



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
NEUMÁTICO PARA USO DIDÁCTICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTAN

JOSÉ ARTURO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

JUAN PABLO MACHUCA SILVA

JOSÉ DE JESÚS PAZ MARTÍNEZ

ASESOR:

M.I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ.

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.**



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS NEUMÁTICO PARA USO DIDÁCTICO”

Que presenta el pasante: **JOSÉ ARTURO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**
Con número de cuenta **41109652-0** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de junio de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	Ing. Bernardo Gabriel Muñoz Martínez	
SECRETARIO	M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	
1er SUPLENTE	M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero	
2do SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)
HHA/Vc



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES

ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.**



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS NEUMÁTICO PARA USO DIDÁCTICO"

Que presenta el pasante: **JUAN PABLO MACHUCA SILVA**

Con número de cuenta **30816851-6** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de junio de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	Ing. Bernardo Gabriel Muñoz Martínez	
SECRETARIO	M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	
1er SUPLENTE	M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero	
2do SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.

(Art 127 REP)

HHA/Vc



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS NEUMÁTICO PARA USO DIDÁCTICO”

Que presenta el pasante: **JOSÉ DE JESÚS PAZ MARTÍNEZ**
Con número de cuenta **30608858-8** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de junio de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	Ing. Bernardo Gabriel Muñoz Martínez	
SECRETARIO	M. en I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	
1er SUPLENTE	M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero	
2do SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)

HHA/Vc

Agradecimientos.

Le doy gracias a mis padres José Arturo y Anabel por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Stephany, Erick e Iván por ser un ejemplo de desarrollo profesional y llenar mi vida de alegrías, amor y cariño cuando más lo he necesitado.

A mi tío José por su apoyo durante mi carrera y por el gran ejemplo de desarrollo profesional, por tenerme paciencia y motivarme para seguir adelante en mi carrera.

Gracias al M.I. Felipe Díaz del Castillo por creer en Juan Pablo, José de Jesús y en mí, por habernos brindado la oportunidad de desarrollar nuestra tesis profesional y por todo el apoyo y facilidades que se nos fueron otorgadas en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

A Juan Pablo y José de Jesús por ser unos compañeros excelentes de tesis y amigos, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en momentos de desesperación.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A mi abuelo Constantino que aunque ya no se encuentra con nosotros físicamente, siempre estará presente en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento.

José Arturo Hernández Hernández.

Agradecimientos.

Esta tesis va dedicada a mis padres, que con su esfuerzo, dedicación y empeño ayudaron a que pudiera salir adelante día con día, y no desistir en ningún grado escolar a lo largo de mi vida enseñándome buenos valores, compromiso y entrega por mis estudios.

Les agradezco enormemente por su apoyo, consejos, regaños y todo lo que fue necesario para poder ser ahora el reflejo de su éxito, ya que sin ellos hubiera ocurrido lo contrario.

Agradezco a mi hermana por el apoyo que me otorgó a lo largo de mi carrera dándome buenas indicaciones del camino a seguir, apoyo moral y demostrándome el amor que se tiene entre hermanos.

Quiero agradecer a dios porque toda la hermosa familia estuvo conmigo en todo momento demostrando el apoyo incondicional. Le agradezco a dios el haberme dado a mis padres y hermana, dándonos salud, humildad, valores y sobre todo amor.

Agradezco a mis amigos que me acompañaron en esta travesía superando cada obstáculo juntos y demostrando su apoyo en todo momento, que al final de todo ese esfuerzo podremos ser los grandes ingenieros por el cual estuvimos luchando.

Todo el éxito de haber concluido mi carrera y el éxito que pudiera tener a futuro, las personas que somos mi hermana y yo, es gracias a ustedes papas. Los quiero mucho.

Gracias a ustedes nos convertiremos en las grandes personas que son.

Nuestro triunfo es suyo.

Juan Pablo Machuca Silva.

Dedicatoria.

El trabajo presente está dedicado primeramente a Dios, quien a pesar de haberme puesto problemas, retos y líos, he ido aprendiendo de cada uno de ellos, siempre con el fin de mejorar día a día.

A mi familia, a mis padres, Ana y Leonardo, a mi hermano, Leonardo; que sin su presencia y apoyo no hubiese logrado llegar hasta este momento tan importante de mi vida.

Agradecimientos.

A mi asesor, el Ingeniero Felipe Díaz del Castillo, por todo su apoyo, comprensión y conocimiento brindado a lo largo de la carrera y durante la realización de este trabajo.

A mis compañeros de tesis, Arturo y Pablo, quienes más que compañeros, has sido excelentes amigos y personas, además de que sin ellos no se hubiese llegado al buen resultado de este trabajo.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, la cual me brindó la oportunidad de estudiar, aprender y desarrollarme entre sus excelentes profesores y compañeros.

A la División de las Ingenierías, quienes nos brindaron un gran apoyo para la realización de este trabajo, el cual servirá para formar a mejores profesionistas.

José de Jesús Paz Martínez.

ÍNDICE

	Pág.
OBJETIVOS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA NEUMÁTICA.

1.1. Historia.....	3
1.2. Características de la neumática.....	6
1.3. Conceptos físicos.....	7
1.4. Ecuaciones de estado.....	11
1.5. Características del aire, composición y humedad.....	13

CAPITULO 2

ELEMENTOS DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

2.1 Compresores.....	19
2.1.1 Compresores de desplazamiento positivo.....	20
2.1.2 Turbocompresores.....	26
2.2. Depósitos.....	27
2.3. Redes de tubería.....	29
2.4. Acondicionamiento del aire comprimido.....	34
2.4.1 Post enfriadores.....	36
2.4.2 Secadores.....	36
2.4.3 Tratamiento final del aire.....	39
2.5. Actuadores.....	44
2.6. Válvulas.....	59
2.7. Actuadores de giro , pinzas y motores neumáticos.....	71

CAPITULO 3
SISTEMAS NEUMÁTICOS

3.1. Símbolos neumáticos.....	77
3.2. Circuitos neumáticos básicos.....	81
3.3. Denominación de elementos de un circuito.....	92
3.4. Sistemas con dos o más actuadores.....	93
3.5. Diagramas de movimiento.....	97
3.6. Circuitos con más de 2 actuadores.....	98
3.7. Métodos sistemáticos: conexión en cascada y paso a paso.....	102

CAPITULO 4
DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL BANCO NEUMÁTICO

4.1. Dispositivos neumáticos del banco.....	124
4.2. Colocación de placa perfilada.....	126
4.3. Prueba de las practicas.....	129

CAPITULO 5
DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

5.1. Practica No. 1 Reconocimiento de componentes neumáticos.....	136
5.2. Practica No. 2 Conexiones básicas de actuadores.....	144
5.3. Practica No. 3 Uso de válvulas OR y AND.....	150
5.4. Practica No. 4 Ciclos automáticos.....	157
5.5. Practica No. 5 Método cascada.....	162
5.6. Practica No. 6 Método paso a paso.....	167
5.7. Practica No. 7 Paros de emergencia.....	173

CONCLUSIONES.....	179
--------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA.....	181
--------------------------	------------

OBJETIVOS

- Describir los elementos básicos de un sistema neumático
- Detallar el funcionamiento de un sistema neumático
- Realizar el diseño y construcción de un banco neumático para uso didáctico
- Plantear las posibles prácticas que se pueden realizar con el equipo desarrollado

INTRODUCCIÓN

Debido a que las aplicaciones neumáticas en ingeniería son innumerables, se tiene que conocer y saber aplicar el conocimiento que implica el campo de la neumática, ya que tiene aplicaciones con el empleo de actuadores o cilindros neumáticos y motores neumáticos, los cuales a su vez tienen aplicaciones en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, frenos neumáticos, robots industriales, etc. Por lo anterior se ve la necesidad que crear un banco de pruebas neumático para así brindar un poco de este conocimiento de una manera práctica.

Para ello, se diseñará y construirá un banco de pruebas neumático que contenga los elementos necesarios, como son una estación de generación y preparación del aire comprimido, el cual se utiliza como fluido para realizar el trabajo, formada por un compresor de aire, además de una red de tuberías o mangueras para conducir el aire y que este llegue al utilizador, el cual es el objetivo final del aire comprimido, para que así se realice el trabajo deseado.

Se ha podido visualizar el tipo de equipo neumático que se requiere, ya que este estará compuesto de manera tal que ayude a visualizar y comprender mejor lo que implica la neumática, con lo que se ha investigado las cuestiones básicas para poder comprender su funcionamiento, así como también los dispositivos que se verán involucrados para su funcionamiento.

La finalidad de poder realizar este banco de pruebas neumático es el hecho de que en la FES-Cuautitlán no existe como tal un equipo donde se pueda realizar alguna practica sobre la materia de neumática, y pues se tiene la necesidad de aprender tanto de manera teórica como de manera práctica, ya que como se sabe que es muy importante la parte práctica. Por ello, se ha decidido realizar este equipo debido a que es muy necesario saber sobre el tema, ya que en la actualidad es muy común encontrar un dispositivo de este tipo en el campo de la ingeniería, con lo que con este equipo los compañeros podrán realizar prácticas de laboratorio, las cuales también se desarrollarán como parte de este trabajo, para así llegar a tener una comprensión un poco más clara de algunas cuestiones prácticas sobre la neumática.

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA NEUMÁTICA.

1.1.- Historia.

La neumática se refiere al uso del aire comprimido y la manera en que puede ser este utilizado por el hombre como un medio de energía para realizar alguna tarea específica que satisfaga alguna necesidad, donde con el aire estando en una forma comprimida, se logra obtener un tipo de energía debido a su presión y su volumen.

El aire comprimido a sido utilizado por el hombre desde la antigüedad, debido a que es relativamente fácil de manipular, ya que una de la primeras formas de usarlo, aunque muy común, fue para cuando se tenían que reavivar las cenizas del fuego, donde los pulmones son los que funcionan como un compresor para así darle al aire energía para que se comprimiera y saliera a una cierta velocidad. Con esta sencilla aplicación se dieron otras ideas posteriores, como cuando se tuvo la necesidad de crear un compresor mecánico llamado fuelle, para poder fundir aleaciones de Cobre y Estaño, lo cual ocurrió en Egipto, alrededor del año 2000 a.C (Fig. 1.1).



Figura 1.1.- Fundición en el antiguo Egipto.

Se sabe que el termino neumática proviene de los antiguos griegos, siendo estos unos de los primeros hombres en usar el aire como medio de trabajo, ya que neumática procede de Pneuma, lo cual se refiere a lo etéreo, es decir, lo puro o el alma, por lo que los griegos fueron cautivados por el aire y por ello se tiene que al usar alguna técnica que usa el aire como medio de transmisión de energía, se le tenga que nombrar Neumática. Y es en esta civilización

donde un inventor y matemático griego de Alejandría llamado Ctesibio (285 – 222 a.C.) escribió el primer tratado científico acerca del aire comprimido, ya que empleo dicho conocimiento para la elaboración de bombas neumáticas (Figura 1.2) y hasta una catapulta de aire comprimido; con lo que con estas investigaciones se le nombro como el padre de la neumática. Posteriormente también se usó el viento para la navegación y más adelante fue usado para darle movimiento a los molinos para moler grano, además de también poder bombear agua.

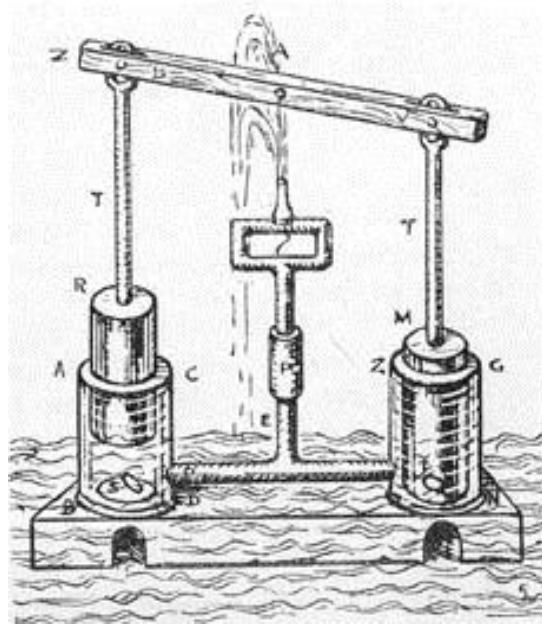


Figura 1.2.- Bomba creada por Ctesibio.

A pesar de que la neumática y su uso es antigua, no fue sino hasta el siglo XIX que se empezaron a realizar distintos desarrollos más importantes en lo que se refiere a aplicaciones industriales, como en 1857 cuando se construyó el túnel de Mont - Cenis (Figura 1.3) de 13.6 Km. de longitud, en él tuvieron que usar perforadoras de aire comprimido, debido a que si el túnel se hubiese hecho por medios manuales comunes, hubiera tardado más de 20 años en construirse. Posteriormente a este túnel, se empezó a tomar más en consideración el alcance que tiene la neumática, porque después se empezaron a construir diferentes máquinas con aire comprimido, ya que en 1868, George Westinghouse fabricó un freno de aire que causó un gran impacto en el transporte ferroviario, así como el correo neumático de Viena y Berlín, relojes neumáticos, compresores, etc.

