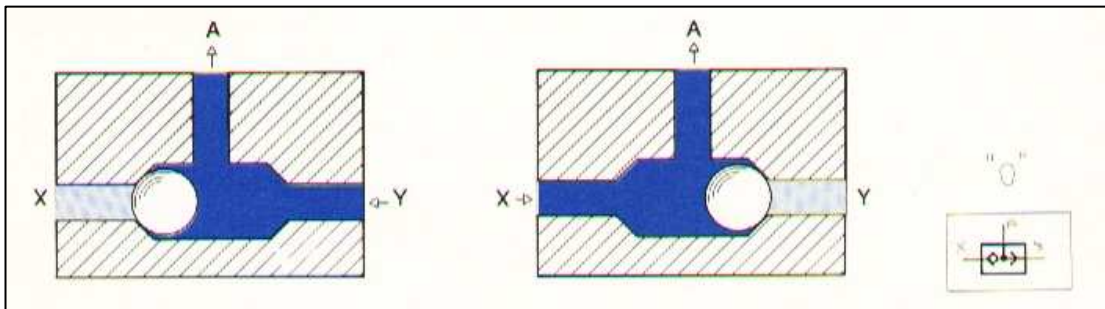
5.2.1. VÁLVULA ANTIRRETORNO

Permite el paso de fluido solamente en una dirección. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, bola, disco o membrana. Generalmente, el cuerpo de estanqueidad está comprimido por un resorte.



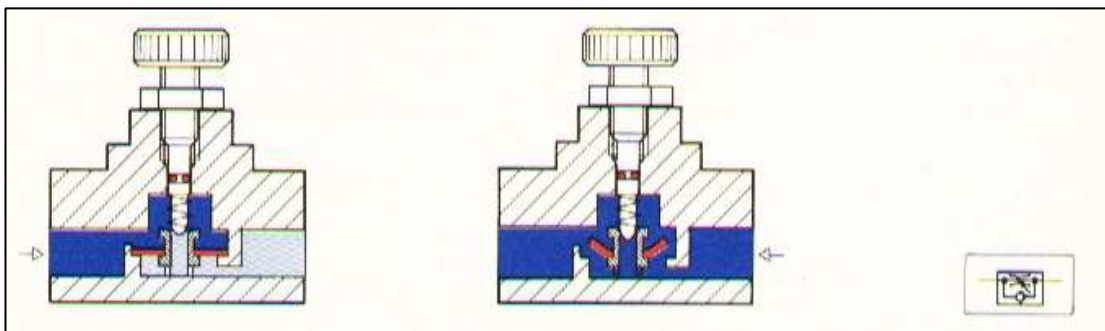
5.2.2. VÁLVULA "O" (OR)

También se le llama *selector* o *antirretorno doble*. Con ella se permite que un mando determinado se pueda realizar desde puntos distintos.



5.2.3. VÁLVULA ANTIRRETORNO CON ESTRANGULACIÓN

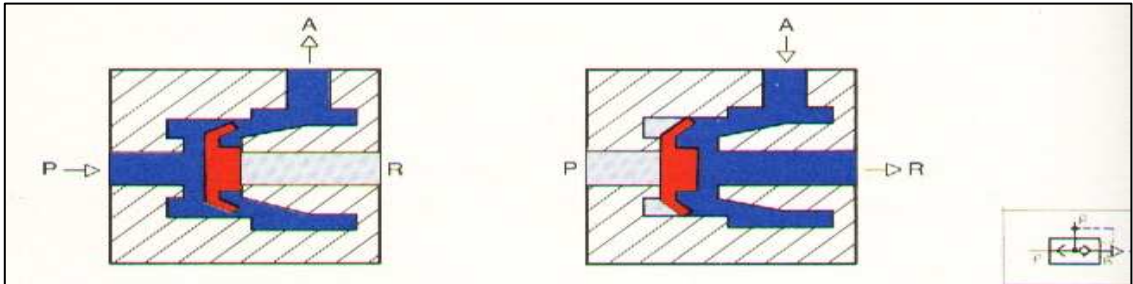
Esta válvula, también llamada de *estrangulación unidireccional*, permite el paso estrangulado en una dirección. En esa dirección, se puede variar la sección de paso de cero al diámetro de la válvula. En la otra dirección, la membrana se levanta del asiento y el aire pasa libre. Se utilizan, junto a los cilindros, para variar su velocidad.



