

INTRODUCCIÓN

En los principios de la automatización, los elementos rediseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizan elementos de comando por símbolo neumático.

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos, electro-neumáticos y automáticos que efectúan en su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La gran evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

OBJETIVOS

- Conocer cada componente de los equipos de neumática y electroneumática para luego hacer los respectivos circuitos básicos de mando a realizarse en la siguiente experiencia.

FUNDAMENTO TEÓRICO

MANDOS NEUMÁTICOS

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos e hidráulicos están constituidos por:

- Elementos de información.
- Órganos de mando.
- Elementos de trabajo.
- Elementos artísticos.

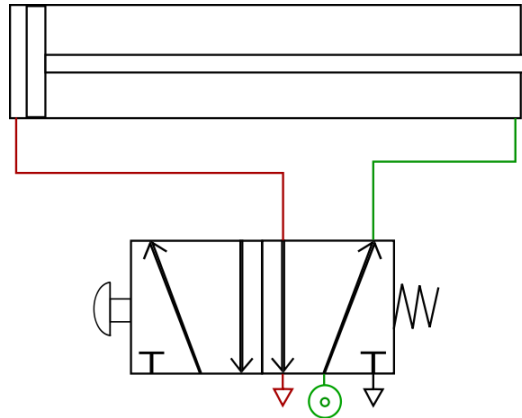
Para el tratamiento de la información de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el fluido de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito. Ésta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques).

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

Circuitos neumáticos:



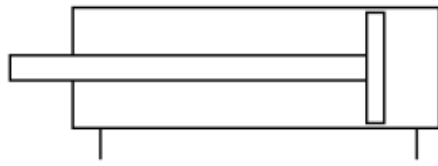
1. Circuito de anillo cerrado: Aquel cuyo final de circuito vuelve al origen evitando brincos por fluctuaciones y ofrecen mayor velocidad de recuperación ante las fugas, ya que el flujo llega por dos lados.
2. Circuito de anillo abierto: Aquel cuya distribución se forma por ramificaciones las cuales no retornan al origen, es más económica esta instalación pero hace trabajar más a los compresores cuando hay mucha demanda o fugas en el sistema.

Estos circuitos a su vez se pueden dividir en cuatro tipos de sub-sistemas neumáticos:

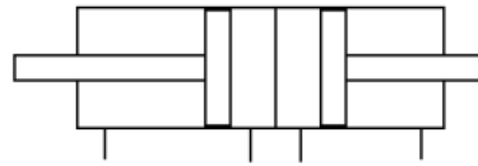
1. Sistema manual
2. Sistemas semiautomáticos
3. Sistemas automáticos
4. Sistemas lógicos

ESTOS CIRCUITOS SE COMPONEN DE:

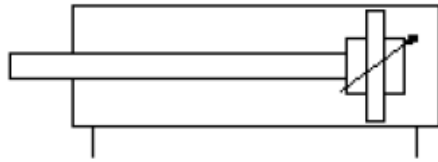
CLINDROS NEUMATICOS: Para transformar la energía fluidica en energía mecánica se usan accionamientos de rotación y traslación o cilindros y son los más comúnmente utilizados:



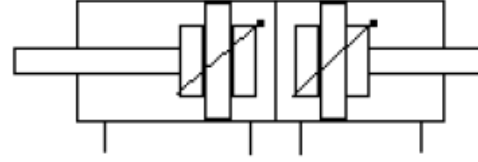
CILINDROS CON UN VASTAGO



CILINDROS MULTIPOSICIONALES



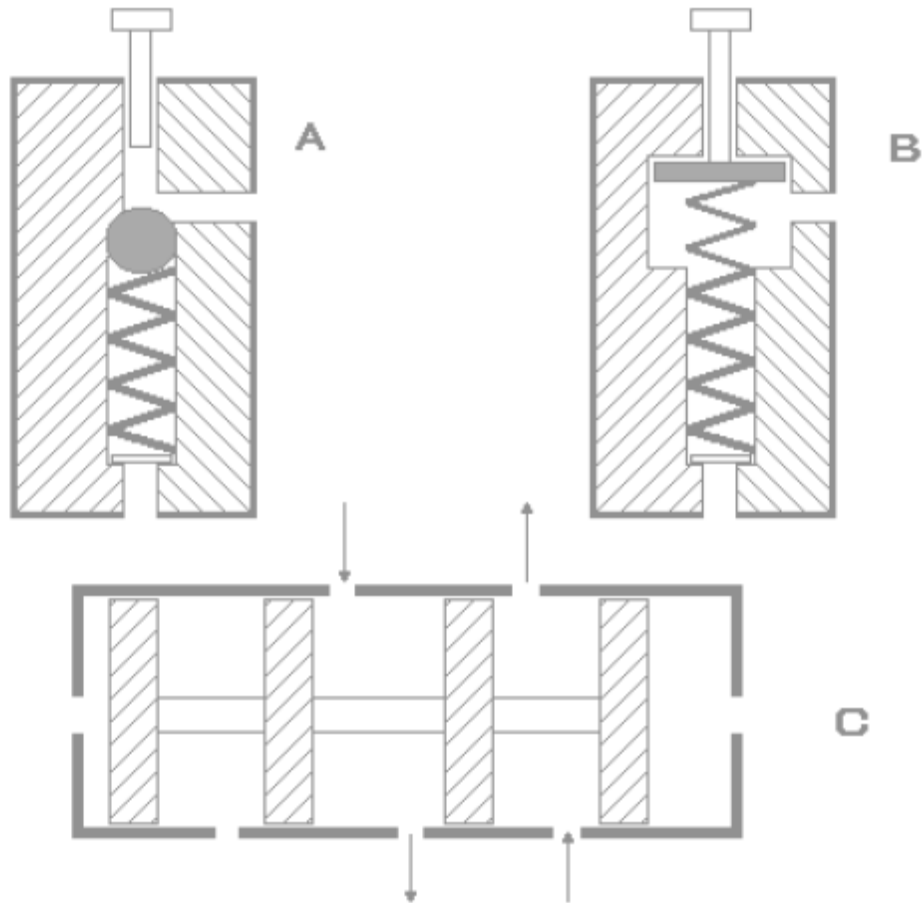
CILINDROS CON DOBLE VASTAGO



CILINDROS TANDEM

VALVULAS NEUMÁTICAS:

Las electroválvulas son los actuadores utilizados en automatización para el manejo de actuadores neumáticos, estas tienen diferente tipo de funcionamiento:

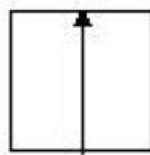


Configuraciones:

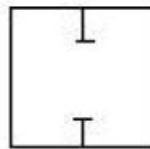
- A. Válvula de bola de paso simple.
- B. Válvula de asiento plano.
- C. Válvula de émbolo

Distribuidores:

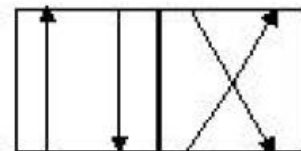
Son dispositivos que aseguran la apertura y el cierre de una o varias vías de flujo, se representan por medio de cuadrados. Los conductos y conexiones terminan generalmente en la posición cero. Las demás posiciones se obtienen mediante el desplazamiento de los contenedores cuadrados hasta coincidir los conductos adyacentes.



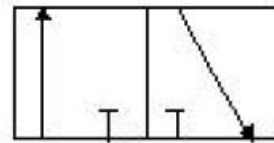
1 VIA - 2 ORIFICIOS



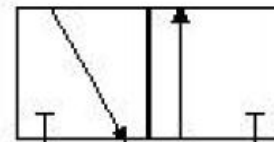
2 ORIFICIOS



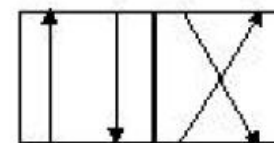
2 VIAS - 4 ORIFICIOS



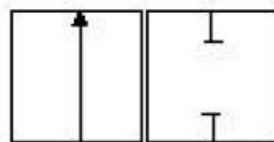
DISTRIBUIDOR 3/2



DISTRIBUIDOR 3/2

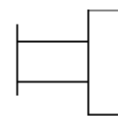


DISTRIBUIDOR 4/2

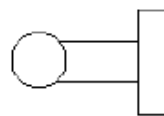


DISTRIBUIDOR 2/2

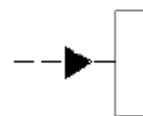
Cabezales de mando



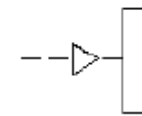
ACC. MANUAL



ACC. POR LEVA



ACC. PILOTO EXT. HIDR.