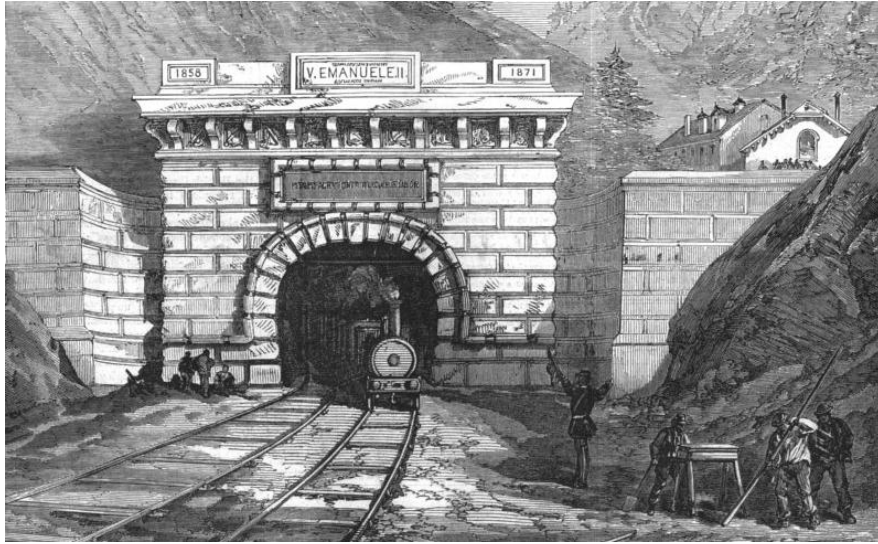


Figura 1.3.- Túnel de Mont – Cenis.

Y es a partir de 1950 que debido a las exigencias en el ámbito industrial, como la gran presión de obtener una producción más rápida y precisa, la neumática empezó a desarrollarse más ampliamente, junto con el desarrollo de sensores, para así dar paso a la automatización. Actualmente hay una gran cantidad de usos para el aire comprimido, como son taladros neumáticos, actuadores, motores neumáticos, compresores, herramientas neumáticas, etc.



Figura 1.4.- Ejemplos de máquinas neumáticas.

1.2.- Características de la neumática.

En la actualidad la neumática es muy usada en la industria y su popularidad se debe a que suele ser relativamente fácil su manejo e implementación, debido a que comúnmente un sistema neumático consta de elementos que son muy comunes, como actuadores, válvulas, un generador y alimentador de aire comprimido, mangueras, etc., de los cuales hay una gran variedad de tipos y sus funciones suelen ser muy diversas. También la neumática tiene una gran serie de ventajas brindadas por usar como elemento de trabajo al aire, como son:

- Riesgo nulo de explosión, por lo que suele ser usado en ambientes explosivos o inflamables, además que las variaciones de temperatura no suele afectarlo notoriamente, en un cierto rango.
- Puede acumularse de una manera fácil en depósitos, así como también su fácil distribución y transporte, ya que no son necesarias tuberías de retorno.
- El aire usado no tiene ningún costo, debido a que se encuentra en todo el planeta en cantidades casi ilimitadas.
- Suelen tenerse velocidades de trabajo altas, la posibilidad de transmitir la energía a largas distancias y una conversión a movimientos giratorios y lineales del mismo aire a presión.
- También el aire suele ser limpio, ya que al estar presurizado en un elemento como un actuador o un depósito, no produce alguna suciedad con el transcurso del tiempo.
- En el momento en que el sistema se tuviera que detener de una forma demasiado rápida, los elementos del sistema no sufren una sobrecarga o un golpe de ariete como sucedería con otros fluidos, por lo que brinda otra seguridad adicional.
- Si en el sistema neumático hubiese la presencia de alguna fuga, no existe la necesidad de tener algún medio de recuperación del fluido debido a que es aire.

Aunque al usar la neumática también existen ciertas limitantes o desventajas que hacen a esta herramienta no apta para muchos problemas, y es debido a la misma compresibilidad del aire o alguna de sus características, es decir que al usar el aire se tiene que tomar en consideración lo siguiente:

- La velocidad no suele ser del todo controlable, ya que el desplazamiento de los actuadores no son regulares y/o estables.

- Se tiene que tener un equipo donde se pueda preparar un aire atmosférico limpio anterior a su utilización, debido a que hay que quitar impurezas y humedad contenidas en el aire, para poder tener un correcto funcionamiento.
- Son comunes también las fugas en este tipo de sistema, con lo que se tiene que tener sumo cuidado de esto, ya que estas fugas producen una baja eficiencia.
- Las fuerzas que se pueden llegar a usar son relativamente bajas, ya que un servicio normal comúnmente usa presiones de alrededor de 700 kPa, con lo que con ciertos actuadores da una fuerza resultante de entre 20 y 30 kN.
- También suele elevarse el costo de un sistema neumático a consecuencia de que el aire comprimido resulta caro su obtención.

1.3.- Conceptos físicos.

Antes de explicar algunas propiedades y el comportamiento del aire a cierta presión, así como algunas leyes que rigen sus características, es necesario entender algunos fundamentos físicos básicos. A continuación se muestra una tabla con diferentes unidades físicas, donde algunas son fundamentales, mientras que otras se derivan de estas unidades fundamentales:

Tabla 1.1.- Unidades Físicas.

<i>Unidades fundamentales.</i>		
Dimensión.	Unidad (SI)	Símbolo.
Longitud.	Metro (m)	<i>l</i>
Masa.	Kilogramo (kg)	<i>m</i>
Tiempo.	Segundo (s)	<i>t</i>
Temperatura.	Kelvin (K)	<i>T</i>
<i>Unidades derivadas.</i>		
Fuerza.	Newton ($N = kg \cdot m / s^2$)	<i>F</i>
Superficie.	Metro cuadrado (m^2)	<i>A</i>
Volumen.	Metro cúbico (m^3)	<i>V</i>
Caudal.	Metro cúbico sobre seg. (m^3/s)	<i>Q</i>
Presión.	Pascal ($Pa = N/m^2$) ó Bares (bar)	<i>P</i>

Aunque también es necesario definir algunas de estas unidades, ya que se utilizarán para la correcta comprensión de los fenómenos neumáticos, como son los siguientes:

Fuerza: comúnmente llamamos a fuerza a una cierta acción de empujar o de tirar ejercida por un cuerpo sobre otro, esta interacción puede ocurrir cuando existe contacto directo entre los cuerpos, aunque también dichos cuerpos pueden llegar a estar separados y aun así puede seguir existiendo una fuerza, como con las fuerzas gravitacionales, eléctricas y magnéticas; pero para nuestro fin se considera la primera fuerza que es la de contacto directo.

La fuerza se deriva de la segunda ley de Newton, donde una partícula sobre la cual actúa una fuerza desequilibrada F , como en la Figura 1.5, experimenta una aceleración a que tiene la misma dirección que la fuerza y una magnitud directamente proporcional a la fuerza. Si se aplica dicha fuerza F a la partícula de masa m , la ley puede expresarse mediante la siguiente ecuación (Ec. 1.1):

$$F = m \cdot a \dots \text{(Ec. 1.1)}$$



Figura 1.5.- La fuerza es proporcional a la masa y la aceleración.

Presión P : esta se puede definir como la fuerza normal F , como la mostrada en la figura 1.6, que ejerce un fluido por unidad de área A , por lo que se tiene que hablar solo de presión cuando se maneja un fluido, líquido o gas, ya que con los sólidos se habla de un esfuerzo. Como ya se dijo, la presión es la fuerza por unidad de área, tiene como unidad al Newton sobre metro cuadrado, y esta unidad es conocida como Pascal (Pa), la ecuación 1.2 muestra la ecuación para la presión:

$$P = \frac{F}{A} \dots \text{(Ec. 1.2)}$$

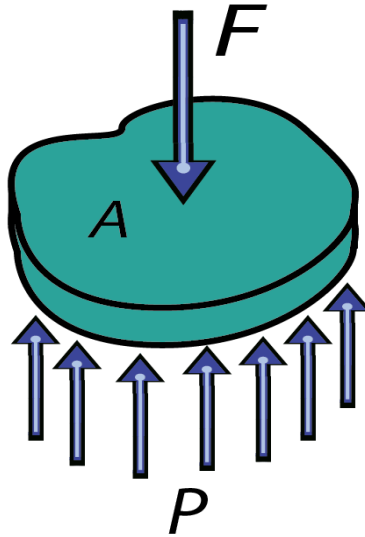


Figura 1.6.- La presión es la fuerza sobre área.

Pero también hay distintos tipos de presiones, ya que existe primeramente la presión atmosférica, la cual no es constante, debido a que su valor cambia según la ubicación geográfica y las condiciones, y es ocasionada por el aire que se encuentra en el ambiente, ya que al tener este una masa, ejerce una fuerza sobre nosotros que se convierte en presión. Pero para tomar una presión real en un determinado lugar, llamada presión absoluta, se tiene que medir con respecto al vacío absoluto, es decir, una presión de cero absoluto. Sin embargo muchos de los dispositivos usados para medir la presión se calibran a cero en la atmósfera, con lo que indican la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local, lo que da como resultado la presión manométrica. Las presiones que se encuentran por debajo de la atmosférica se conocen como presiones de vacío, las cuales también se miden con medidores de vacío que indican la diferencia entre la presión atmosférica y absoluta. Las tres presiones tanto la absoluta, la manométrica y la de vacío se consideran positivas y se pueden relacionar matemáticamente por medio de las siguientes ecuaciones 1.3 y 1.4, las cuales también se pueden visualizar en la siguiente imagen (figura 1.7):

$$P_{manométrica} = P_{abs} - P_{atm} \dots (Ec. 1.3)$$

$$P_{vacío} = P_{atm} - P_{abs} \dots (Ec. 1.4)$$

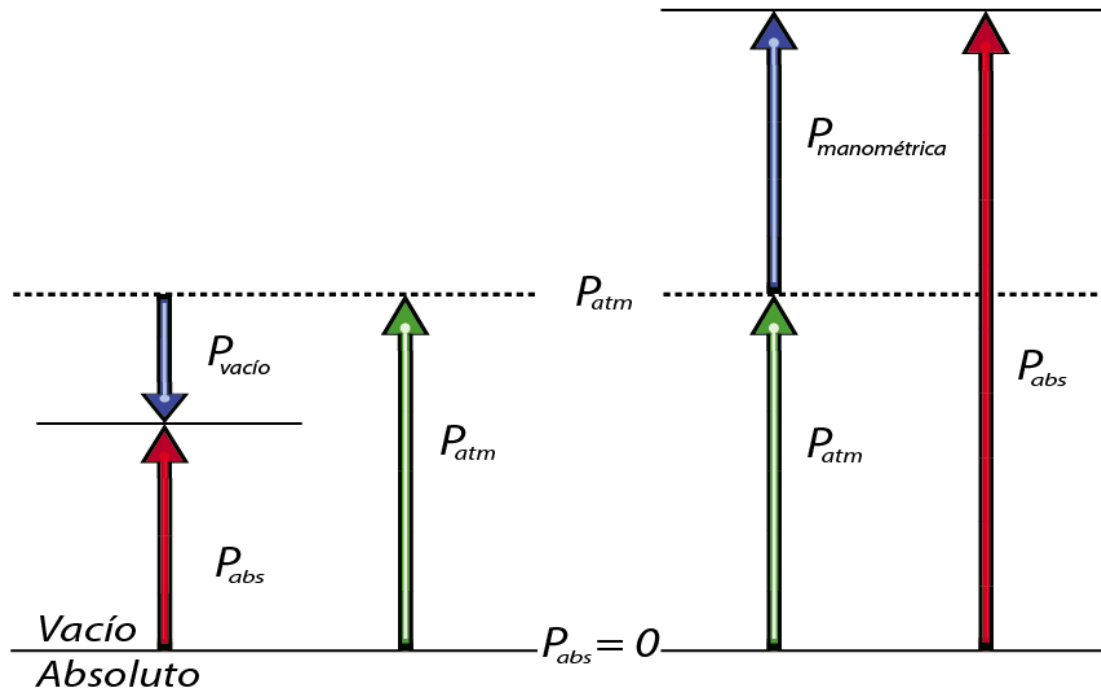


Figura 1.7.- Presiones absolutas, manométricas, de vacío atmosféricas.

Temperatura: la temperatura nos indica a saber cuál es la intensidad de calor, donde el calor no es más que una forma de energía que se transfiere entre dos sistemas, o entre un sistema y el exterior por consecuencia a una diferencia de temperaturas. Hay distintas escalas para la temperatura, ya que en el SI se usan la escala Celsius y la Kelvin, mientras en el sistema ingles se usan las escalas Fahrenheit y la escala Rankine, y la diferencia entre cada ellas es que unas son temperaturas absolutas y otras relativas, por lo que la Celsius y la Fahrenheit son relativas, mientras que la Kelvin y la Rankine son absolutas para cada sistema; y en cálculos termodinámicos se usan las temperaturas absolutas, ya que estas tienen el cero absoluto de temperatura, es decir, no hay ningún movimiento de partículas a esta temperatura, por ello no existen temperaturas absolutas negativas. A continuación se muestran ecuaciones con las cuales se pueden relacionar algunas de ellas:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15 \dots \text{(Ec. 1.5)} \quad \text{De Kelvin a Celsius.}$$

$$T(R) = R(^{\circ}F) + 459.67 \dots \text{(Ec. 1.6)} \quad \text{De Rankine a Fahrenheit.}$$

$$T(R) = 1.8T(K) \dots \text{(Ec. 1.7)} \quad \text{De Rankine a Kelvin.}$$

$$T(^{\circ}F) = 1.8(^{\circ}C) + 32 \dots \text{(Ec. 1.8)} \quad \text{De Fahrenheit a Celsius.}$$

1.4.- Ecuaciones de estado.

Hay que considerar ciertas ecuaciones que involucran a algunas propiedades de ciertos gases que se pueden considerar ideales, debido a que obedecen algunas de las siguientes ecuaciones, las cuales son importantes ya que el aire se puede considerar como un gas de este tipo. Cualquier ecuación que relacione a la presión, la temperatura y el volumen específico de una sustancia se le llama ecuación de estado, y enseguida se muestran algunas de ellas.