5.2.4. VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO

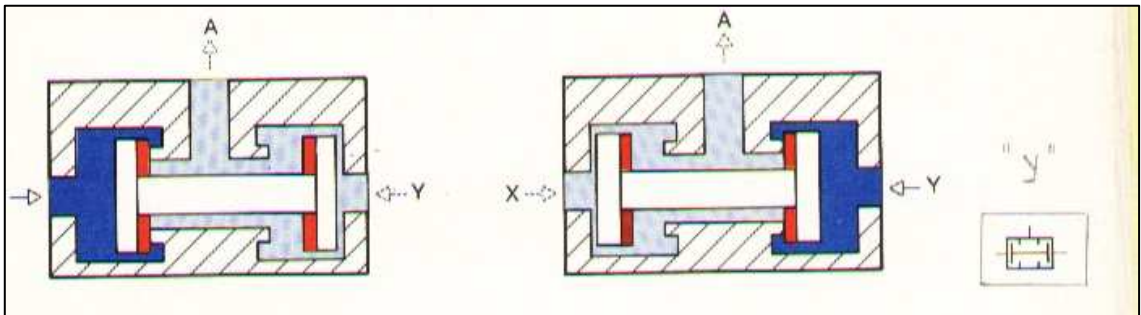
Se utiliza para purgar rápidamente el aire de un cilindro, aumentando notablemente su velocidad. Se monta también junto al cilindro.

Si circula aire de $P \rightarrow A$, la junta de labio cierra a R . Al purgarse el cilindro, la junta cierra el paso hacia P , uniéndose $A \rightarrow R$.



5.2.5. VÁLVULA "Y" (AND)

También recibe el nombre de *simultaneidad* o *dos presiones*. En **A** solo habrá salida cuando ambas entradas reciban aire. Una única señal bloquea la salida de aire hacia **A**.



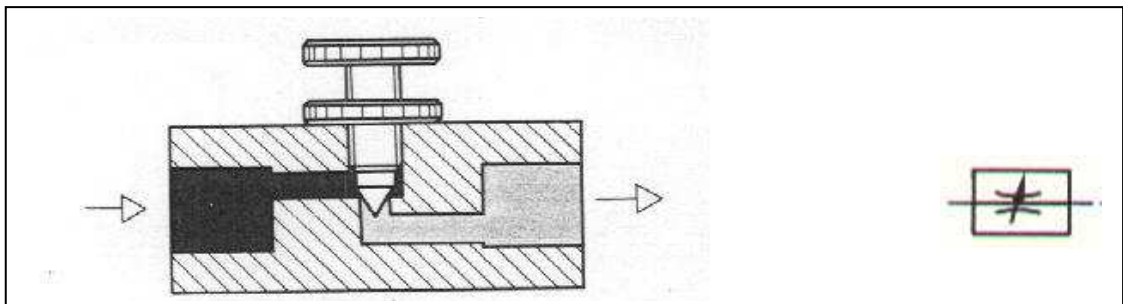
5.3. VÁLVULAS DE PRESIÓN

Las principales válvulas de presión son los *reguladores de presión*. En el apartado (3.2) hemos visto un filtro con regulador de presión y purga. Su función es mantener constante la presión en el secundario aún existiendo variaciones de presión en el primario. Los hay con o sin compensación de caudal y con o sin escape.

De entre otras válvulas de presión destacan la *limitadora de presión* y la de *secuencia*.

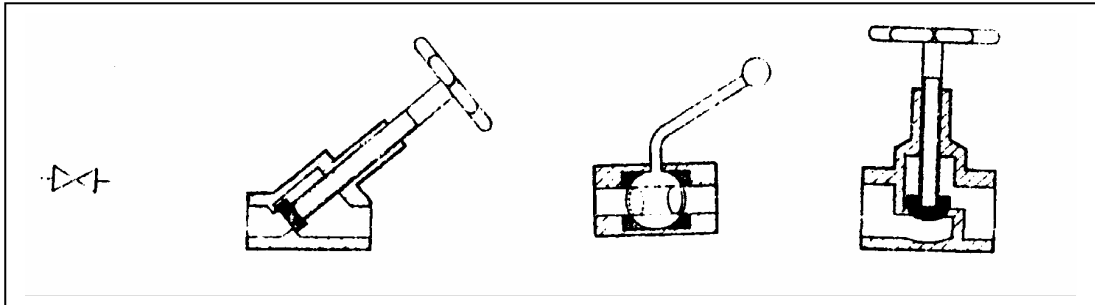
5.4. VÁLVULAS DE CAUDAL

Influyen en la cantidad de aire circulando. El caudal se regula en ambos sentidos. Todo estrechamiento de sección transversal, así como las longitudes muy largas, significa resistencia a la corriente y por tanto, considerables pérdidas de presión. La estrangulación o diafragma puede ser regulable, incorporándose al símbolo una flecha cruzada.