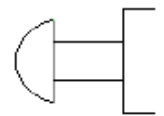
ACC. PILOTO EXT. NEUMA.



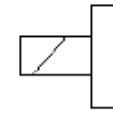
RESORTE



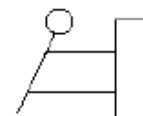
SEGURO MECANICO



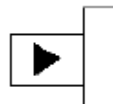
BOTON PULSANTE



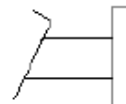
ACC. POR ELECTROHIDR.



ACC. POR PALANCA



ACC. PILOTO INT. HIDR.

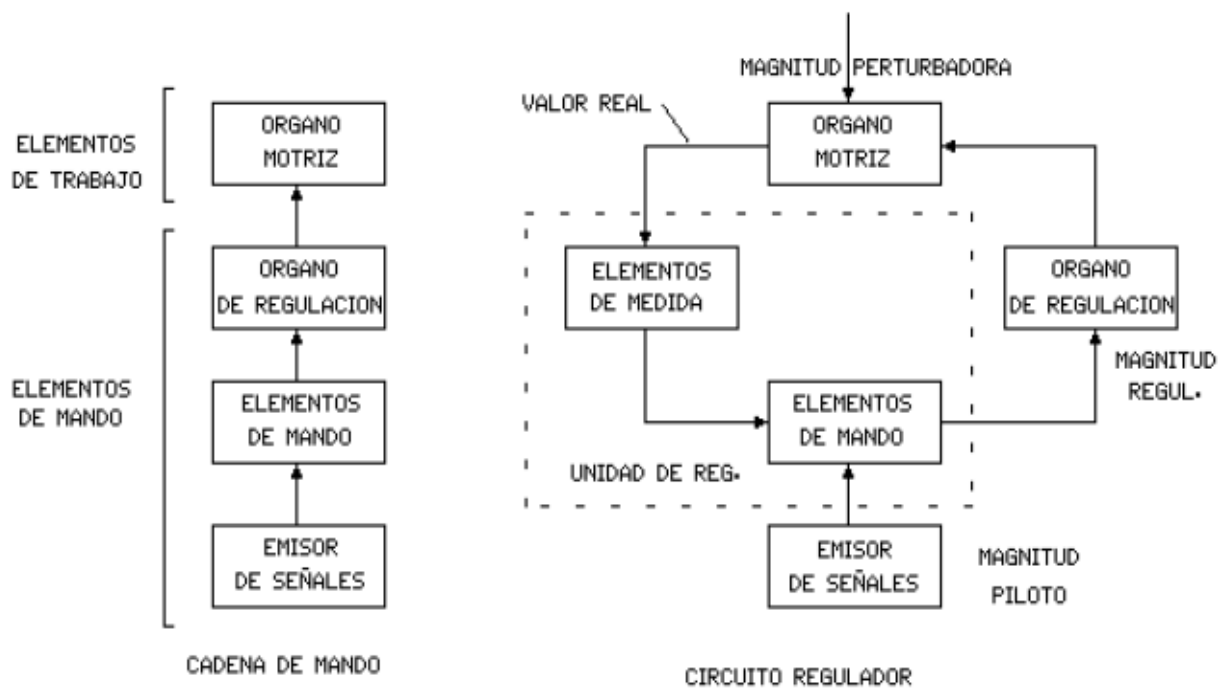


ACC. POR PEDAL

En la neumática figuran circuitos de regulación y cadenas de mando, pero los circuitos neumáticos de regulación constituyen una minoría numérica absoluta comparados con los equipos neumáticos de mando:

Cadena de mando: Sistema de influencia de las magnitudes con desarrollo del efecto en forma de cadena abierto.

Circuito de regulación: Sistema de influencia de las magnitudes con desarrollo del efecto en línea cerrada.



MANDOS ELECTRONEUMÁTICOS

Los mandos electroneumáticos se componen generalmente de una parte de trabajo (neumática) y otra eléctrica (electromagnética) de mando, la separación de las energías se realiza en el mismo módulo de entrada. Sin embargo, es posible el funcionamiento inverso incluso también con carácter mixto.

Entendemos por mando electroneumático todos los sistemas que, de una manera u otra, utilizan ambas formas de energía.

Elementos de entrada de señales eléctricas:

Interruptores:

- Conmutadores
- Selectores

Pulsadores:

- Pulsador tipo hongo (emergencia)
- Pedales
- Pulsador rasante
- Pulsador con enclavamiento por llave para prevenir toda utilización errónea

Finales de carrera:

- Rodillo abatible
- Rodillo escamoteable

Detectores de proximidad:

- Magnético
- Inductivo
- Capacitivo
- Óptico

Presostato.

Elementos de procesamiento de señales eléctricas:

- Relés
- Relés polarizados
- Relés de impulsos de corriente
- Relés con magnetismo residual
- Contactores electromagnéticos
- Electroválvulas
- Relés Temporizados

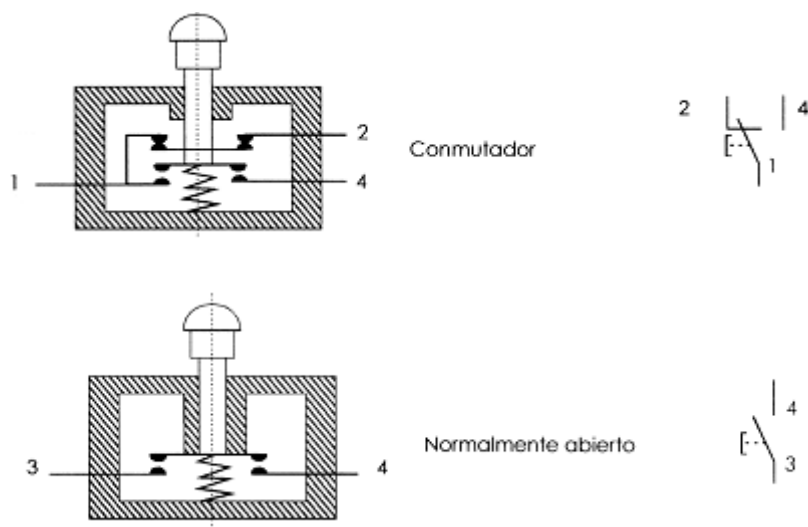
ELEMENTOS DE ENTRADA DE SEÑALES ELÉCTRICAS

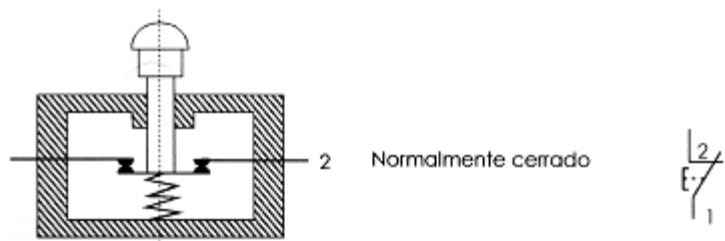
Estos elementos tienen la finalidad de permitir la entrada de señales eléctricas provenientes de diferentes partes de mando con diversos tipos y tiempos de accionamiento. Si un equipo es controlado mediante conmutación de contactos eléctricos, entonces se trata de un mando por contactos; en caso contrario, se trataría de mandos sin contactos o mandos electrónicos.

Los elementos se clasifican por su función en contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados y contactos conmutadores.

Elementos sin retención:

Pulsadores de tecla o botón, ocupan determinado estado cuando son accionados y lo mantienen hasta que dejan de ser accionados y vuelven a su posición inicial.