Ley de Boyle – Mariotte. Esta ecuación fue formulada independientemente por los físicos Robert Boyle y Edme Mariotte, la cual relaciona el volumen y la presión de una cantidad de gas dentro de un recipiente (Figura 1.8) a una temperatura constante, es decir, a una temperatura constante los volúmenes de un mismo gas serán inversamente proporcionales a las presiones que se encuentra sujeto, y esto se observa en la siguiente ecuación (Ec. 1.9):

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{Constante} \dots \text{(Ec. 1.9)}$$

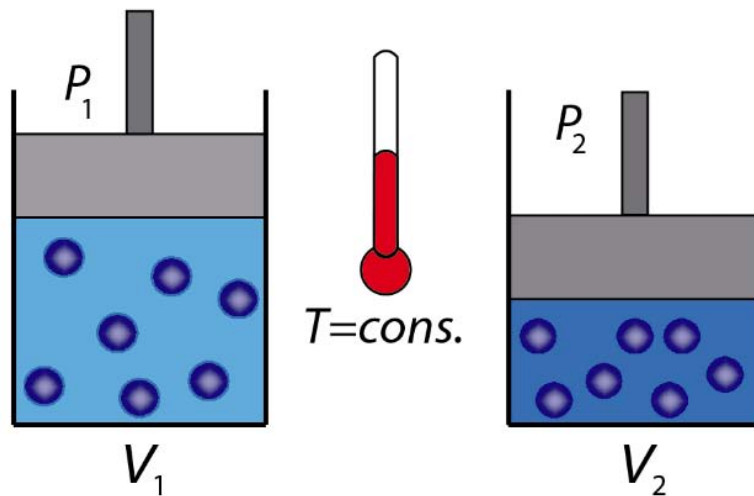


Figura 1.8.- Ley de Boyle – Mariotte.

Ley de Gay - Lussac. Como su nombre lo dice, esta ley fue establecida por el francés J. Gay Lussac, la cual dice que a un volumen constante (Figura 1.9), la presión de un mismo gas es directamente proporcional a su temperatura, ya que las moléculas del gas aumentan su energía cinética al aumentar su temperatura y estas chocan con las paredes del depósito, aumentando con esto su presión. Esto se ilustra en la siguiente ecuación (Ec. 1.10):

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{Constante} \dots \text{(Ec. 1.10)}$$

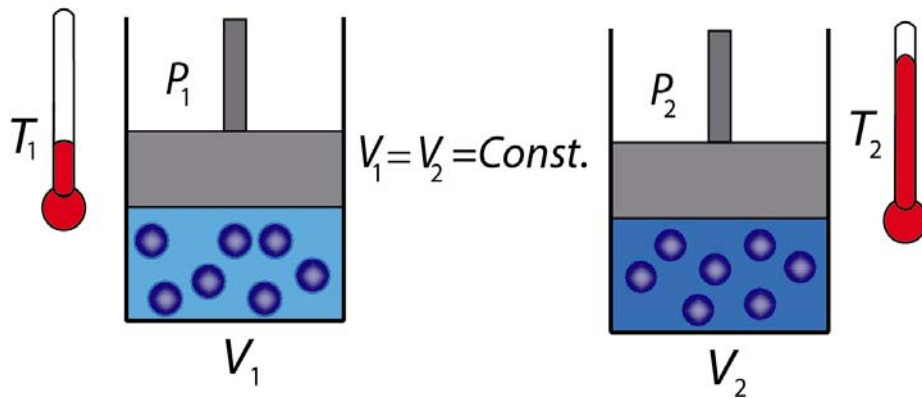


Figura 1.9.- Ley de Gay – Lussac.

Ley de Charles. Esta ley se le amerita al francés Jacques Charles, aunque esta fue publicada por Gay Lussac, pero él se refería con esta ley a trabajos hechos por Charles. La ley dice que a una presión constante (Figura 1.10), al aumentar la temperatura de un mismo gas, el volumen de dicho gas aumentara, por lo que el volumen de un gas dentro de un deposito es directamente proporcional a su temperatura a una presión constante; también esto se ilustra con la siguiente ecuación (Ec. 1.11):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{Constante} \dots \text{(Ec. 1.11)}$$

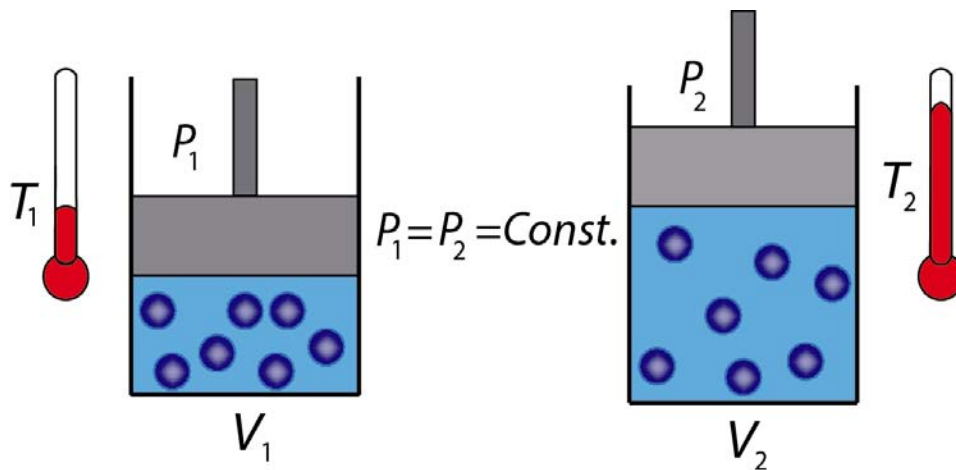


Figura 1.10.- Ley de Charles.

Ecuación de estado de gas ideal.

Para la obtención de esta ecuación se tuvieron que combinar las ecuaciones anteriores, ya que primero en 1662 el inglés Robert Boyle realizó observaciones a sus experimentos con una cámara de vacío y concluyó que la presión de los gases es inversamente proporcional a su volumen. Posteriormente en 1802 los franceses J. Charles y J. Gay – Lussac determinaron de manera experimental que a bajas presiones el volumen de un gas es proporcional a su temperatura, por lo que se llegó con estos argumentos a la siguiente ecuación de estado:

$$P = R \left(\frac{T}{v} \right) \rightarrow Pv = RT \dots \text{(Ec. 1.12)}$$

Y es esta la ecuación que se le nombra ecuación de estado de gas ideal, y cualquier gas que obedezca esta relación se le nombra gas ideal, donde en esta ecuación R es la constante del gas y es diferente para cada gas (para el aire es $R = 0.2870 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$), P es la presión absoluta, T es la temperatura absoluta y v es el volumen específico. Aunque también esta ecuación se puede llegar a escribir de algunas otras formas, solo haciendo sustituciones:

$$V = mv \rightarrow PV = mRT \dots \text{(Ec. 1.13)}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{Constante} \dots \text{(Ec. 1.14)}$$

1.5.- Características del aire, composición y humedad.

Primeramente hay que hablar sobre la composición del aire, ya que esta es muy importante en los sistemas neumáticos debido a que este es una mezcla de varios gases. El aire es una mezcla de gases que constituye a la atmósfera del planeta, la cual permanece por acción de la gravedad. En el aire existen gases como el nitrógeno (78%), el oxígeno (21%) y otros tipos de gases en una composición muy baja como el dióxido de carbono, hidrógeno, neón, helio, xenón, etc. pero estos ocupan menos el 1% de la totalidad del aire.

Pero normalmente el aire en la atmósfera contiene cierta cantidad de vapor de agua o también llamada humedad y se conoce a este aire como aire atmosférico; y en contraste el aire que no contiene vapor de agua se le denomina aire seco y es el que contiene todos los elementos anteriormente dichos. Por lo anterior es conveniente tratar al aire como una mezcla de vapor

de agua y aire seco, debido a que la composición del aire seco permanece relativamente constante, mientras que la cantidad de vapor de agua varía por la condensación y evaporación de fuentes de agua, como océanos, lagos, ríos, regaderas o incluso del cuerpo humano.

Entonces tomando al aire atmosférico como un gas ideal, es decir, obedece la relación de gas ideal $Pv = RT$, se tiene que su presión es la suma de la presión parcial del aire seco P_a y la del vapor de agua P_v , es decir:

$$P = P_a + P_v \text{ (kPa)} \dots \text{ (Ec. 1.15)}$$

Humedad específica: es termino se refiere a la masa de vapor de agua que está presente en una unidad de masa de aire seco, y esta se puede determinar por medio de las siguientes ecuaciones, donde una involucra la ecuación de gas ideal.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \text{ (kg de vapor de agua / kg de aire seco)} \dots \text{ (Ec. 1.16)}$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / R_v R}{P_a V / R_a T} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \dots \text{ (Ec. 1.17)}$$

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \text{ (kg de vapor de agua/kg de aire seco)} \dots \text{ (Ec. 1.18)}$$

Humedad relativa. Supongamos primero que se tiene una masa de aire seco, es decir, sin nada de vapor de agua; pero posteriormente se le va añadiendo vapor de agua, haciendo que su humedad específica pase de ser cero, pero llega el punto en que la humedad específica crecerá hasta que el aire ya no pueda contener más humedad, dando así que cualquier cantidad de vapor que se añada se condensara automáticamente, llegando al punto anterior se tiene que el aire es un aire saturado, es decir, ya no puede contener más vapor de agua.

Por lo anterior se tiene que definir lo que es la humedad relativa, la cual es la relación de la cantidad de humedad que el aire contiene (m_v) respecto a la cantidad máxima de humedad que el aire puede contener a la misma temperatura (m_g), lo cual matemáticamente se expresa como:

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v R}{P_g V / R_g T} = \frac{P_v}{P_g} \dots \text{ (Ec. 1.19)}$$

Donde

$$P_g = P_{sat. a T}$$

La humedad relativa varía de 0 para el aire seco hasta 1 para el aire saturado, pero hay que tener bien en consideración que la cantidad de humedad que el aire puede contener depende de su temperatura. Para ilustrar la importancia que tiene la humedad del aire en los procesos neumáticos se tomara un dato al azar y se mostrara como es que la humedad se condensa al estar a una presión mayor a la atmosférica.

Por ejemplo si se tienen 3 depósitos que contienen el mismo aire y un mismo volumen de 1 m³, a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa de 50%. Si usamos la carta psicrométrica a una 1atm de presión y usando algunas ecuaciones se llega a la masa de vapor de agua que contiene cada metro cúbico de aire atmosférico.

Datos:

$$T = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi = 50\%$$

$$V = 1 \text{ m}^3$$

De la carta psicrométrica (Figura 1.11) se obtiene:

$$\omega = 0.010 \frac{kg_{vapor}}{kg_{aire seco}}, \quad v = 0.858 \text{ m}^3/kg_{aire seco}$$

$$v = \frac{V}{m_a} \rightarrow m_a = \frac{V}{v} = \frac{1 \text{ m}^3}{0.858 \text{ m}^3/kg_{aire seco}} = 1.165 \text{ m}^3/kg_{aire seco}$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \rightarrow m_v = \omega m_a = \left(0.010 \frac{kg_{vapor}}{kg_{aire seco}}\right) (1.165 \text{ m}^3/kg_{aire seco})$$

$$m_v = 0.01165 kg_{vapor} = 11.65 \text{ gr}_{vapor}$$

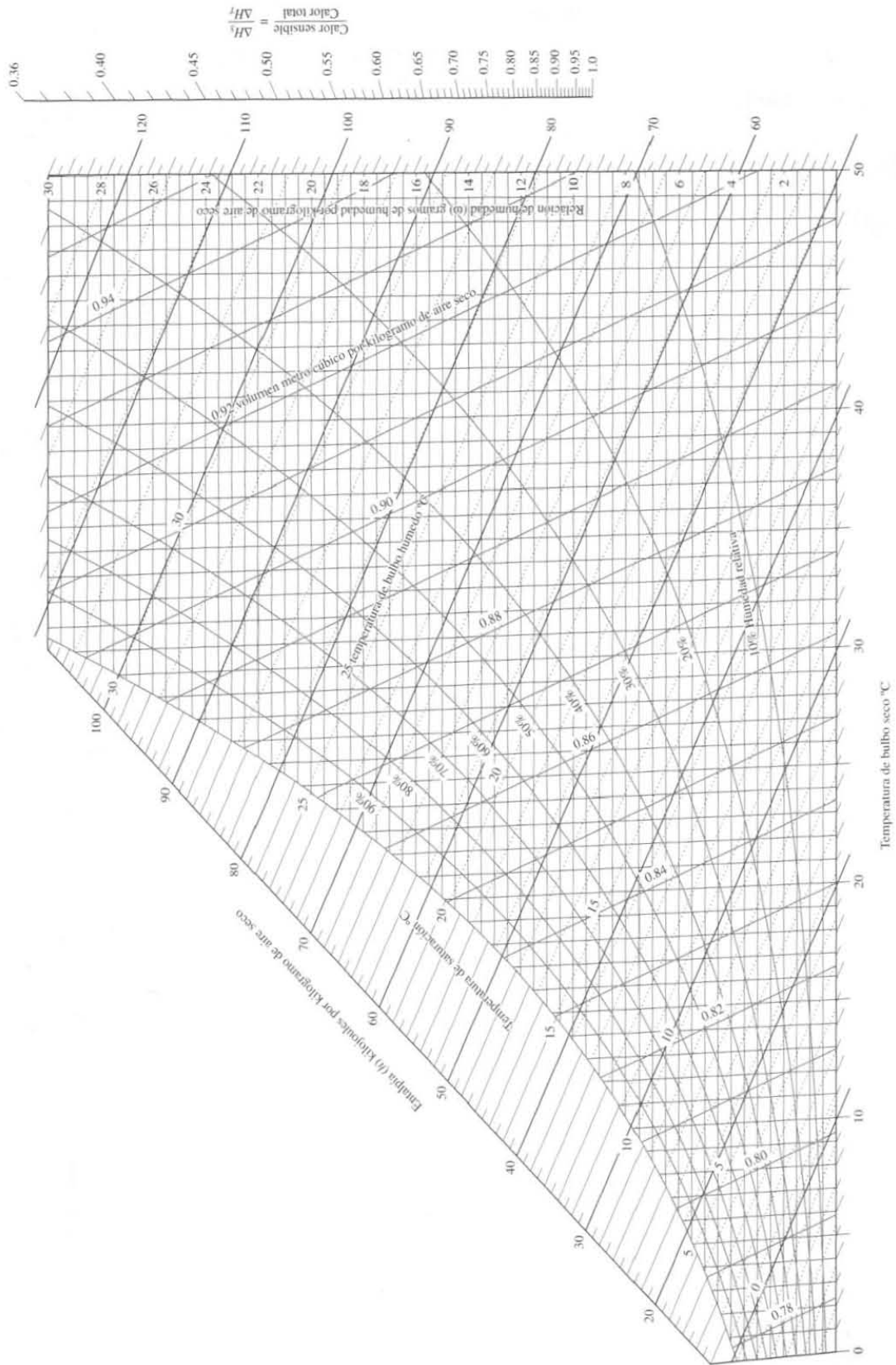


Figura 1.11.- Carta psicrométrica a 1 atm de presión.