5.5. VÁLVULAS DE CIERRE

Son aquellas que abren o cierran el paso de caudal sin escalones. El paso puede producirse en ambas direcciones.



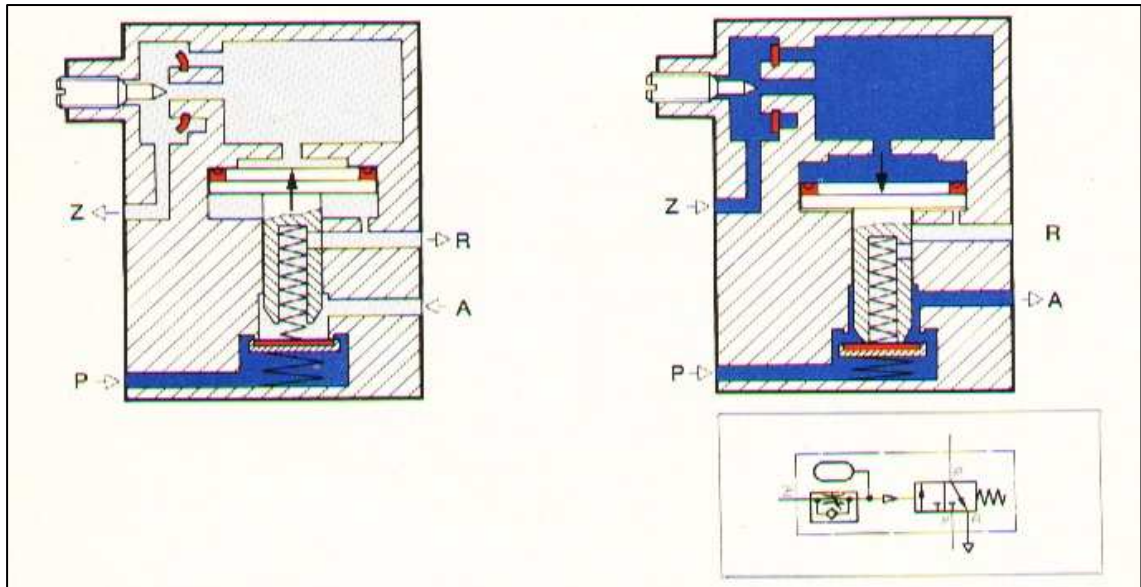
5.6. TEMPORIZADORES NEUMÁTICOS

Los temporizadores neumáticos se construyen combinando una estrangulación, un depósito y una válvula de pilotaje neumático.

Fundamentalmente tienen dos misiones: adelantar o atrasar el tiempo (temporizar) en una inversión o, temporizar para generar impulsos.

Vamos a ver el funcionamiento interior de uno de ellos.

5.6.1. TEMPORIZADOR CON RETARDO DE ACTIVACIÓN CERRADO EN POSICIÓN DE REPOSO



En su posición de reposo, **P** está cerrado y **A** \Rightarrow **R**. El aire entra al depósito por el pilotaje **X** y la estrangulación unidireccional regulable (a través del tornillo). Al llegar la presión del depósito a un valor determinado, vence la fuerza del muelle, circulando aire de **P** \Rightarrow **A**, y cerrando **R**.

Variando la entrada de aire con el tornillo (estrangulación), conseguimos abrir o cerrar más su paso, con lo que retardamos más o menos el tiempo.

Si la válvula la convertimos en abierta en posición de reposo, obtenemos un *temporizador con retardo a la activación abierto en posición de reposo*. En su posición de reposo, **R** está cerrado y **P** \Rightarrow **A**. Al pilotarse por **X**, **P** se cierra y **A** \Rightarrow **R**.

6. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE MOVIMIENTOS SECUENCIALES

Un **esquema** se dice que es **secuencial** cuando los movimientos de los cilindros considerados se realizan en un orden determinado llamado **SECUENCIA**. Además, un movimiento no se inicia hasta que el movimiento anterior no se haya realizado y controlado.