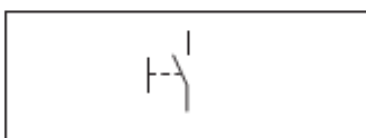
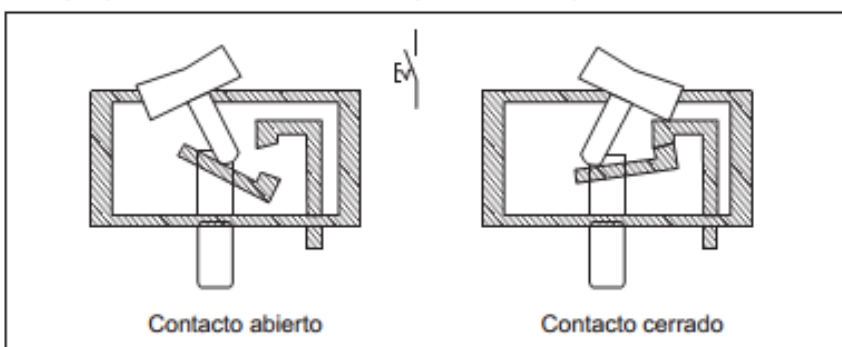




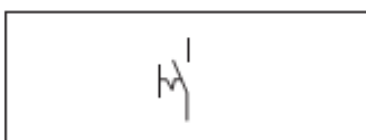
Elementos con retención:

Interruptores o selectores, ocupan un determinado estado cuando son accionados y lo mantienen sin que sea necesario seguir accionándolos. Por lo general, estos elementos disponen de un sistema de bloqueo mecánico. Solo si son accionados nuevamente regresan a su posición inicial.

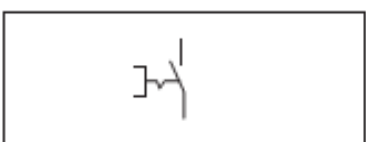
Por ejemplo, conmutador de balancín (enclavamiento)



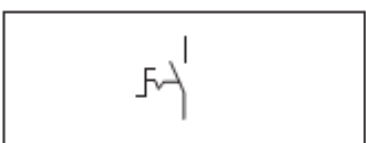
Interruptor normalmente abierto, por lo general de accionamiento manual



Interruptor normalmente abierto, enclavamiento.



Interruptor de posiciones normalmente cerrado, accionamiento normal tirando



Interruptor de posiciones normalmente abierto, accionamiento manual girando

Detectores mecánicos:

Un elemento de detección mecánico envía con ayuda de un fin de carrera mecánico una señal en el momento en que un cuerpo extraño se encuentra en una posición determinada.

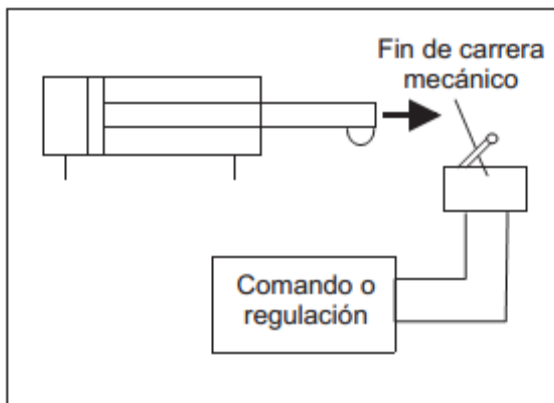
El aviso puede ser enviado en distintas magnitudes físicas, pero la más usual y que prevalece es la señal eléctrica.

Fin de carrera mecánico:

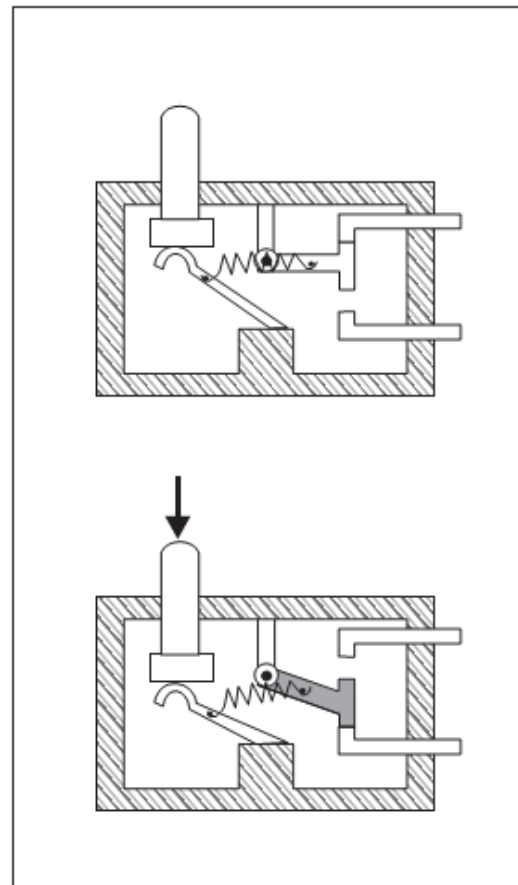
Cuando la leva de contacto pasa por el punto donde se encuentra el fin de carrera mecánico, éste se acciona y entrega una señal al comando o a la regulación.

Un problema que aparece en estos componentes es el desgaste de los contactos en un accionamiento por efecto de chispa entre ambos.

Dado que estos elementos son muy económicos y confiables, encuentran aplicación frecuente en la industria.

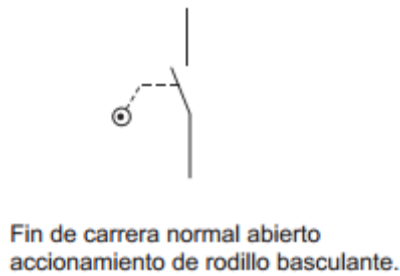
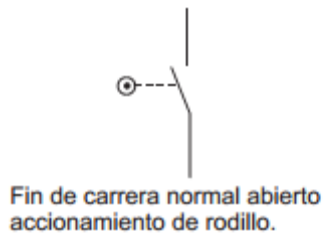


Comando mediante fin de carrera mecánico



Esquema de funcionamiento de un fin de carrera

Símbolos para interruptores mecánicos:

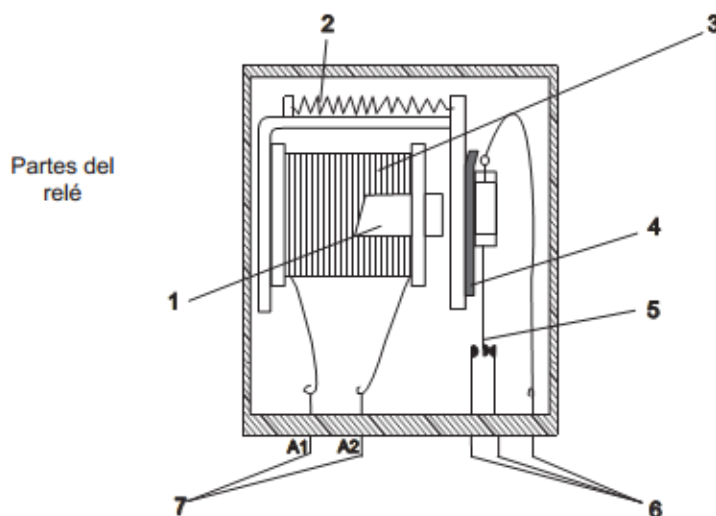


ELEMENTOS DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES ELÉCTRICAS

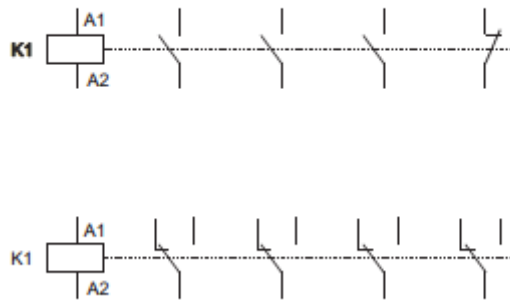
Relé

El relé es un elemento para el tratamiento eléctrico de señales.

Una vez aplicada la tensión en las conexiones de la bobina (7), circula corriente eléctrica por el bobinado (3) por lo que se forma un campo magnético. La armadura (4) es atraída al núcleo de la bobina (1), quedando accionado el conjunto de contactos (5). A través de las conexiones de contacto (6) se cierran y abren circuitos eléctricos. Una vez desconectada la tensión, el campo magnético queda anulado y la armadura con el conjunto de contactos adopta su posición inicial por medio de un muelle recuperador (2).



Símbolos



En la bobina por la que fluye una corriente eléctrica, se forma un campo magnético. Este campo magnético puede actuar sobre otras unidades técnicas, procurando la función conmutadora de relés y de contactos electromagnéticos.