Por lo tanto en cada volumen de 1 m^3 se tiene una masa de vapor de agua de aproximadamente 11.65 g. , a una humedad relativa de 50% . Entonces si estos tres volúmenes se comprimieran en un solo volumen de 1 m^3 se tiene que el aire comprimido se convertirá en un aire saturado, ya que de lo contrario contaría con una humedad relativa de 150% , lo cual no puede ser. Por lo anterior el aire que está a 100% de humedad relativa ya no podrá contener más humedad y es entonces cuando el otro 50% se tiene que condensar para que el agua pueda existir en el mismo volumen, pero está en forma líquida. Y es aquí donde está la importancia de que si se trabajara con este aire sin ser tratado antes, esa agua líquida, 11.65 g. , afectaría el desempeño de los sistemas neumáticos.

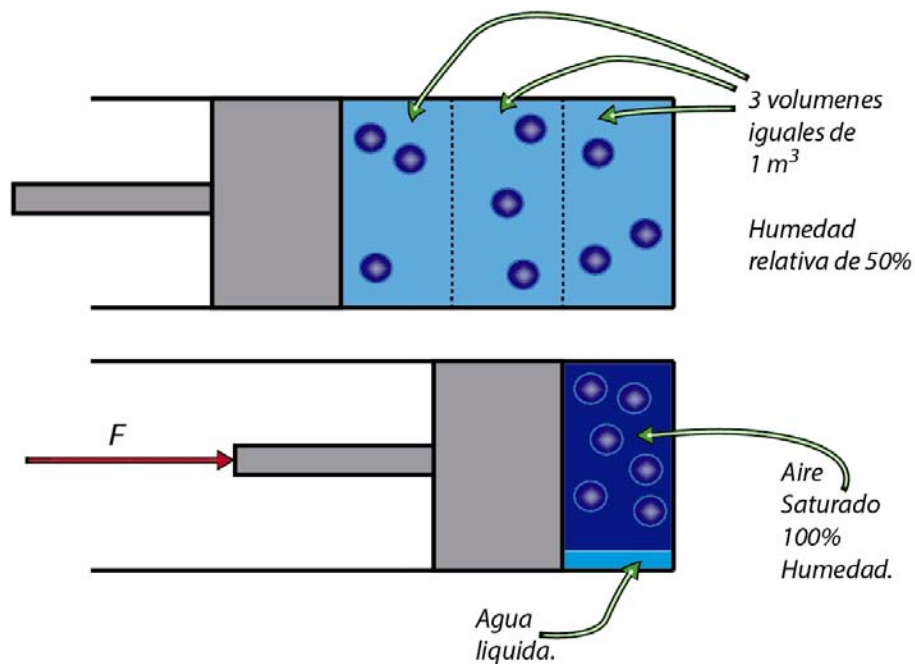


Figura 1.12.- Compresión de aire atmosférico. Se condensa un poco de agua al estar el aire ya saturado.

CAPITULO 2

ELEMENTOS DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

Los elementos que conforman a un sistema neumático son muy diversos y variados en funciones y tamaños, ya que algunos realizan el mismo objetivo, pero su mecanismo es diferente. En este tema trataremos de analizar y decir el cómo es que se conforman y funcionan cada uno de estos elementos, solo citando los más comunes a nuestro interés, ya que como se dijo son muy variados en existencia.

Comúnmente un sistema neumático consta de las siguientes partes, tal y como lo ilustra la figura 2.1, la cual muestra los elementos principales de un sistema neumático.

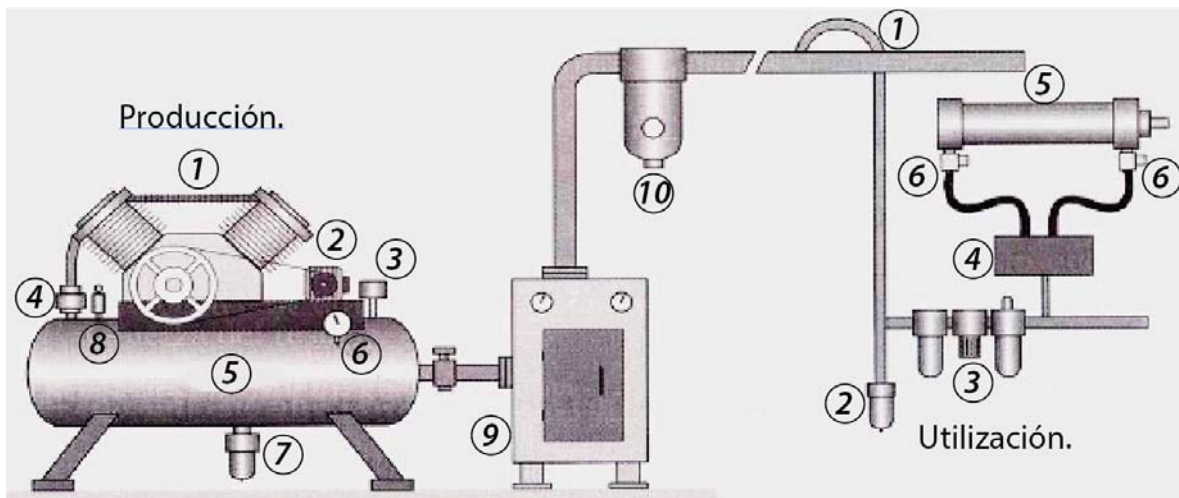


Figura 2.1.- Sistema neumático básico.

1.- Compresor.

2.- Motor eléctrico.

3.- Presostato.

4.- Válvula.

5.- Depósito.

6.- Manómetro.

7.- Purga automática.

8.- Válvula de seguridad.

9.- Secador de aire refrigerado.

10.- Filtro de línea.

1.- Purga del aire.

2.- Purga automática.

3.- Unidad de acondicionamiento del aire.

4.- Válvula direccional.

5.- Actuador.

6.- Controladores de velocidad.

Y como se observa en la figura, se hablara primeramente de los elementos que producen el aire comprimido, es decir, lo que son los compresores y los dispositivos para tratar el aire comprimido.

2.1.- Compresores.

Para poder obtener el aire comprimido que es utilizado en neumática, es preciso usar primeramente una máquina que realice esta función, es decir, que tome el aire atmosférico y lo comprima hasta obtener las presiones que se suelen utilizar en los sistemas neumáticos, y este es el compresor, el cual eleva la energía interna y la de presión del aire para así poderlo impulsar sobre los demás elementos y también almacenarlo en un depósito. Existen diferentes tipos de compresores, los cuales difieren mucho en su construcción y la eficiencia de ellos, ya que existen los compresores de desplazamiento positivo y los turbocompresores, los cuales tienen sus ventajas y desventajas en cuanto a la producción del aire comprimido.

En la figura 2.2 se muestra una clasificación de los compresores más comunes, donde los de desplazamiento positivo son los más usados para estas aplicaciones neumáticas, dividiéndose en los alternativos (de émbolo, membrana, émbolo de 2 etapas) y los rotativos (de paletas, tornillo, roots), y también se muestran los turbocompresores, ya sea radiales o axiales, su mayor ventaja es que proveen gran caudal y sin interrupción, aunque a una baja presión, por lo que son usados raras veces.

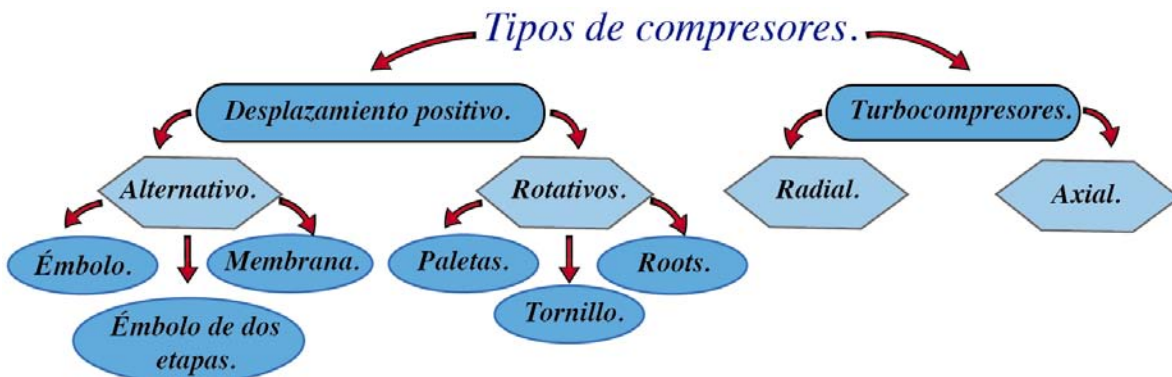


Figura 2.2.- Tipos de compresores.

El medio de funcionamiento de los compresores de desplazamiento positivo se lleva a cabo primeramente por la admisión de un gran volumen de aire hacia una recámara del mismo compresor, y es aquí donde por medio de un émbolo o algún medio rotativo es que se lleva

este aire a ser comprimido para que así aumente su presión. Mientras que los turbocompresores elevan la presión del aire gracias al aumento de la energía cinética de la masa del aire, lo cual se logra por medio de sus álabes, es decir, los turbocompresores transforman la energía del rotor a una aceleración del aire, la cual provoca la elevación de presión.

Hay ciertos puntos que se deben de considerar para poder elegir el compresor que mejor se adecue a la necesidad, ya que dependen de los siguientes puntos:

- Caudal de desplazamiento necesario.
- Nivel de presión máxima y mínima necesarios.
- Condiciones atmosféricas: altitud, temperatura ambiente, humedad, ambientes corrosivos, polvorientos, etc.
- Tipo de impulsión: motor eléctrico, motor de combustión, etc.
- Temperatura de descarga y refrigeración.
- Accesorios: controles de arranque, controles de seguridad, etc.
- Espacio disponible.

2.1.1.- Compresores de desplazamiento positivo.

Compresores alternativos. Estos compresores poseen un movimientos lineales a lo largo de su trayectoria de compresión, cuyos movimientos son seguidos por un embolo o membrana, para así se genere una admisión y una compresión del aire, tal y como se explicó anteriormente con las leyes de los gases.

Compresores de embolo o pistón. Estos son los compresores que suelen ser los más comunes, debido a su relativa simplicidad. La compresión en estos tipos de compresores se logra por medio de movimientos lineales alternativos del pistón; para explicar nos fijamos en la figura 2.3 en la cual se muestra un compresor de este tipo.

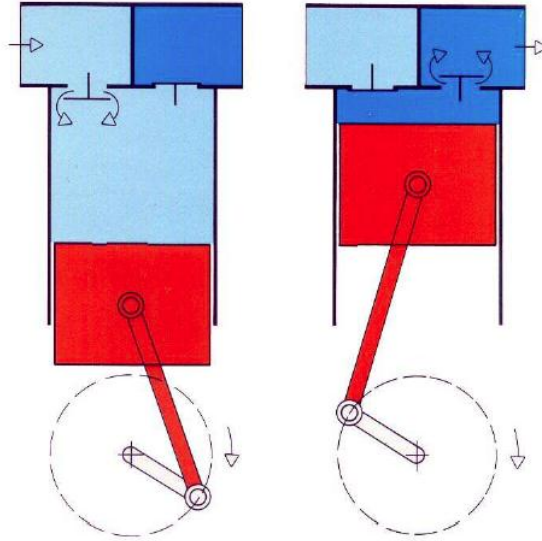


Figura 2.3.- Compresor de émbolo de una etapa.

En su carrera de admisión el émbolo se mueve de manera descendente al mismo momento en que la válvula de admisión se abre, para así dejar pasar el máximo de aire que pueda albergar la recámara, hasta el momento en que el émbolo llega al punto muerto inferior y la válvula de admisión se cierra, donde empezara ahora el movimiento ascendente. Durante el movimiento ascendente, el émbolo se mueve hacia el punto muerto superior y durante este movimiento el aire es comprimido y la válvula de descarga el abierta, para que así el aire comprimido pase hacia un deposito o hacia otra compresión, en donde el aire se comprimirá aún más hasta llegar a la presión de trabajo. Debido a la compresión del aire, los compresores deben de tener un medio de refrigeración, la cual se logra por medio de aire o agua, dependiendo esto por el tipo de compresor.

Compresores de émbolo de dos etapas. Estos son muy similares en cuanto a su funcionamiento a los compresores anteriormente descritos, solo que estos en vez de solo realizar la compresión solo una vez, la hacen dos o posiblemente más veces, lo cual se muestra en la figura 2.4, en donde se observan dos émbolos.