Para representar una secuencia, se debe tener en cuenta:

- Los elementos de potencia (cilindros) se designan por las letras **A, B, C**, etc.
- La salida del vástago se representa por “+” y su retorno por “-”.
- Las etapas o fases de los cilindros se describen por orden cronológico.
- Las transiciones se representan por válvulas como pulsadores (**S**), finales de carrera (“**a₁**” afuera y “**a₀**” adentro para el cilindro **A**), etc.

6.1. GRÁFICO DE ETAPA TRANSICIÓN

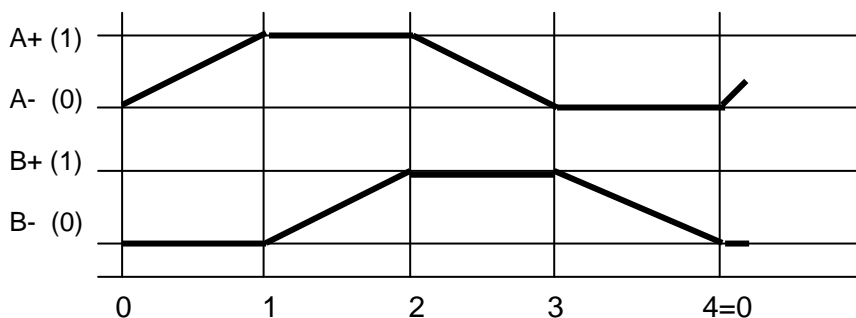
Existe un método llamado **GRAF CET** (gráfico de etapa transición) para resolver automatismos de forma secuencial. Para su resolución, se deben de seguir los siguientes pasos:

- Determinación de la secuencia.
- Cada etapa se representa por un cuadrado.
- Entre etapas existe una transición representada por una línea.
- La etapa “0” de la secuencia es la etapa “inicio” o de condiciones iniciales.
- Se hace coincidir cada etapa con el orden de la secuencia.
- Entre cada etapa, se representa la transición necesaria para que se cumpla la etapa siguiente.
- En cada momento solo está activada una etapa, en los GRAFCET lineales.

6.2. DIAGRAMA DESPLAZAMIENTO-FASE

También es posible representar gráficamente las fases o etapas secuenciales. Veámoslo en un ejemplo con la secuencia A+/B+/A-/B-/:

- En un diagrama representamos en las ordenadas las fases de los cilindros: A+, A- y B+, B-.
- En el eje de abcisas representamos el número total de fases: 0, 1, 2, 3 y 4=0.
- Se traslada la secuencia al gráfico:



En el diagrama espacio-fase se representa el cambio de estado de un elemento, pero no su velocidad. Por ello se utiliza a veces el *diagrama espacio-tiempo*, en el que en el eje de abcisas se representa el tiempo empleado en cada maniobra.

Se puede completar el diagrama con los estados de las transiciones, esto es, de los pulsadores, finales de carrera, etc. A este apartado se le llama *diagrama de mando*.

6.3. PASOS A SEGUIR EN LA RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA

Para la resolución de un automatismo, seguiremos los siguientes pasos:

- Determinación de la secuencia que resuelve el problema.
- Diagrama GRAFCET.
- Diagrama espacio-fase.
- Esquema de potencia.
- Esquema de mando.

6.4. SOFTWARE DE APLICACIÓN “PNEUSIM”

El programa *Pneusim* de la casa *Norgren Martonair*, es un simulador que nos permite comprobar si un montaje planeado esta bien o mal resuelto, antes de pasar a su montaje final. Sigue la dinámica de ventanas en las que se puede trabajar con los archivos, montar la propuesta por medio de una biblioteca y simular su funcionamiento. Hay otros programas de otras casas constructoras (Festo, Boch, Siemens, Mitsubishi, etc.) cuya filosofía es parecida, por lo que su conocimiento facilitará el futuro conocimiento de otros simuladores.