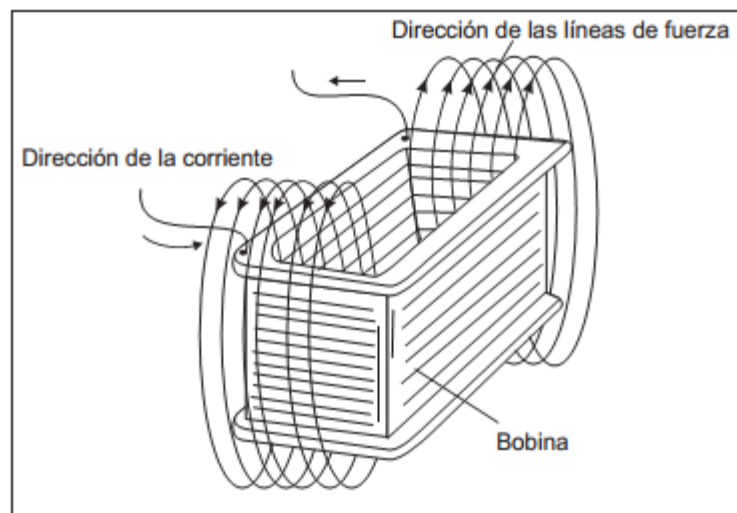
La dirección de las líneas de fuerza puede determinarse por la “regla del sacacorchos”

Al hacer avanzar el sacacorchos en sentido contrario a la corriente de electrones, su sentido de giro coincide con el de las líneas de fuerza.

Si la corriente que circula por el conductor es alterna, también se crea un campo magnético. Sin embargo, en este caso dicho campo cambia constantemente de valor y de sentido, por lo que es denominado campo magnético alternante.

Tratándose de corriente-continua, el valor y el sentido del campo magnético no varían.

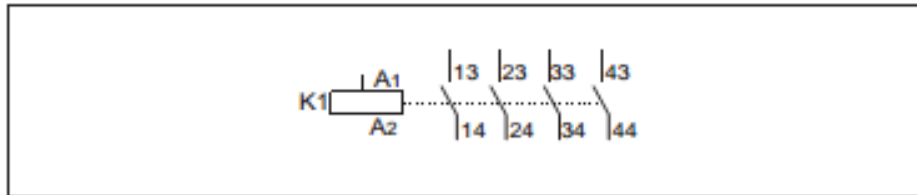
Enrollando un hilo conductor en la forma de espiral, se obtiene una bobina con una cantidad determinada de espiras. Cada una de las espiras crea líneas de fuerza circulares dispuestas en serie.



Conectando tensión a la bobina, fluye una corriente que crea un campo magnético que desplaza al inducido hacia el núcleo de la bobina. El inducido, por su parte, está provisto de contactos mecánicos que pueden abrir o cerrar.

El estado descrito se mantiene mientras esté aplicada la tensión. Al interrumpirla, el inducido vuelve a su posición normal por acción de un muelle.

Para simplificar la lectura de los esquemas eléctricos, se utilizan símbolos para los relés.



Los relés son denominados K1, K2 y K3.

Las conexiones eléctricas (en la bobina) se llaman A1 y A2.

Ventajas:

- Fácil adaptación a diversas tensiones de trabajo.
- Insensibilidad térmica frente al medio ambiente. Los relés funcionan fiablemente a temperaturas entre 353K (80°C) hasta 233K (-40°C)
- Resistencia relativamente elevada entre los contactos de trabajo desconectados.
- Posibilidad de activar varios circuitos independientes entre sí.
- Presencia de una separación galvánica entre el circuito de mando y el circuito principal.

Desventajas:

- Desgaste de los contactos por arco voltaico u oxidación.
- Necesidad de más espacio que los transistores.
- Ruidos al conmutar.
- Velocidad de conmutación limitada de 3ms hasta 17ms.
- Interferencias por suciedad (polvo) en los contactos.

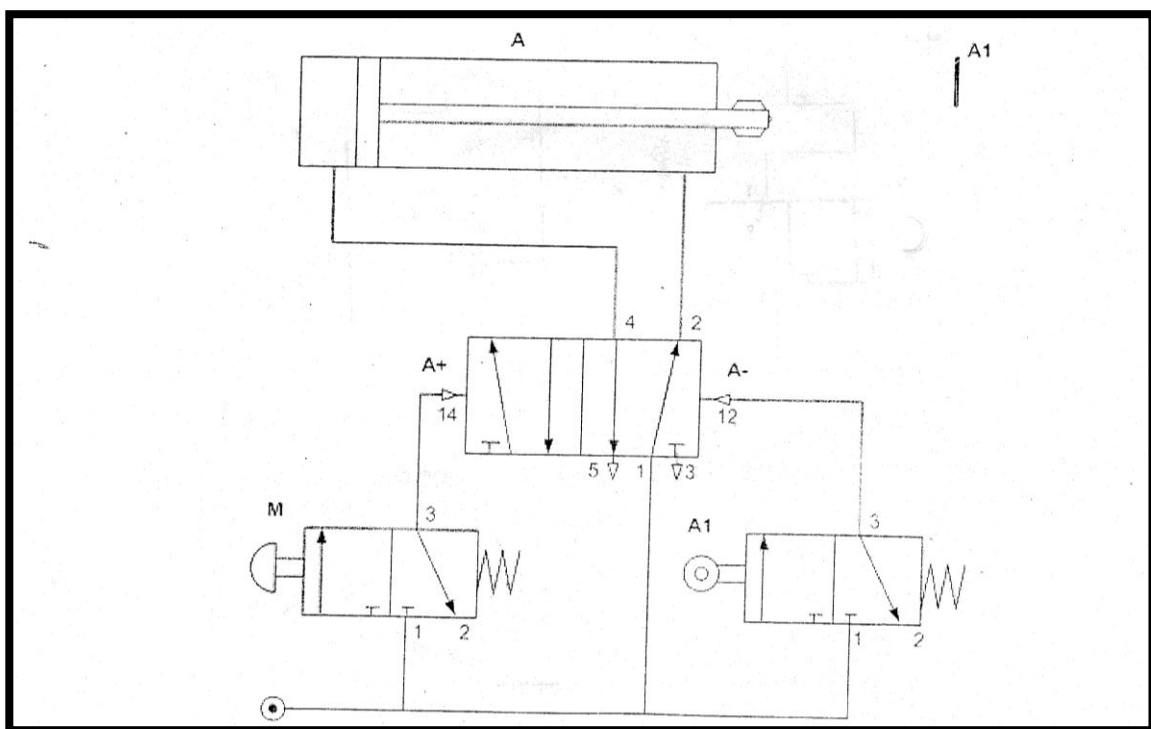
CUESTIONARIO

INDIQUE CLARAMENTE

1) Paso a paso la secuencia que sigue cada montaje realizado.