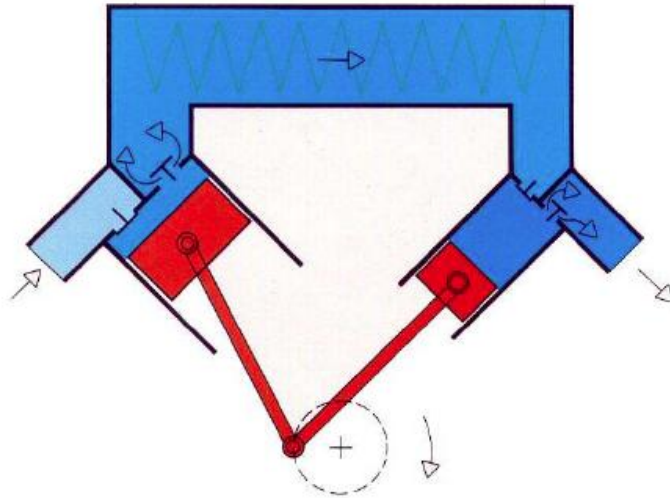


Figura 2.4.- Compresor de émbolo de dos etapas.

Estos compresores tienen dos etapas debido a que con una sola etapa no se tiene una buena eficiencia al producir presiones elevadas, por lo que se obtiene una eficiencia mayor si se utilizan dos o más etapas durante la compresión. Pero esto se tiene como una consecuencia el aumento de temperatura del aire, por ello se necesita tener un medio de refrigeración para el aire, ya que de no tenerlo se tendrán deficiencias en la compresión. Para lo anterior se colocan cámaras de enfriamiento entre las etapas, tal y como se observa en la figura, además también se puede observar que el segundo émbolo es más pequeño, esto es porque como el aire ya ha sido comprimido una vez, ocupa un volumen más pequeño.

Este tipo de compresores, los de émbolo, suelen ser muy utilizados y conocidos en la industria, debido a su gran serie de ventajas, como son que tiene buenas relaciones de compresión, existen en diferentes tamaños, tienen una buena eficiencia, sus costos de operación son relativamente bajos, producen una gran cantidad de caudal, se pueden alcanzar presiones de más de 10 bar, etc.

Compresor de émbolo con membrana. Este tipo de compresor es muy similar a los compresores de émbolo, ya que como se ve en la figura 2.5, es muy parecido su funcionamiento, solo que este compresor contiene una membrana que es la que produce la variación de volumen dentro de la cámara de compresión, para así elevar la presión. La ventaja de este tipo de compresores es que debido a la membrana, el aire no toca el aceite que contienen los émbolos que son usados por el mecanismo, por ello el aire comprimido está ausente de aceite, con lo que este presenta gran pureza al estar comprimido. Este tipo de

compresores no son muy comunes en la industria, debido a que son utilizados en aquellas necesidades donde se necesite tener aire muy puro a presiones elevadas, como son el caso de la medicina y en algunos procesos químicos.

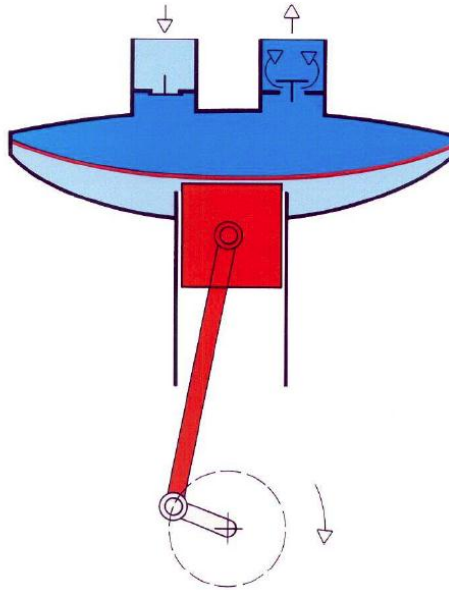


Figura 2.5.- Compresor de émbolo con membrana.

Compresores rotativos. En estos tipos de compresores, la compresión se logra en una cámara de compresión en la que hay situada un elemento giratorio, los cuales se encargan de conducir el aire desde un volumen grande, hacia un volumen pequeño, con lo que se logra la compresión. A diferencia de los alternativos, estos suelen tener una admisión y una descarga relativamente constante, ya que este no tiene ningún movimiento alternativo.

Compresor radial de paletas. Este está constituido por una carcasa cilíndrica en donde va un rotor montado excéntricamente, de tal forma que dicho rotor casi roce la pared de la carcasa, para que así se forme una cámara de compresión en forma de medialuna. Esto se puede observar en la figura 2.6, donde se puede ver la posición del rotor en la cámara.

La cámara de compresión está dividida en secciones por medio de un conjunto de paletas deslizantes que se encuentran alojadas en ranuras radiales del rotor. La compresión se logra al momento de que el rotor gira y el volumen de las secciones empieza a variar de mayor a menor, con lo que se produce una aspiración, compresión y una expulsión. Aunque al igual que los compresores de émbolo, el aire tiene aceite contenido en él, por lo que en su uso debe de considerarse esto, aunque también si se requiere un aire casi puro, es necesario ocupar

algunos materiales como el grafito o el teflón, los cuales son autolubricantes. Los compresores de paletas tienen un suministro casi sin pulsaciones y en forma continua, además que suelen alcanzar presiones de hasta 30 bar en dos etapas con refrigeración intermedias.

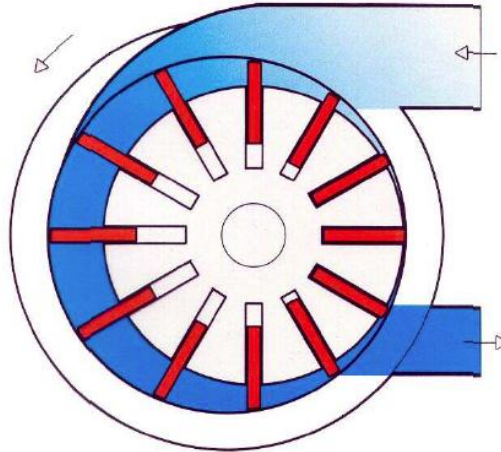


Figura 2.6.- Compresor radial de paletas.

Compresor de tornillo. Se conocen a estos también como compresores helicoidales; en los cuales la compresión se logra por dos rotores helicoidales, donde uno es una hembra y el otro un macho, ya que ellos están casi engranados entre si y se encuentran situados en una carcasa en la cual giran; esto también se puede ver en la figura 2.7.

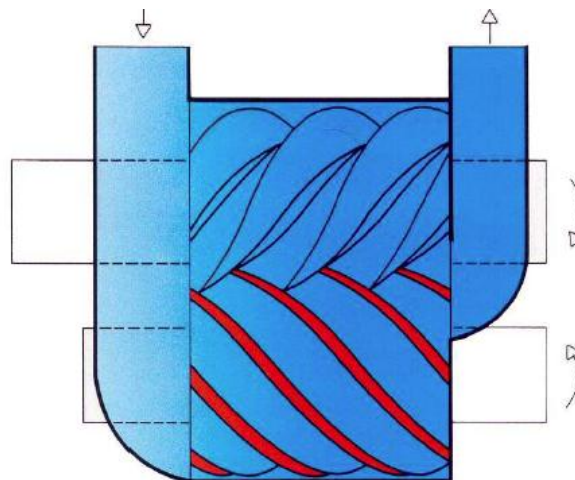


Figura 2.7.- Compresor de tornillo.

Tomando como referencia a los compresores de émbolo, el macho cumple la función del émbolo y la hembra cumple la función del cilindro; ya que durante la rotación, las cuerdas del macho se introducen en los espacios de la hembra, de esta forma disminuyendo el volumen del aire y aumentando la presión. Los espacios en la hembra son llenados por el aire en un lado y por el otro se descargan, todo esto en un sentido axial. Una ventaja es este compresor es el escaso desgaste y la escasa lubricación, ya que los tornillos no tienen contacto entre sí, gracias a unos engranes que mantienen el giro bien sincronizado entre los ejes. También a consecuencia de que tienen un flujo casi continuo, las dimensiones del depósito suelen ser reducidas, y actuando más bien este como un medio de colector y separador de aceite. Estos compresores se suelen requerir para cuando se requiere tener un caudal y presión elevadas, pero sin presencia de muchas irregularidades y teniendo también una buena calidad del aire en la salida, ya que su temperatura suele ser menor y además que contiene menos contaminantes sólidos y líquidos.

Compresores Roots. Estos compresores constan de dos impulsores dentro de una carcasa, los cuales tienen su forma característica, tal y como se observa en la figura 2.8. El funcionamiento de este tipo de compresores comienza cuando el aire entra por el lado de aspiración, donde por medio de la forma del impulsor, recoge y aísla al momento de girar un pequeño volumen de aire, el cual no se comprime al estar aislado, sino que la compresión se da para cuando el impulsor dirige el volumen de aire hacia la descarga, y es en esta parte donde el pequeño volumen de aire se comprime con el resto del aire que ha seguido el mismo camino y que ya se encuentra comprimido, debido a que el volumen se hace pequeño cuando los dos impulsores giran y se incrementa en contenido de aire en la descarga.

El giro de los impulsores está debidamente sincronizado gracias a unos engranes, los cuales evitan que se rocen entre ellos o que toquen la carcasa, de lo contrario sería demasiado el desgaste sufrido por estos elementos. Este tipo de compresores normalmente se ocupan cuando se necesita el aire comprimido a bajas presiones y sin rastros de algún lubricante, ya que son muy limpios, además que estos solo alcanzan presiones de alrededor de 1.5 bar.

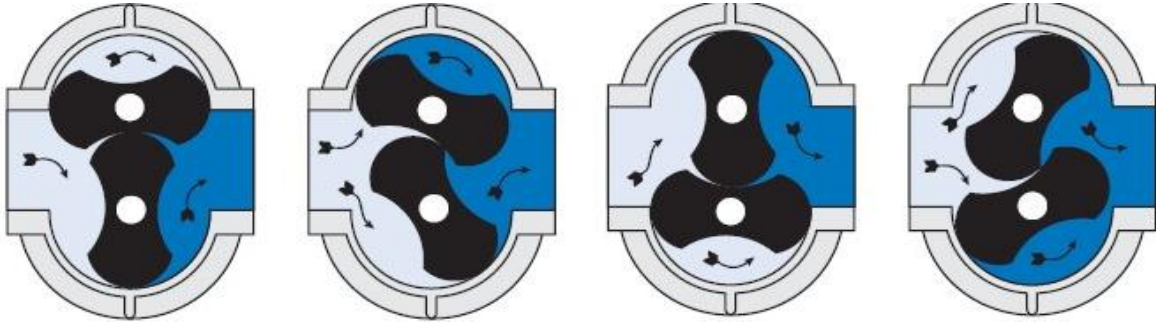


Figura 2.8.- Compresor Roots.

2.1.2.- Turbocompresores.

Los turbocompresores son turbomáquinas, las cuales constan de álabes que transforman la energía del rotor en energía de fluido, es decir, el aumento de presión no se debe a un desplazamiento y reducción de volumen, como en los anteriores compresores, sino que es debido a efectos dinámicos sobre el aire, donde el rotor da al fluido un aumento en su energía cinética la cual hace que aumente la presión el fluido, esto gracias a los álabes del mismo rotor. Los turbocompresores comunes tienen configuración ya sea radial o axial, además que estos se ocupan para cuando se necesitan caudales muy grandes.

Turbocompresores radiales. En este tipo de turbocompresores el flujo del fluido, aire, sigue una trayectoria de dirección axial a la radial, es decir, el aire es tomado en sentido axial y es arrojado a una mayor velocidad en sentido radial. Este compresor comprime al aire por medio de una fuerza centrífuga la cual comprime el aire en la cámara de compresión, por lo que este consta de un rotor centrífugo el cual gira dentro de una cámara espiral, en alrededor de 15,000 rpm. La figura 2.9 muestra un compresor de este tipo:

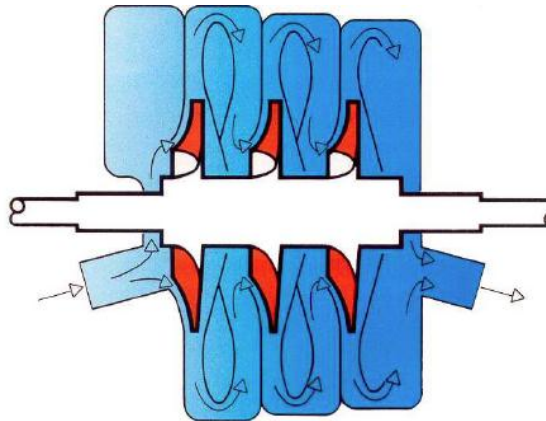


Figura 2.9.- Turbocompresor radial.

Estos tipos de compresores suelen ser de varias etapas, esto para poder obtener una mejor presión, ya que pueden llegar a presiones de hasta 8 bares.

Turbocompresores axiales. Con los turbocompresores axiales, las trayectorias de las partículas se mueven en capas paralelas a la dirección del eje del rotor, por lo que su funcionamiento esta por medio de la compresión axial, como si fuese un ventilador común, solo que estos se suelen construir de varias etapas o varios rotores, para poder así alcanzar presiones más grandes, aunque si se comparan con los anteriores suelen ser más bajas, pero el caudal que estos tienen es mayor. En la figura 2.10 se puede observar un compresor de este tipo.

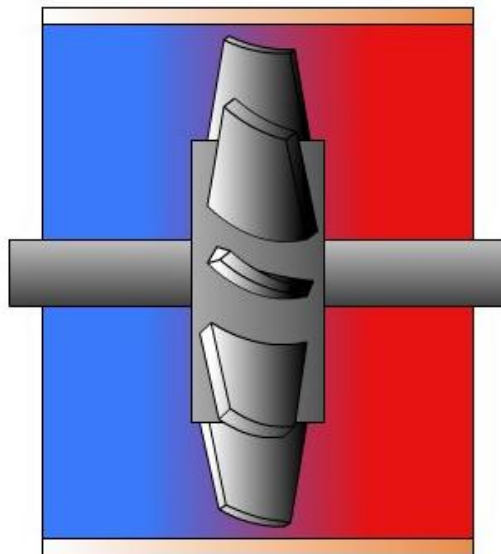


Figura 2.10.- Turbocompresor axial.