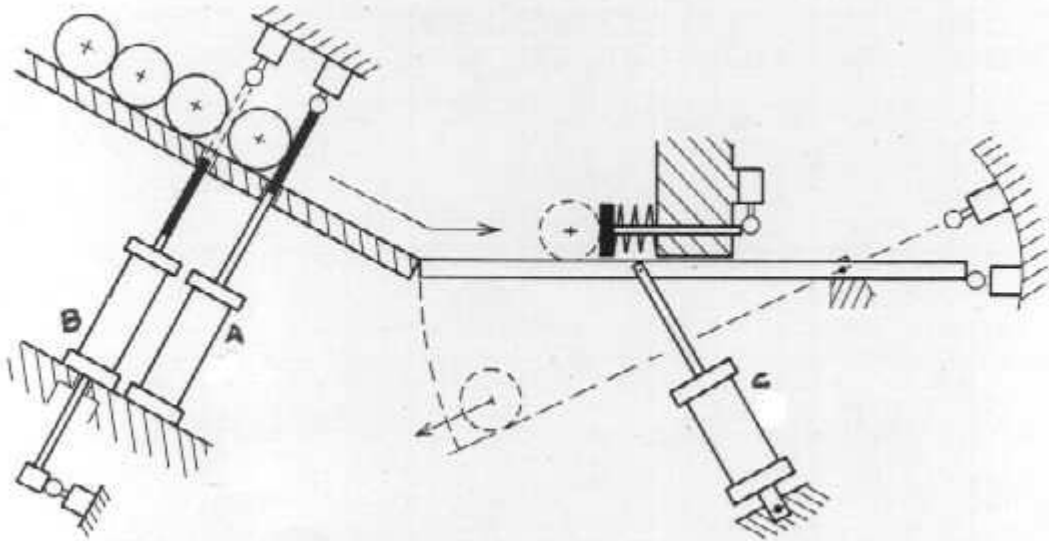
7. EJERCICIOS

Los ejercicios 1 y 2 son los realizados, como ejemplo, anteriormente. También se deben hacer como práctica. A cada ejercicio debéis llamarlo por vuestras iniciales y a continuación el número que corresponda.

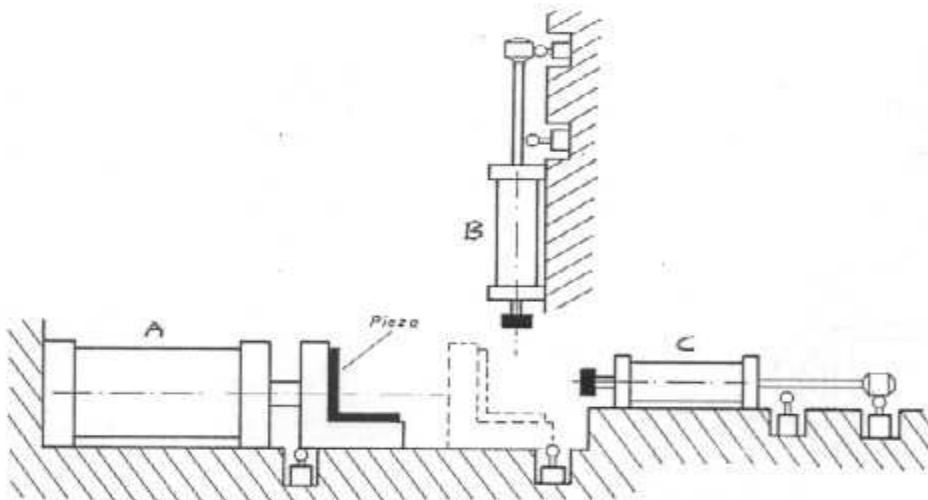
3. Al accionar un pulsador (S_1) sale un cilindro de simple efecto (A). El retorno sólo se realiza al accionar un segundo pulsador (S_2).
4. Un cilindro de doble efecto (A) sale cuando se acciona un pulsador (S_1) o un interruptor (S_2). El retorno sólo se realizará cuando no estén accionados ni el pulsador ni el interruptor.
5. Al accionar un pulsador (S), un cilindro de doble efecto (A) sale lentamente. El retorno se realizará sólo cuando llegue al final del recorrido (a_1).
6. Un cilindro de doble efecto (A) sale al accionar un pulsador (S_1) y un interruptor (S_2). El retorno se realizará rápidamente sólo cuando llegue al final de su recorrido (a_1).
7. Un cilindro de doble efecto (A) sale al accionar un pulsador (S). Al llegar al final de su recorrido (a_1) sale otro cilindro de doble efecto (B). Cuando el segundo llega al final de su recorrido (b_1) retorna el primero. Al retornar el primero y llegar a su final de recorrido (a_0), retorna el segundo. Para comenzar un nuevo ciclo, debemos asegurarnos que el segundo cilindro a retornado totalmente (b_0).
8. Un cilindro de doble efecto (A) sale al cabo de 5 segundos de accionar un pulsador (S). Al llegar al final de su recorrido (a_1), salen otros dos cilindros de doble efecto a la vez (B y C). Al llegar los dos al final de su recorrido (b_1 y c_1), retorna el primero. Al llegar el primero a su final de recorrido (a_0) retornan los otros dos a la vez. Para comenzar un nuevo ciclo, debemos asegurarnos que los dos últimos retornen totalmente (b_0 y c_0).
9. Un cilindro de doble efecto (A) sale al accionar un pulsador (S). Al llegar a su final de recorrido (a_1) sale otro (B), que retorna nada más llegar al final (b_1). Al retornar totalmente el segundo (b_0), retorna el primero al cabo de 3 segundos. Para comenzar el ciclo, debemos asegurar que el cilindro último retorne completamente (a_0).
10. Resolver los automatismos que corresponden a las siguientes secuencias:

- a) $A+/B+C+/A-/B-/C-/$
- b) $A+B+/C+/A-C-/B-/$
- c) $A+B+C+/A-/B-/C-/$
- d) $A+B-/C+/B+/A-/C-/$
- e) $A+/B+/C+/A-B-C-/$

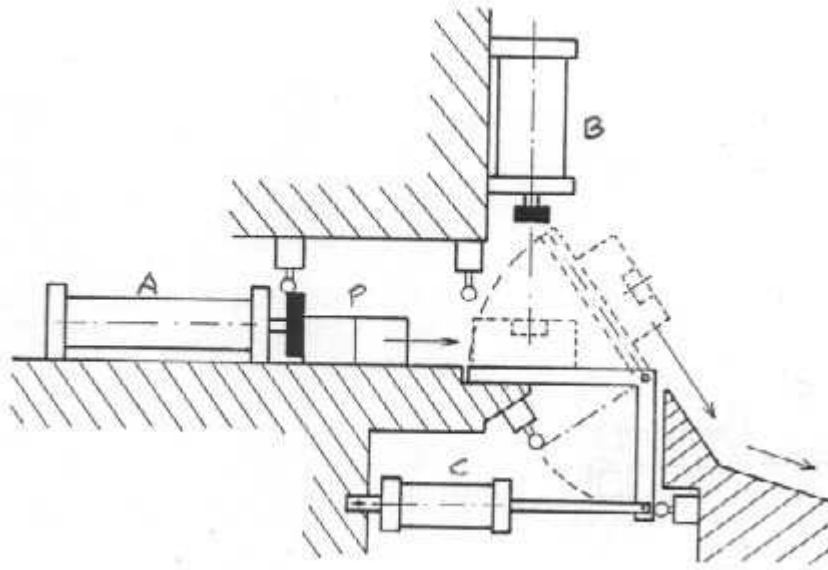
11. Para que unos rodillos descieran uno a uno se ha construido el sistema de la figura. Tras una señal de inicio (a través de un pulsador **S**), avanza el cilindro (**B**) y es seleccionado un rodillo. Luego retrocede el (**A**) y el rodillo descende hasta un tope con amortiguador. Luego el (**C**) retrocede y cae el rodillo. Posteriormente la plataforma vuelve a subir y los otros cilindros toman su posición inicial, de un modo adecuado.



12. Un cilindro (A) acerca hacia la derecha un soporte en el que hay colocada una pieza de cobre en forma de "L". Allí, dos cilindros le harán en cada cara una marca por presión. Primero se la hace el vertical (B) y luego el horizontal (C). Hechas las dos marcas, el cilindro grande hace retroceder el soporte con la pieza. Para realizar la detección de sus posiciones extremas, los cilindros de marcado tienen el vástago prolongado hacia el lado opuesto.



13. Una pieza plástica (P) es empujada hasta su posición de prensado por un cilindro, que retrocede inmediatamente. Un segundo cilindro realiza la marca de prensado y retrocede. Un tercer cilindro hace bascular una plataforma oscilante y la pieza es retirada. Luego la plataforma toma su posición original. Se hará regulación de velocidad en las fases que se crea conveniente.



***TODOS LOS EJERCICIOS SE DEBEN RESOLVER DE LA SIGUIENTE FORMA:**

- 1º) DETERMINAR LA SECUENCIA QUE SOLUCIONA EL AUTOMATISMO.
- 2º) REALIZAR EL "GRAFSET" DE LA SECUENCIA.
- 3º) REALIZAR EL DIAGRAMA DE POTENCIA DE LA SECUENCIA.
- 4º) PASO A "PNEUSIM" PARA SU COMPROBACIÓN, SIMULACIÓN E IMPRESIÓN.
- 5º) RESOLUCIÓN EN EL PANEL DIDÁCTICO.