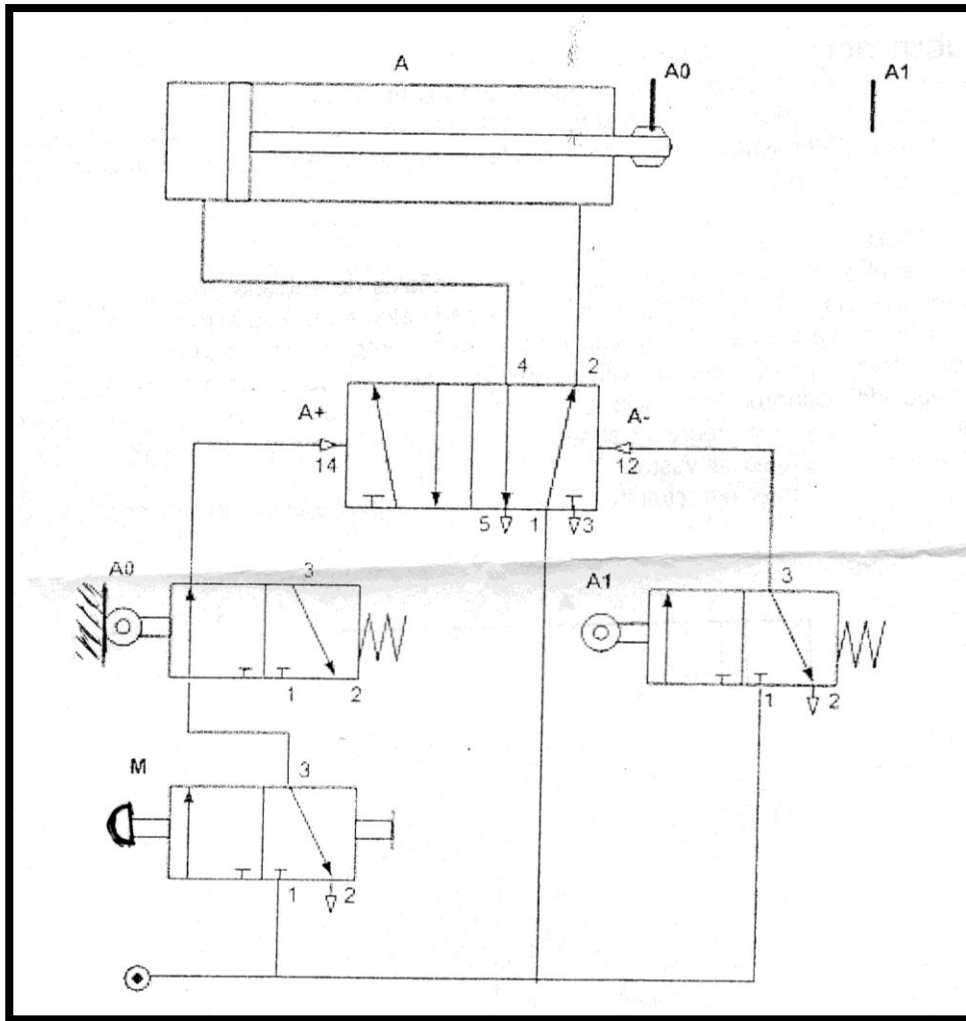
MANDOS NEUMÁTICOS

ESQUEMA N°1



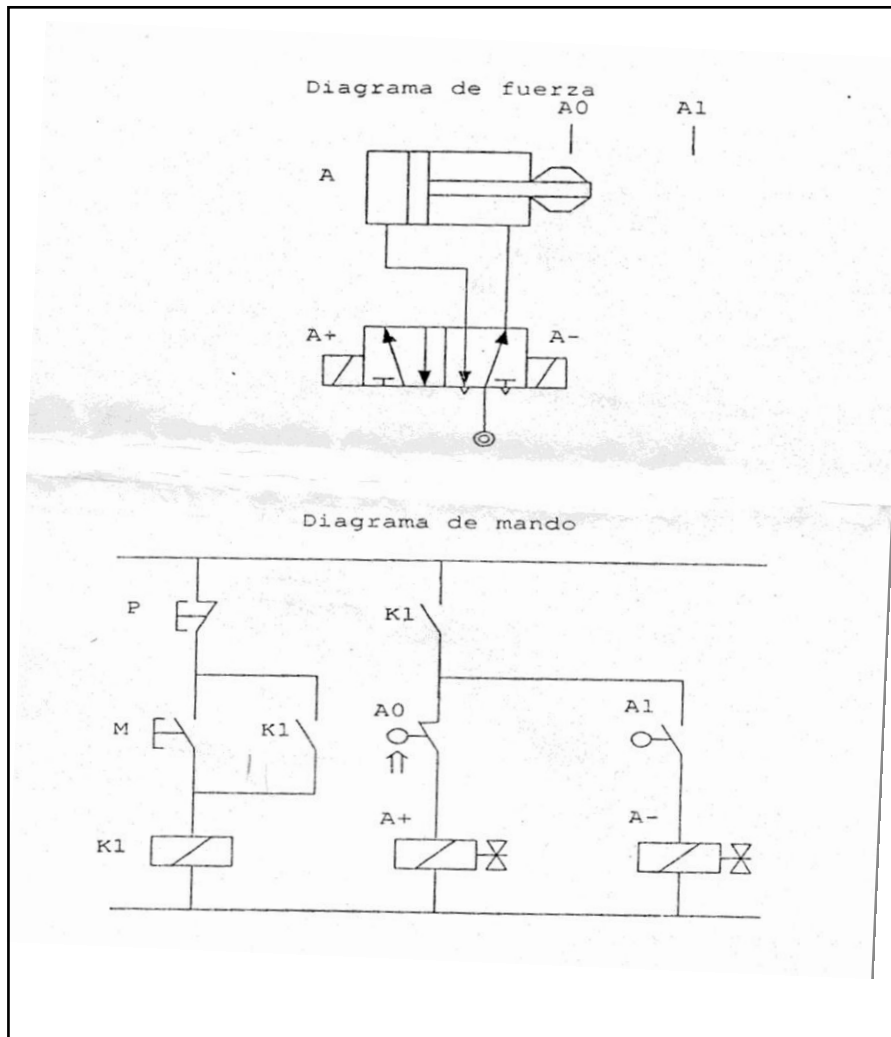
- 1) Colocar el vástago del cilindro en su posición inicial
- 2) Funcionamiento de la válvula A de accionamiento manual con el pulsador M.
- 3) Salida del vástago del cilindro.
- 4) El vástago del cilindro llega al rodillo de la válvula B de accionamiento mecánico A1.
- 5) Funcionamiento de la válvula B cuando el vástago llega al rodillo.
- 6) El vástago del cilindro regresa su posición inicial.

ESQUEMA N°2



- 1) Colocar el vástago del cilindro en su posición inicial junto con el rodillo A0.
- 2) Funcionamiento de la válvula A cuando el rodillo A0 es accionado por el vástago.
- 3) Salida del vástago del cilindro.
- 4) El vástago del cilindro llega al rodillo A1 de la válvula B de accionamiento mecánico.
- 5) Funcionamiento de la válvula B cuando el vástago llega al rodillo.
- 6) El vástago del cilindro regresa su posición inicial y llega el rodillo A0.
- 7) Funcionamiento de la válvula A cuando el rodillo A0 es accionado por el vástago.
- 8) M es pulsado nuevamente a través de la válvula A.
- 9) Salida del vástago del cilindro.
- 10) Repetición de los pasos del 4 al 9 de manera cíclica.

MANDOS ELECTRONEUMÁTICOS



- 1) Colocar el vástago del cilindro en su posición inicial junto con AO (NC).
- 2) Funcionamiento del arranque directo con el pulsador M.
- 3) Accionamiento del contacto K1 y su respectiva bobina.
- 4) Accionamiento del AO (NC) y su respectiva bobina A+
- 5) Salida del vástago del cilindro.
- 6) El vástago del cilindro llega a A1.
- 7) Accionamiento del A1 (NA) y su respectiva bobina A- / Se desactiva A0 y A+
- 8) El vástago del cilindro regresa su posición inicial y llega a A0.
- 9) Accionamiento del AO y su respectiva bobina A+ / Se desactiva A1 y A-
- 10) Salida del vástago del cilindro.
- 11) Repetición de los pasos del 6 al 10 de manera cíclica.

2) Cada uno de los elementos utilizados en la experiencia.

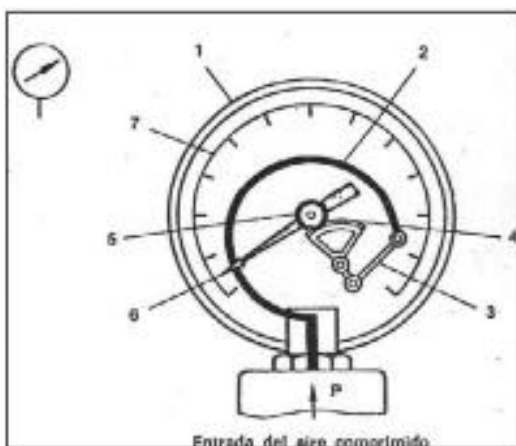
Compresor de aire

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.



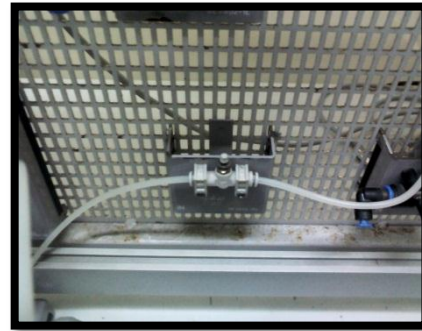
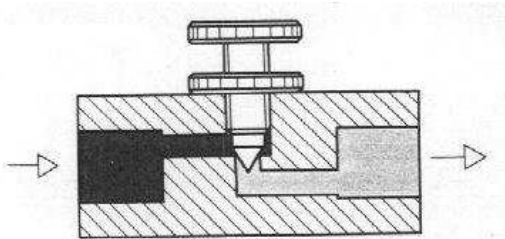
Manómetro - deshumecedor del aire

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.