2.2.- Depósitos.

En un sistema neumático es muy común y conveniente colocar un depósito, el cual su función principal es contener una cierta cantidad de aire presurizado para ser utilizado posteriormente por el sistema neumático. De las ventajas adicionales que representa el tener un depósito son las siguientes:

- El aire comprimido es estabilizado y compensa ciertas oscilaciones de presión mientras el aire es consumido.
- Ayuda a la refrigeración del aire comprimido mientras este contenido en él, gracias a su gran área superficial, por lo que hay que purgar dicha agua del depósito.

- Ayuda a amortiguar algunas pulsaciones debidas a los compresores, además que reduce la velocidad, esto importa más cuando el compresor es de desplazamiento positivo, debido a que no hay un caudal relativamente constante.
- Permite una regulación entre la diferencia de los caudales, el generado y el consumido, ya que comúnmente son diferentes estos.
- Actúa como un separador entre el aire y la humedad, además que también ayuda a separar el aceite que viene combinado con el aire del compresor.
- Se tiene un menor desgaste del compresor, ya que al almacenar el aire en el depósito mientras no se ocupa, el compresor puede estar sin funcionar.

Un depósito tiene que contar con algunos otros elementos para que pueda servir de manera segura y eficaz, como son una puerta de inspección interior, un grifo de agua, un manómetro, una válvula de seguridad, válvula de cierre y un indicador de temperatura; además que también un depósito tiende a colocarse ya sea de manera horizontal o vertical, y si es posible alejado de fuentes caloríficas para poder ayudar a la condensación de humedad. En la siguiente figura se puede observar una instalación de este tipo de depósitos:

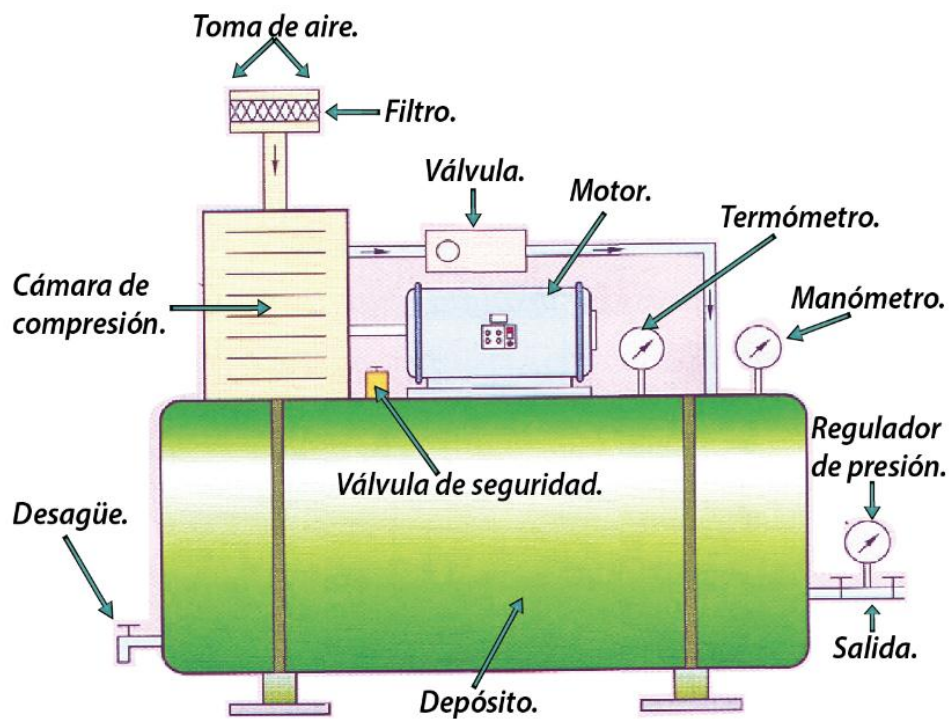


Figura 2.11.- Depósito.

Para poder realizar una correcta selección de un depósito en cuanto a su capacidad hay que tomar en cuenta ciertos puntos como los siguientes

- Considerar el caudal del compresor, así como la demanda de aire del sistema, ya que puede ser constante, intermitente o instantánea.
- Saber la cantidad de aire que es requerida en la red de tuberías, ya que pueden ser extensas.
- También la capacidad dependerá de la amplitud del rango de presiones en la cual el compresor regula.
- La oscilación de la presión que es permitida en el sistema.

2.3.- Redes de tuberías.

Para que el aire comprimido pueda llegar a los diferentes dispositivos que se usan a lo largo del sistema neumático, partiendo desde el depósito, es requerido una red de tuberías por la cual circule dicho aire y así pueda ser consumido por algún elemento y realizar la tarea requerida. Para poder realizar una red de tuberías es necesario tener en cuenta algunos puntos que son de suma importancia, ya que de estos partirá el tipo de red que se usara, dichos puntos a tomar en cuenta son:

- Conocer la posición exacta de los elementos que consumirán el aire comprimido.
- Visualizar correctamente el espacio disponible y la configuración del lugar en donde se colocara dicha red o sistemas.
- Conocer las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro del lugar, ya que pueden involucrar diferencias de temperaturas, movimientos, ambientes corrosivos, etc.

Hay tres diferentes configuraciones de redes que se pueden elegir para poder realizar un sistema neumático, las cuales difieren mucho en sus características o formas, por tanto es de suma importancia elegir la más correcta para obtener un funcionamiento eficiente, ya que se tienen ventajas o desventajas en cada una de ellas. Las configuraciones más comunes son:

Circuito abierto o red lineal: este se muestra en la figura 2.12, en la cual se puede observar que este sistema no tiene un retorno, por ello suele ser más económico, debido a que cuando se usa este sistema, no se le suele dar un tratamiento al aire antes de su utilización, además que es más fácil su construcción. Pero tiene el inconveniente que al no tener un retorno, el

compresor proveerá de aire a presión en intervalos más frecuentes, ya que el aumento de presión en la red solo será durante algunos momentos, además que puede resultar demasiada larga la red y así aumentar la pérdidas de presión, y después de un tiempo, el costo resultara ser mayor.

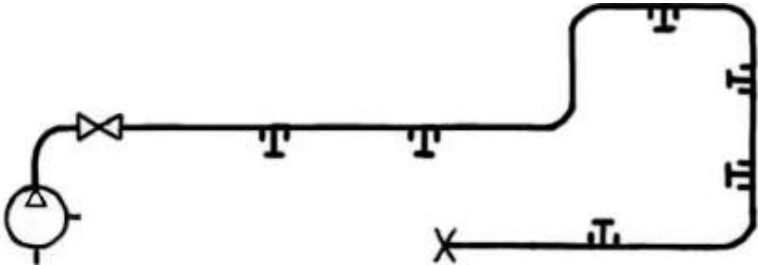


Figura 2.12.- Circuito abierto.

Circuito cerrado o red anular. Este circuito se ve en la figura 2.13, donde se puede observar que a diferencia del anterior, este circuito tiene un retorno, lo cual provee un incremento en su costo, ya que hay que darle un correcto tratamiento al aire, antes de ser ingresado al sistema, por lo anterior su construcción resulta ser más cara. Pero se obtienen grandes ventajas, como el hecho de que al recircular el aire, la presión se tiene en un nivel casi constante, de esta forma se tienen pérdidas de energía mucho menores y el compresor no deberá estar funcionando siempre que se necesite presión, dependiendo de la demanda de aire.



Figura 2.13.- Circuito cerrado.

Circuito múltiple o de rejilla. Se puede observar en la figura 2.14, donde se ve que si el sistema necesitara muchos elementos, no es recomendable colocarlos en serie, sino en la forma en que se observa, ya que aunque se incrementara el costo de fabricación, el

sistema tendrá una mejor eficiencia y además si llegase a fallar algún elemento, no será necesario detener todo el sistema, sino tan solo la parte donde se encuentra la falla y así poder repararla; además que si se llegase a necesitar una ampliación, será más fácil realizarla si se encuentra de esta forma el circuito.

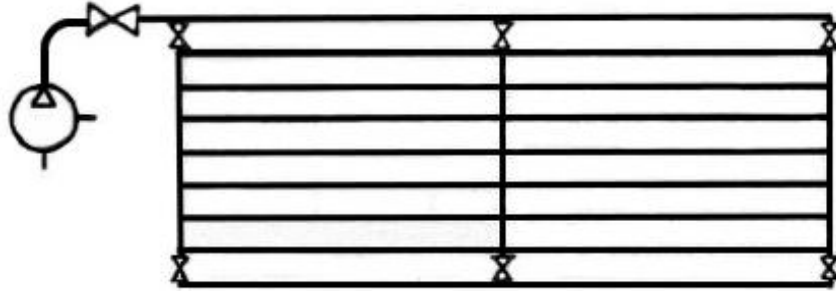


Figura 2.14.- Circuito múltiple.

Hay algunas cuestiones básicas que se tienen que cuidar al momento de realizar la instalación de una red de tuberías para un sistema neumático, por ejemplo:

- Si el espacio en que colocara el sistema permite una instalación aérea, será una mejor elección, ya que si se realizara de una forma subterránea no se tendrá ninguna ventaja, sin embargo si es aérea se podrán realizar inspección y mantenimientos más fáciles y rápidos.
- Se tendrá que realizar una correcta elección del camino que llevara la red, ya que hay que seleccionar los recorridos más cortos y tratar de que vallan lo más recto posible hacia el elemento consumidor de aire, por lo que hay que evitar demasiadas reducciones, accesorios en T, codos, etc., de lo contrario se tendrán demasiadas pérdidas de carga.
- Cuando se comience a realizar una instalación nueva, hay que contemplar que el sistema podría llegar a necesitar una ampliación posterior, por ello la tubería debería de ser elegida con un diámetro mayor a lo que el sistema exige al momento de calcular los diámetros necesarios, ya que de lo contrario se tendrán muchos gastos y problemas si se requiere ampliar dicho sistema.
- Hay que evitar colocar las tuberías cerca de otras instalaciones que conduzcan electricidad, vapor, gas, etc., ya que puede ocurrir un accidente entre ambas, o que si

algunas de estas tengan más o menos calor, el cual se transferirá hacia o desde la tubería de aire y así alterara la condensación de humedad y la tubería podría expandirse o contraerse.

- Si el circuito es abierto, se tiene la necesidad de inclinar las tuberías en un 2% o 3% en el sentido del flujo del aire (figura 2.15) para que de esa forma facilitar la circulación de las impurezas hacia los puntos de condensación y purga. Pero si el circuito es cerrado, no debe de existir dicha pendiente, ya que no se conoce el sentido de circulación, ya que dicho sentido dependerá de los consumos.
- También es buena práctica colocar válvulas de paso en los ramales principales y secundarios, para que así sea más fácil realizar alguna reparación o mantenimiento, sin la necesidad de detener todo el sistema.
- No se deben de colocar las tomas de aire de servicio o bajantes en la parte inferior de la tubería, ya que de esa forma los condensados y las impurezas serán llevadas a los elementos neumáticos conectados a estos. Por ello hay que colocar las tomas en lugares superiores a estos puntos, para evitar los condensados, y además ponerlas en las bajantes de forma lateral, colocando también en su parte inferior un grifo de purga o un drenaje.
- Considerar también si el sistema necesita un tratamiento de aire, ya sea si se necesite total o parcial, esto por medio de otros elementos, como secadores, filtros, etc., que se explicaran posteriormente.

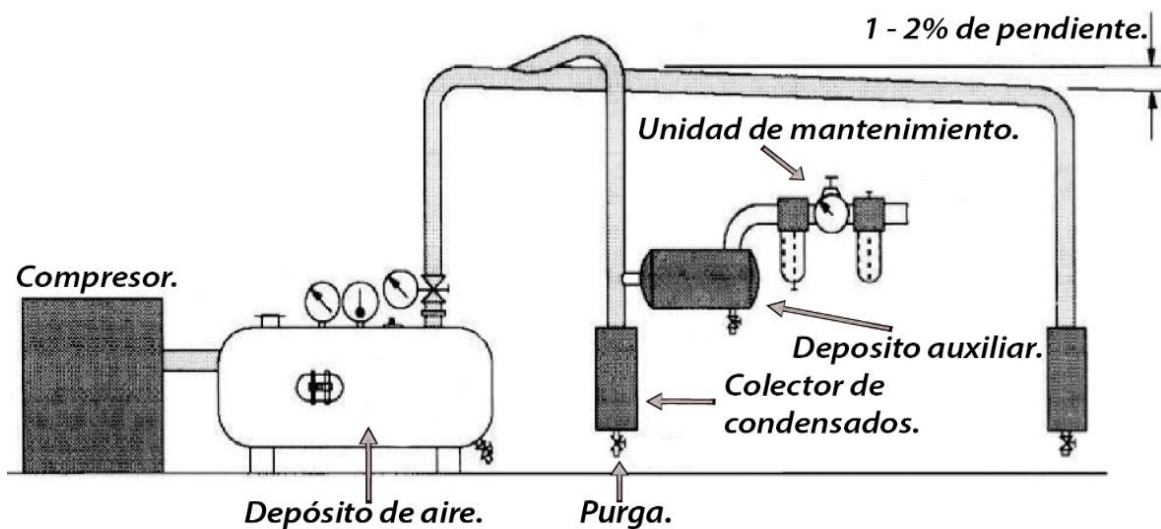


Figura 2.15.- Inclinación de la tubería.

En cuanto al tipo de material de que estarán hechas las tuberías, también hay que tomar ciertas medidas, como que el material tiene que poseer un bajo nivel de pérdida de presión, una resistencia a la corrosión, que se puedan realizar ampliaciones fácilmente y que posean una cierta estanqueidad adecuada, es decir, que pueda evitar fugas de aire. Hay dos tipos de materiales básicos para este tipo de tuberías, las cuales pueden ser de plástico o metal.

Hablando de las tuberías de plástico, se tienen ciertas ventajas, ya que al utilizar este tipo de tuberías, los costos de instalación se reducen, además que estas pueden ampliarse más fácilmente, además que posee una buena estanqueidad. Aunque su resistencia a ciertos accidentes suele ser muy baja, ya que al exponerse a situaciones que involucren fuerza o un calor intenso, estas tenderán a fallar más fácilmente.

Si se habla de tuberías de metal, que pueden ser de cobre o acero, se tiene la necesidad que para unirlos hay que soldarlas o utilizar uniones roscadas, lo cual conlleva un trabajo más extra y más detallado, de lo contrario puede ser contaminado por virutas, residuos de soldadura, impurezas, etc., con lo que conllevará a problemas futuros del sistema. Aunque al utilizar este tipo de materiales, se tiene una resistencia mucho mayor a ciertos accidentes, los cuales no pueden resistir los tubos de plástico.

Una red de tuberías para un sistema neumático también consta de diferentes tuberías, ya que existen las siguientes:

- Tubería principal: esta es la que inmediatamente sale del depósito, por lo cual conduce la totalidad del caudal producido, y de esta es la que parten las siguientes tuberías.
- Tubería secundaria: estas tuberías se derivan de la tubería principal, con lo que tendrán un caudal menor a la de la línea principal. Estas tuberías son las que se distribuyen hacia los lugares de trabajo, y de estas mismas se desprenden las tuberías de servicio.
- Tuberías de servicio: estas son las que se derivan de las tuberías secundarias, por lo tanto son las tuberías finales que alimentan a los equipos neumáticos llevando el caudal necesario para cada equipo.

Para poder realizar el cálculo de los diámetros de cada tubería, primeramente es necesario saber el caudal total que se necesitara, junto con la presión, para que posteriormente usando

algunas fórmulas y/o algunos nomogramas, poder calcular el diámetro mínimo. Pero también es importante conocer todas las conexiones de los tubos, las desviaciones, los codos, y demás accesorios, para así poder también calcular y conocer la pérdida de energía que se tendrá, ya que si llegase ser demasiado elevada, se tendrá un sistema muy deficiente; y entonces hay que dimensionar nuevamente toda la red de tuberías.

2.4.- Acondicionamiento del aire comprimido.

Debido a que el aire comprimido al momento en que es comprimido, también se comprimen todas las impurezas que se encuentran en el aire atmosférico, es necesario darle un cierto acondicionamiento o una “limpieza” al aire, dichas impurezas son partículas de polvo, hollín, hidrocarburos, gérmenes, vapor de agua, etc., a las cuales se les nombran impurezas, ya que estas no son deseadas dentro del aire comprimido. Pero no solo son las partículas presentes en el aire, ya que a estas se les suman otras que son creadas por el compresor, como polvo de abrasión por desgaste, aceites, aerosoles, oxido, residuos de soldadura, sustancias hermetizantes, etc. En la figura 2.16 se pueden observar algunas de estas impurezas, cuyo tamaño pueden ser de $1 \mu m$.

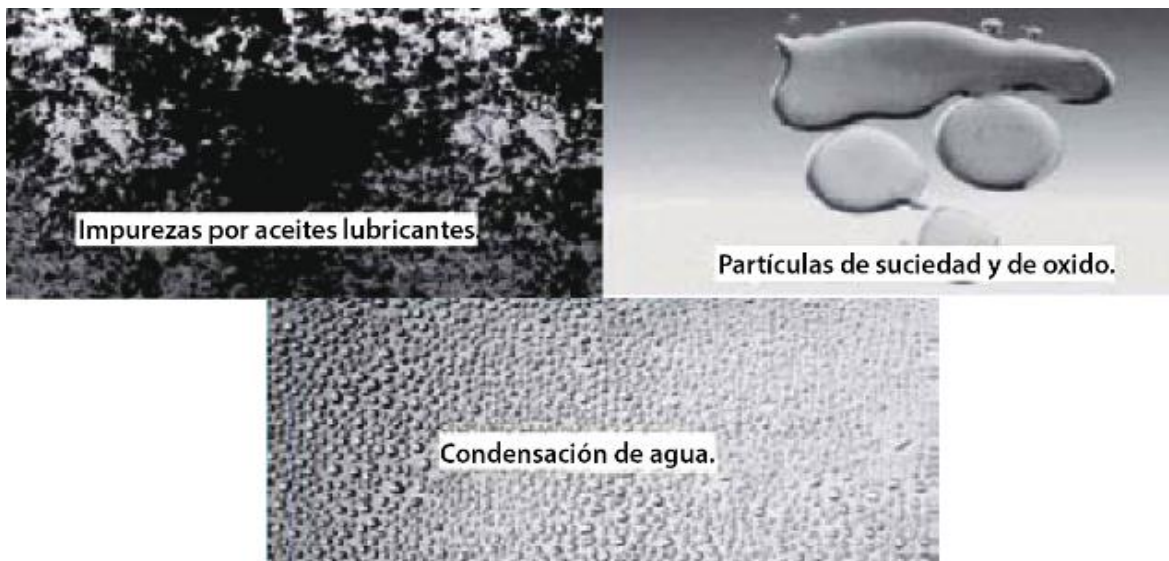


Figura 2.16.- Impurezas.

Todas las impurezas antes nombradas pueden producir ciertas descomposturas o averías, con lo que también irán desgastando más rápidamente los elementos neumáticos, ya que estas partículas pueden crear partículas más grandes, como puede ocurrir la mezcla de polvo y el

aceite, y así dañar las juntas y partes móviles. Por lo anterior es preciso eliminar estas partículas de los procesos de producción de aire comprimido, de los compresores y de la preparación para la alimentación directa de los dispositivos neumáticos.

Para realizar el acondicionamiento del aire se empieza desde la estación de compresión, es decir, desde en el momento en que el aire es succionado hacia la cámara de compresión, por ello se necesitan colocar los siguientes elementos al compresor:

- Un filtro de entrada, el cual retendrá las partículas más grandes de polvo que se encuentran suspendidas en el aire. Además, para que el filtro pueda durar más tiempo en operación, la aspiración del compresor deberá estar alejada de sitios en donde se produzcan demasiadas partículas no deseadas, como de pulidoras, lijadoras, etc.
- Tendrá que tener un buen medio de refrigeración, ya que los refrigeradores condensan gran parte del vapor de agua aspirado, por lo que también el compresor debería de ser colocado en el lugar más seco y fresco que se tenga disponible.
- También hay que colocar un acumulador en el cual se depositará el agua condensada que proviene de la refrigeración, pero también se depositará el aceite que viene del compresor.

Lo anterior fue una primera forma de tratar al aire comprimido, pero posteriormente hay que colocar ciertos dispositivos que aseguran más la calidad del aire, los cuales se colocan después del compresor, del depósito o antes de los puntos de utilización para así tratar de asegurar el mejor aire limpio y seco que se pueda. A continuación se describen algunos de estos dispositivos y en donde comúnmente se colocan:

- Primeramente se colocan los postenfriadores, los cuales se colocan después del compresor, y pueden ser del tipo: aire – aire o aire – agua, lo cual se refiere a su medio de refrigeración.
- Pasando de los postenfriadores sigue el depósito, donde a la salida de este se colocan los secadores de partículas, los cuales pueden ser del tipo: secado por adsorción, por absorción o por enfriamiento.
- Finalmente antes de llegar a los puntos de utilización del aire, se necesitan colocar filtros, reguladores y lubricantes, esto para mejorar aún más el aire comprimido, y así asegurar una vida útil más larga de los elementos neumáticos.

2.4.1.- Postenfriadores.

Con el postenfriador se da un primer tratamiento al aire comprimido que sale del compresor, para que de esa forma se pueda eliminar un 70% u 80% del agua y aceite contenidos en el aire, con la disminución de temperatura que dan estos elementos. Los postenfriadores son intercambiadores de calor, los cuales pueden utilizar aire o agua como fluido de refrigeración.

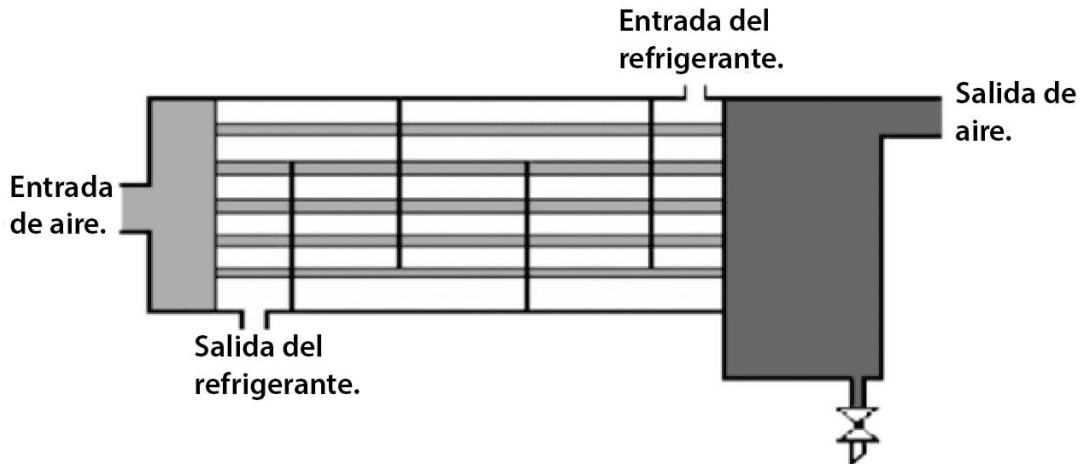


Figura 2.17.- Diseño básico de un postenfriador.

El diseño básico de estos elementos consiste en un haz de tubos dentro de una coraza (figura 2.17), de una sola pasada, con los flujos en sentido contrario. Hablando del caso de un postenfriador de aire – agua, el aire comprimido, fluido caliente, circula por el interior del haz de tubos, mientras que el agua, fluido frío, circula a contracorriente del aire comprimido por el exterior del haz tubular, por lo que únicamente son separados por la pared de tubo. Y al final del haz de tubos que lleva el aire, hay un separador de humedad integrado al mismo postenfriador, el cual sirve para separar el agua y aceite condensado durante el cambio de temperatura. Los postenfriadores son una muy buena inversión en cuanto a lo referente a reducir las altas temperaturas del aire comprimido, ya que se necesita enfriar el aire hasta alrededor de los 30 °C , antes de entrar a los secadores o a los filtros, de lo contrario se dañarían prematuramente estos elementos.

2.4.2.- Secadores.

Secadores frigoríficos. En este tipo de secadores, el método para la separación del agua se lleva a cabo por enfriamiento. El diseño elemental se muestra en la figura 2.18, donde se puede ver que el aire comprimido entra al secador proveniente del depósito, y primeramente

pasa por un primer intercambiador de calor, aire - aire, en donde recibe un preenfriamiento debido al aire frío y seco que sale ya del secador frigorífico.

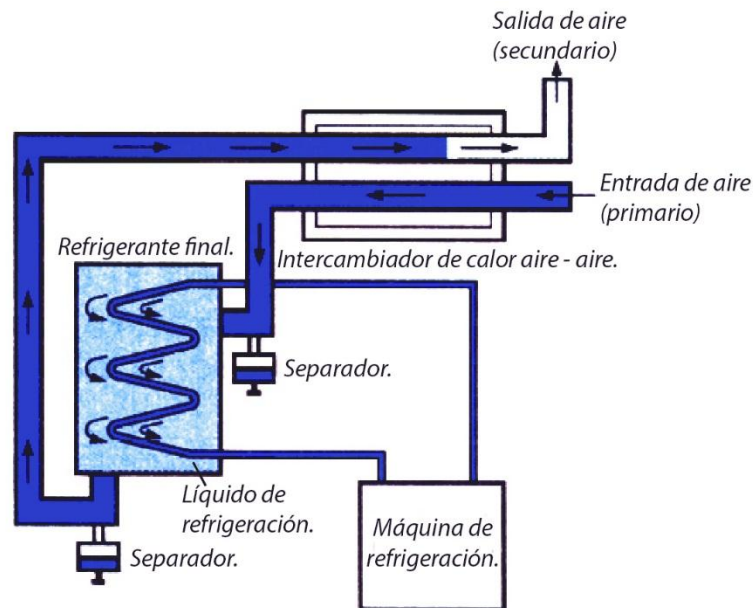


Figura 2.18.- Secador frigorífico.

Pasando el primer enfriamiento, el aire comprimido viajara hacia la cámara frigorífica, en donde es enfriado por medio de una transferencia de calor entre aire – refrigerante, así hasta alcanzar una temperatura de alrededor de los 1.5 °C y 2°C, para que con esto se pueda conseguir un punto de condensación (punto de rocío) adecuado, ya que se debería de mantener la temperatura de la red de tuberías superior a 3 °C, para que no se produzca una condensación fuera de los secadores. Además que si se quisiera obtener temperaturas menores en el secador, no serviría de nada y solo se obtendrían problemas, debido a que a temperaturas comienza la congelación de los condensados. Los condensados obtenidos durante el enfriamiento son llevados a un separador, para que así sean purgados en la purga automática. Pasando el aire comprimido de la cámara frigorífica, llega nuevamente al primer intercambiador aire – aire, pero en este ahora va saliendo pero siendo recalentado por el aire comprimido caliente que va llegando hacia el secador.