Válvula 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.

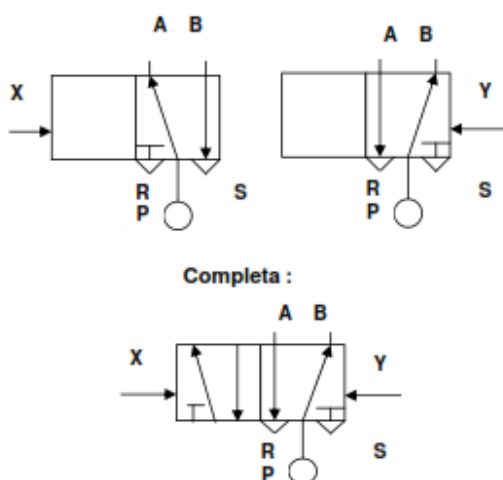


Válvula de 5/2 vías con accionamiento neumático (biestable)

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 5/2 accionamiento y retorno neumático:

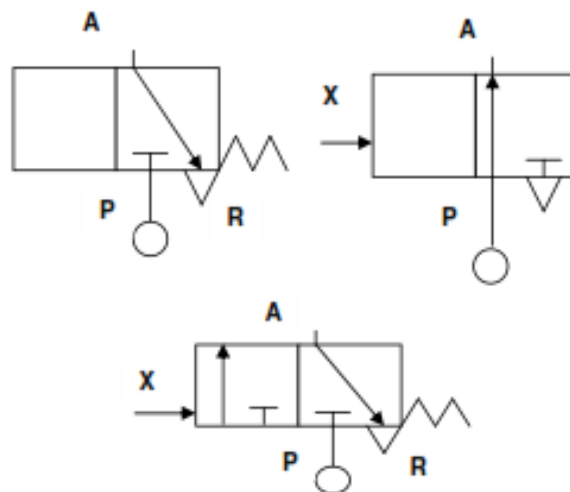
Si pilotamos por X la válvula, P se comunica con A y B con S, permaneciendo R cerrado.
Si pilotamos por Y, P se comunica con B, A se comunica con R y S permanece cerrado.



Válvula de 3/2 vías de accionamiento manual con pulsador y accionamiento mecánico con retorno muelle (Monoestable)

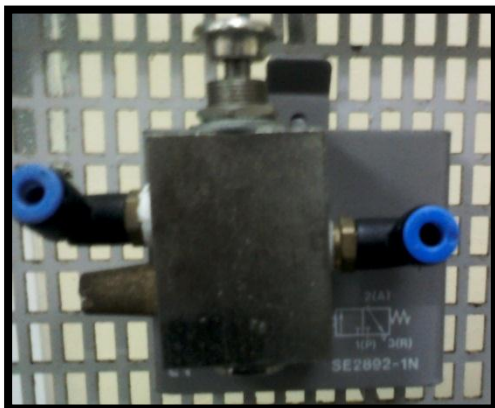
Las válvulas monoestables o inversoras solo tienen una toma X, esto es, están pilotadas neumáticamente por un solo conducto. Su retroceso se suele realizar mediante un muelle.

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.



Válvula de 3/2 vías de accionamiento manual con un pulsador.

Válvula de 3/2 vías de accionamiento mecánico acompañada de una roldana.



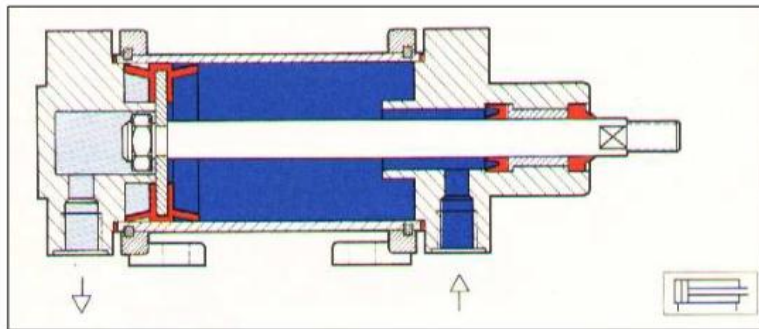
Cilindro de doble efecto

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 ↓.



Contadores, contactos NA/NC

El contactor es un interruptor accionado o gobernado a distancia por un electroimán.

Contactos Auxiliares:

Son aquellos contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de corriente a las bobinas de los contactos o a los elementos de señalización, por lo cual están diseñados para intensidades débiles.

Éstos actúan tan pronto se energiza la bobina a excepción de los retardados.

Existen dos clases:

- Contactos NA: llamados también instantáneos de cierre, cuya función es cerrar un circuito cuando se energiza la bobina del contactor al cual pertenecen.
- Contactos NC: llamados también de instantáneos apertura, cuya función es abrir un circuito cuando se energiza la bobina del contactor al cual pertenecen.

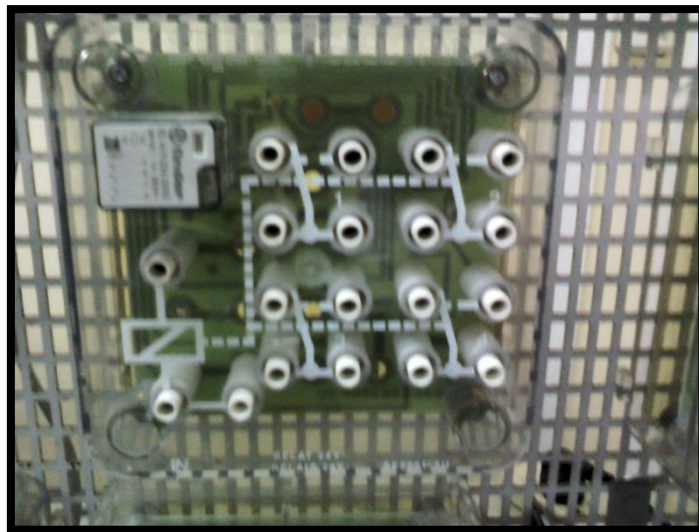
Un contactor debe llevar necesariamente un contacto auxiliar instantáneo NA

Uno de los contactos auxiliares NA debe cumplir la función de asegurar la autoalimentación de la bobina



Relé electromagnético

Definimos un relé electromagnético como aquél interruptor mandado a distancia, que vuelve a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar sobre él. El mando a distancia presenta dos ventajas importantes: primero, la instalación puede efectuarse con una evidente economía, pues bastan dos hilos que unan la bobina del relé con el puesto de mando; segundo, aísla al operario de los puntos peligrosos de la instalación.



Fuente de rectificador de tensión 230AC/24 DC

En electrónica, una **fente de alimentación** es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, router, etc.).



Pulsador NA/NC

Un **botón** o **pulsador** es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los botones son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos o electrónicos. Los botones son por lo general activados al ser pulsados, normalmente con un dedo. corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.



Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA.

Válvula de 5/2 vías con accionamiento electroneumático

El distribuidor electroneumático es el elemento en el que un impulso eléctrico se transforma en una señal neumática.

En general, el distribuidor electroneumático es un distribuidor 5/2 que, en principio, consta de un cuerpo con tres vías, con un electroimán. En el interior de éste hay un núcleo que actúa como una válvula doble que cierra una vía al final de cada uno de sus movimientos.

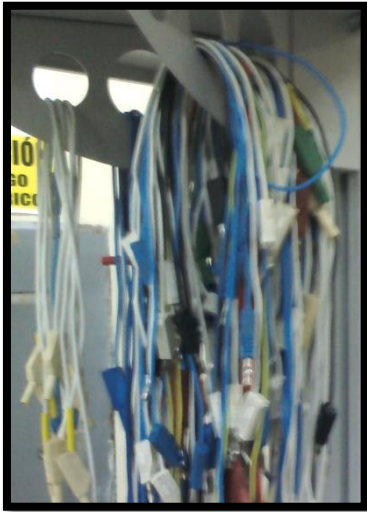


Cuando el electroimán está sin corriente, el núcleo, gracias a la fuerza del muelle y a su peso, cierra la vía inferior.

Cuando se excita el electroimán, la bobina atrae a su núcleo hacia arriba en contra del muelle. Entonces se cierra el orificio superior y se abre el inferior.

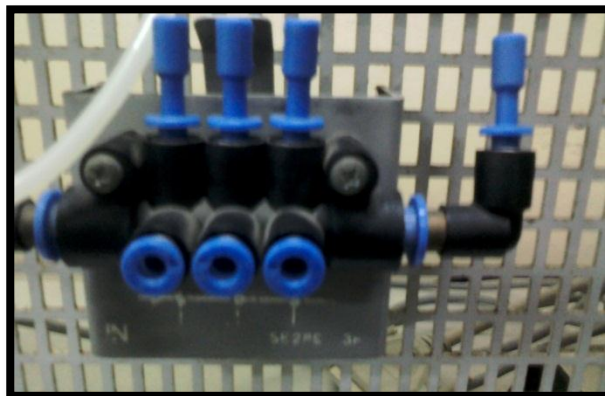
El efecto de una señal eléctrica en el distribuidor es la obtención de una señal de aire a la salida y cuando desaparece la señal eléctrica ocurre lo mismo con la neumática.

Cables y mangueras de conexión



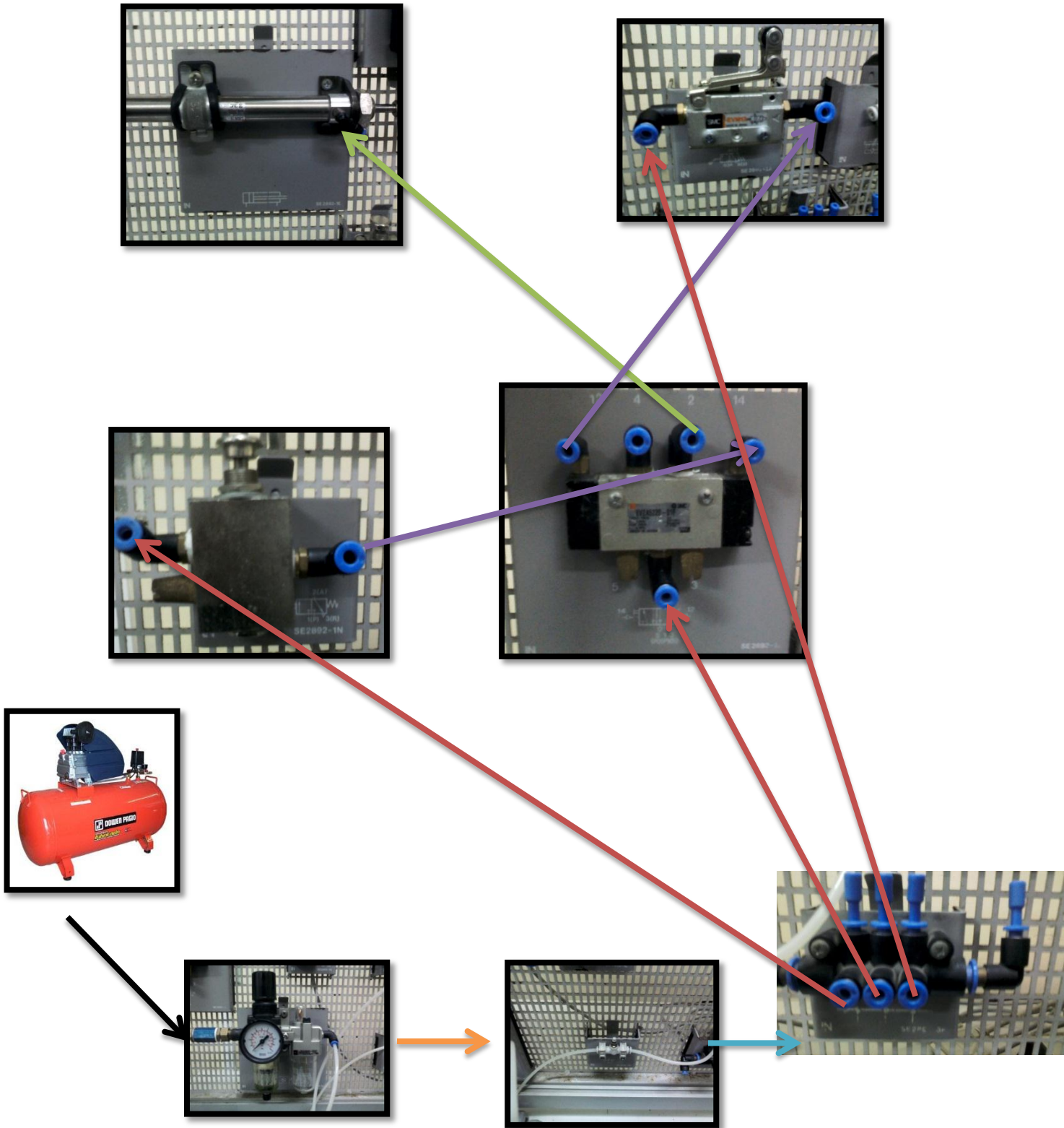
Distribuidor de aire comprimido

Los distribuidores, con sus diferentes sistemas de mando, conducen el aire comprimido hacia los cilindros, actuadores de giro, bombas de vacío, para que éstos efectúen, dentro del automatismo, la función encomendada.

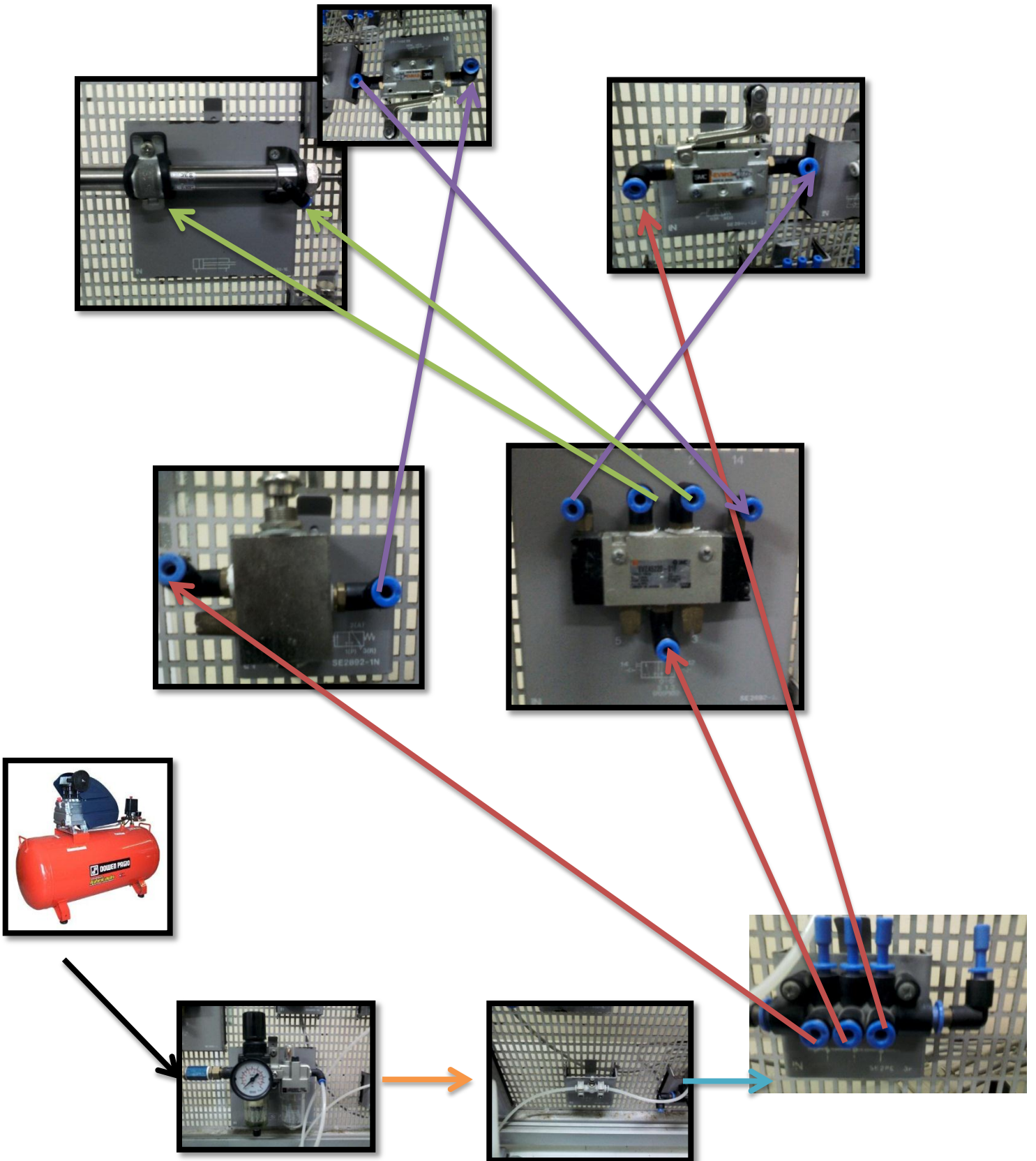


3) Pictórico de cada montaje.

ESQUEMA N°1

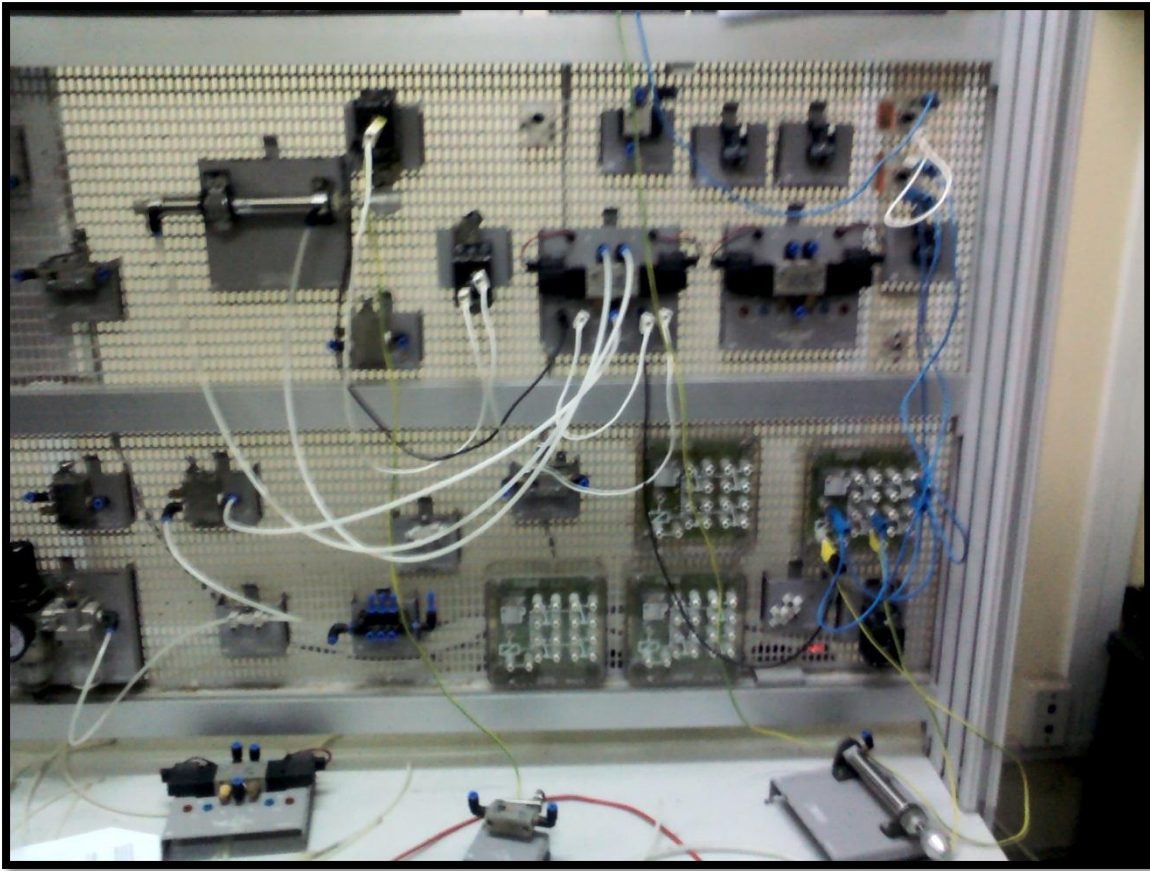


ESQUEMA N°2



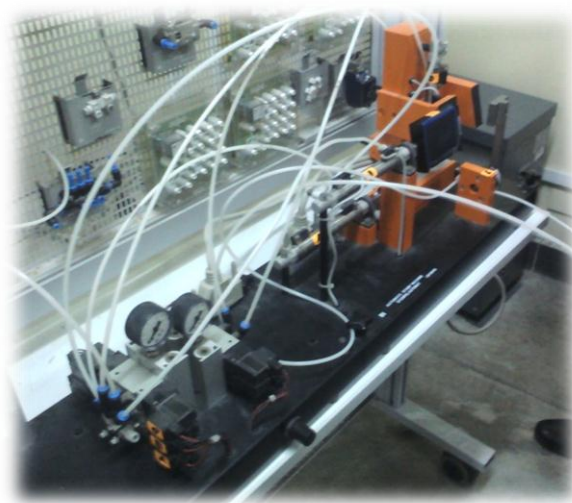
MANDOS ELECTRONEUMÁTICOS

ESQUEMA



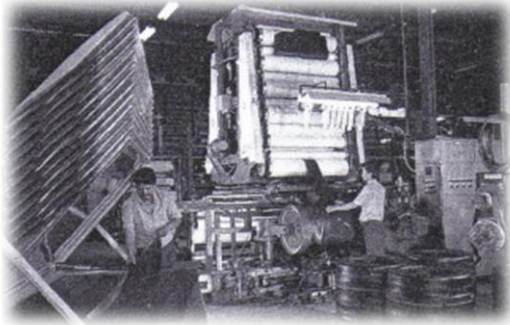
4) Ejemplos de utilización real de este sistema.

Máquina estampadora automática



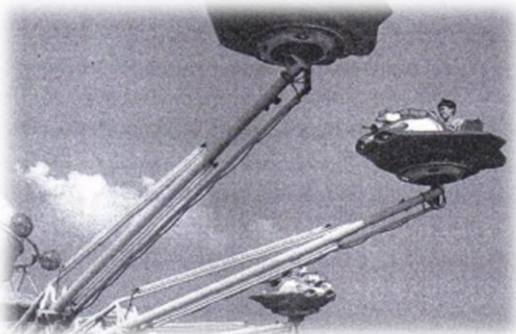
Producción industrial automatizada:

En los procesos de fabricación se emplean circuitos neumáticos e hidráulicos para realizar la transferencia y posicionamiento de piezas y productos.



Accionamientos en robots:

Para producir el movimiento de las articulaciones de un robot industrial y de las atracciones de feria, se emplean principalmente sistemas de neumática.



Máquinas y herramientas de aire comprimido:

Herramientas como el martillo neumático, los atornilladores neumáticos o las máquinas para pintar a pistola, son ejemplos del uso de la neumática.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- *Dependiendo del diseño que se requiera para realizar un circuito neumático se debe de escoger el tipo de válvula a emplear, ya que todas están diseñadas para aplicaciones específicas. Es muy importante conocer la capacidad de cada una de estas a la hora de tomar una decisión.*
- *Los circuitos neumáticos de accionamiento directo se aplican cuando no se requiere de mucha capacidad (bases) , en contrario los de accionamiento indirecto son aplicados, cuando se requiere de mucha capacidad en un cilindro, por lo que un accionador manual no va a brindar esta capacidad debe haber otro tipo de válvula que mediante la activación de la de accionamiento manual le dé mucho más fuerza a lo que se requiera mover*
- *A la hora del armado de nuestro circuito tratar de tener siempre la presencia de nuestro profesor como guía para nuestras conexiones, para que luego nos de la posterior aprobación del mismo.*
- *No se debe de olvidar la estética del circuito, porque si no se mantiene un orden específico pueden resultar datos erróneos o daños que mermen el desarrollo del aprendizaje.*

BIBLIOGRAFÍA

- **APUNTES DE NEUMÁTICA BASICA**
<http://www.iestomasvaliente.edurioja.org/webtecnodocumentos/4automatismos/1-apuntesdeneumatica.pdf>
- *SENATI – MANUAL DE APRENDIZAJE / MANDOS DE SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO*
- http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/AN_Reles_electromagneticos.pdf
- <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Contactor.php>
- <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/03/valvulas-de-direccion.pdf>
- <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena10/pdf/quincena10.pdf>
- http://cepamedinadelcampo.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/Circuitos_Neuromaticos_e_Hidraulicos.pdf
- <http://www.librosvivos.net/smtc/hometc.asp?temaclave=1166>