Secador por absorción. Durante este tipo de secado por absorción, la humedad es absorbida y disuelta por una sustancia química, por lo que este secado es puramente químico y a dicha sustancia se le nombra sustancia higroscópica. El secador se puede observar en la figura 2.19,

donde el aire comprimido se hace circular a través de la sustancia de elevada porosidad, con lo que el vapor de agua forma una emulsión agua – sal que se va dirigiendo hasta el fondo del depósito en donde es purgado.

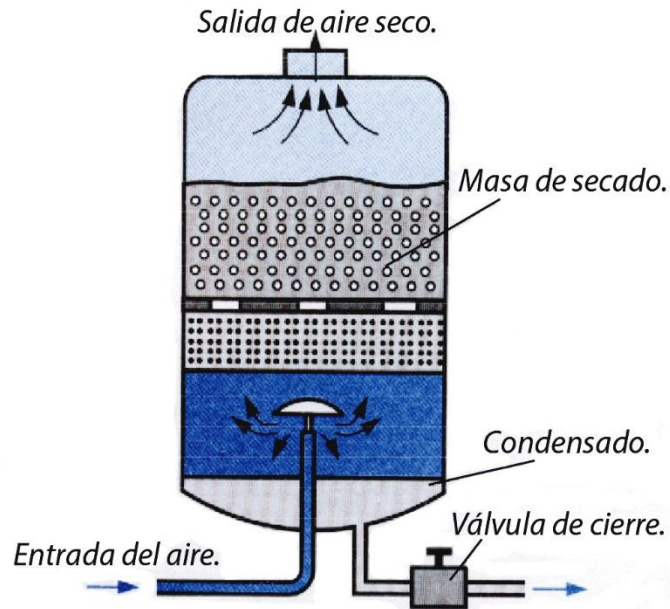


Figura 2.19.- Secador por absorción.

Mientras tanto el aire que paso a través del secado es ahora una aire muy seco, ya que si por ejemplo, una sustancia química de NaCl consume una razón de 1 kg de sal por cada 13 kg de condensado, con lo que se puede obtener un aire muy seco a un punto de rocío a presión atmosférica de entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pero este tipo de sustancias química llegan a saturarse y/o a consumirse, por lo que hay que cambiarlas periódicamente, aunque hay diferentes tipos de sustancias como son: el ácido sulfúrico, sal de magnesio hiperacidificado, alúmina, glicerina, etc. que tienen sus propias características.

Secadores por adsorción. Estos tipos de secadores realizan el secado a través de un medio adsorbente sólido, el cual se funde y se licua al momento de retener el vapor de agua del aire comprimido, pero este adsorbente es de naturaleza regenerable, ya que como se observa en la figura 2.20, gracias a su diseño en un ciclo de adsorción, el vapor de agua contenido en el aire es eliminado en un segundo ciclo de desadsorción, ya que este adsorbente es sometido a un adecuado proceso de regeneración o secado.

Como se ve los secadores están compuestos por dos torres gemelas de adsorción, las cuales se encuentran llenas del adsorbente, el cual tiene la capacidad de retener la humedad mientras está en operación y después liberar dicha humedad durante la fase de regeneración, por lo que el equipo puede trabajar de una forma continua sin ninguna interrupción en el caudal. Según el tipo de adsorbente que se use se pueden llegar a alcanzar puntos de condensación de hasta $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

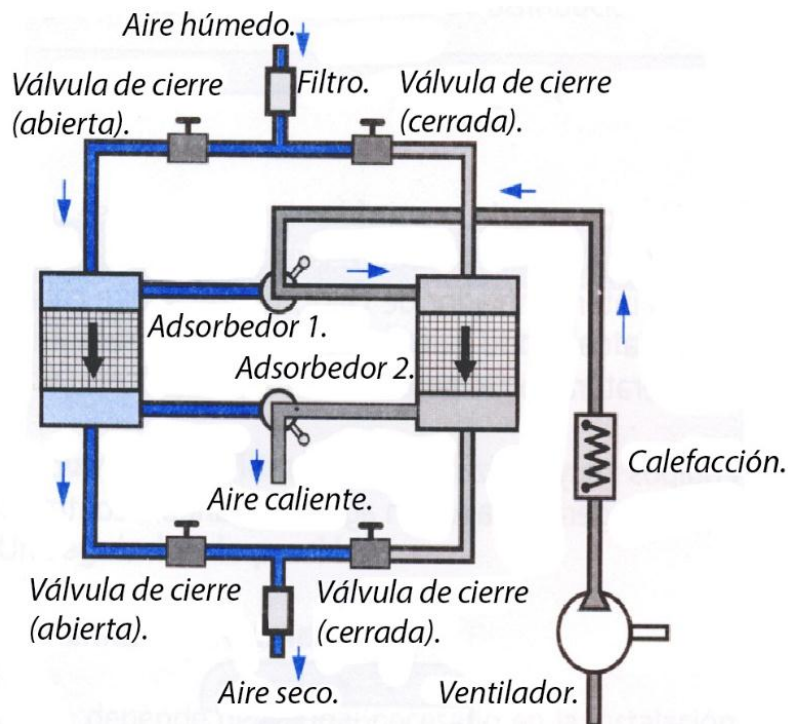


Figura 2.20.- Secadores por adsorción.

2.4.3.- Tratamiento final del aire.

Es muy recomendable la colocación de una unidad de mantenimiento, el cual asegura un correcto tratamiento final del aire comprimido, el cual consta de filtro – regulador – lubricador, los cuales pueden llegar también a tener un manómetro y un drenaje automático. Casi siempre los elementos neumáticos recomiendan este tipo de unidades de mantenimiento, debido a que el aire comprimido que viene de la red general, como se ha dicho, puede además de tener impurezas absorbidas del aire atmosférico, también puede contener otras impurezas procedentes de la red de tuberías como son polvos, residuos de oxidación, finas partículas de aceite, cascarillas de tubería, etc.

Aunque es cierto que con una buena instalación de la red de tubería, una parte de las impurezas se separan en los recipientes de condensación, pero hay algunas que son más difíciles, las cuales son arrastradas por el aire comprimido, teniendo como consecuencia que estas funcionarán como un abrasivo para los elementos neumáticos y así incrementar el desgaste de las juntas y de los componentes, la deformación de las juntas, producir corrosión o atasco de las válvulas. Por lo anterior se ve la necesidad de una unidad de mantenimiento que pueda disminuir este problema. Esta unidad de mantenimiento no debe de colocarse a más de 5 m del dispositivo neumático, ya que de lo contrario se precipitarán las partículas de aceite en la tubería, provenientes de los lubricadores.

Filtros.

El primer elemento de la unidad de mantenimiento es el filtro, figura 2.21 (1.- Ranura directriz, 2.- Carcasa del filtro, 3.- Cartucho filtrante, 4.- Purga de condensación), el cual sirve para poder separar del aire comprimido circulante las impurezas y del agua en suspensión, por lo que consta de un separador de agua y un filtro combinado. Su funcionamiento es el siguiente: al momento en que el aire entra en la carcasa del filtro por medio de las ranuras guía, es puesto en rotación, lo cual eleva la velocidad de circulación, lo cual proyecta las gotas de agua aun presentes por un efecto centrífugo.

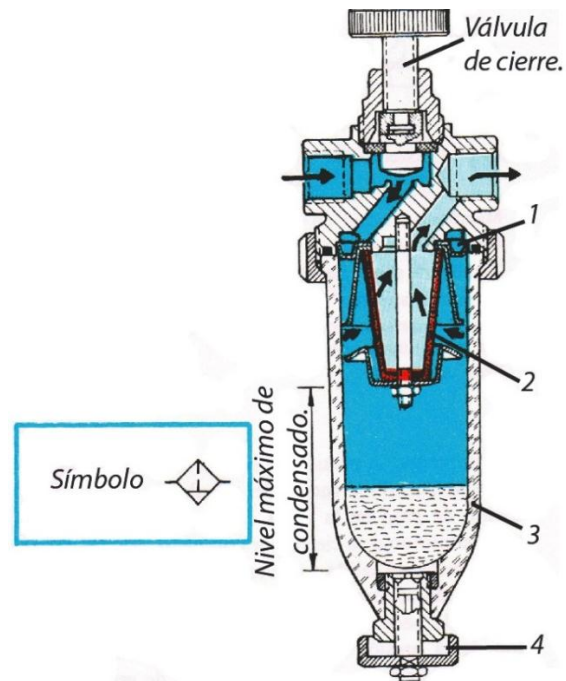


Figura 2.21.- Filtro de aire comprimido.

El agua condensada que contiene partículas de suciedad, es recogida en la parte inferior de la carcasa del filtro y también es evacuada o purgada al alcanzar una marca máxima de condensado, ya que de no hacerlo, tanto el agua como la suciedad, serán nuevamente llevados por el aire comprimido. La abertura de los poros del cartucho filtrante deben estar comprendidos entre los 0.02 y 0.05 mm, con lo que las partículas sólidas mayores a este rango son retenidas por el cartucho, y mientras valla pasando el tiempo, éste se empezara a tapar debido a las partículas sólidas. Por lo anterior el cartucho filtrante se tiene que limpiar o cambiarse periódicamente.

El tamaño del filtro que se requiere para una cierta aplicación específica depende de dos factores:

- Del caudal máximo de aire comprimido utilizado por el equipo neumático.
- De la caída de presión máxima aceptable para la aplicación.

De estos puntos, los fabricantes suelen dar diagramas de caudal/presión para así brindar una correcta selección del tamaño del filtro.

Reguladores.

Debido a que el compresor no brinda una presión constante, las oscilaciones que existen en la tubería inducen negativamente en las acciones de las válvulas, en la velocidad del cilindro, la regulación del tiempo de las válvulas, etc. además que comúnmente la presión que se suele usar en los elementos neumáticos son inferiores a las que existen en las tuberías, ya que en la práctica se han encontrado que tener una presión de servicio de entre 6 y 8 bar, ha dado una buena eficiencia, un menor deterioro y por ende una mejor rentabilidad.

Las funciones del regulador son:

- Evitar las sobrecargas de presión provenientes del compresor.
- Tener una presión relativamente constante en los equipos.
- Independizar los equipos instalados a lo largo del sistema.
- Evitar el consumo excesivo del aire comprimido, debido a presiones mayores no deseadas.

El funcionamiento del regulador es el siguiente: la válvula de presión regula la presión secundaria mediante una membrana (1), figura 2.22, donde una de las caras de la membrana

es impulsada por la presión de salida, mientras en la otra parte se coloca un muelle (2), donde su fuerza es regulable por medio de un tornillo de ajuste (3), para poder así manipular la presión secundaria. Al momento en que la presión de salida aumenta, la membrana se mueve venciendo la fuerza del muelle, con lo que la sección de paso en la junta de la válvula variará de modo continuo o puede cerrarse completamente, para así lograr la regulación de la presión a base de regular el caudal. Lo anterior implica que la regulación es un abrir y cerrar de la válvula, por lo que para que no se den fenómenos de vibración, se coloca sobre el plato de la válvula (6) un sistema de amortiguación por aire o por resorte (5). Puede que los reguladores posean un orificio de escape, con el cual la presión más alta establecida es purgada al exterior, para así alcanzar la presión deseada.

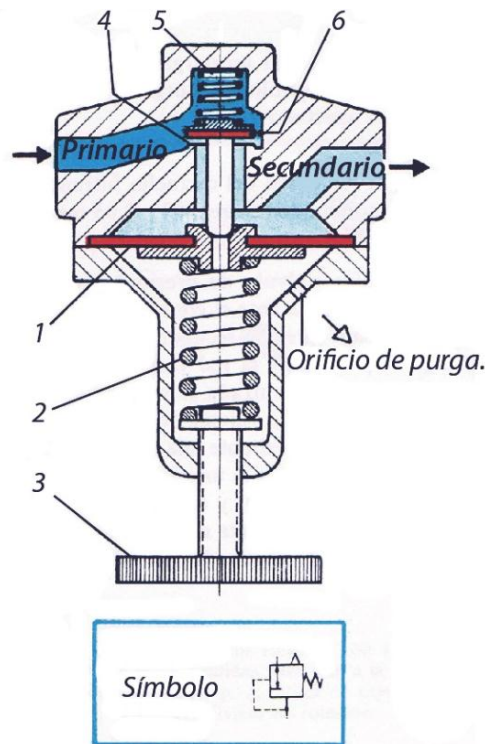


Figura 2.22.- Regulador.

Lubricantes o engrasador.

Este elemento tiene la función de suministrar el lubricante necesario a los aparatos neumáticos, donde el lubricante debe de estar presente en forma de una niebla oleosa fina, para así evitar que se precipite en elementos muy grandes. Se tiene que poner atención en saber cuáles son las indicaciones de los valores de circulación mínimos recomendados del

fabricante para el engrasador, además que usar los aceites también recomendados. El aire comprimido solo tiene que estar lubricado para cuando se necesiten operar con movimientos de muy alta velocidad, o cuando los cilindros tengan un gran diámetro.

En la figura 2.23 se puede observar la forma de un engrasador, donde su función es cuando el aire circula de P_1 a P_2 , donde una válvula reguladora H hace que una parte del aire circule a través de la tobera C hacia E en el depósito de aceite, en donde el aire se satura de aceite y por la acción de la sobrepresión en el depósito E y el efecto de aspiración (por la baja presión) en C , el aire circula desde el depósito E a través del tubo de plástico L y aparece en el recinto D en forma de goteo. Mediante el tornillo de ajuste K se pueden ajustar las gotas de aceite por unidad de tiempo. En la salida F se consiguen una desviación del aire saturado de aceite, por lo que las gotas gruesas caen en el depósito E y la niebla oleosa para a la corriente de aire a través de G hacia P_2 , donde se mezcla con el aire circulante en una proporción que es función de la fuerza del resorte de la válvula de regulación y de la diferencia de presión entre P_1 Y P_2 .

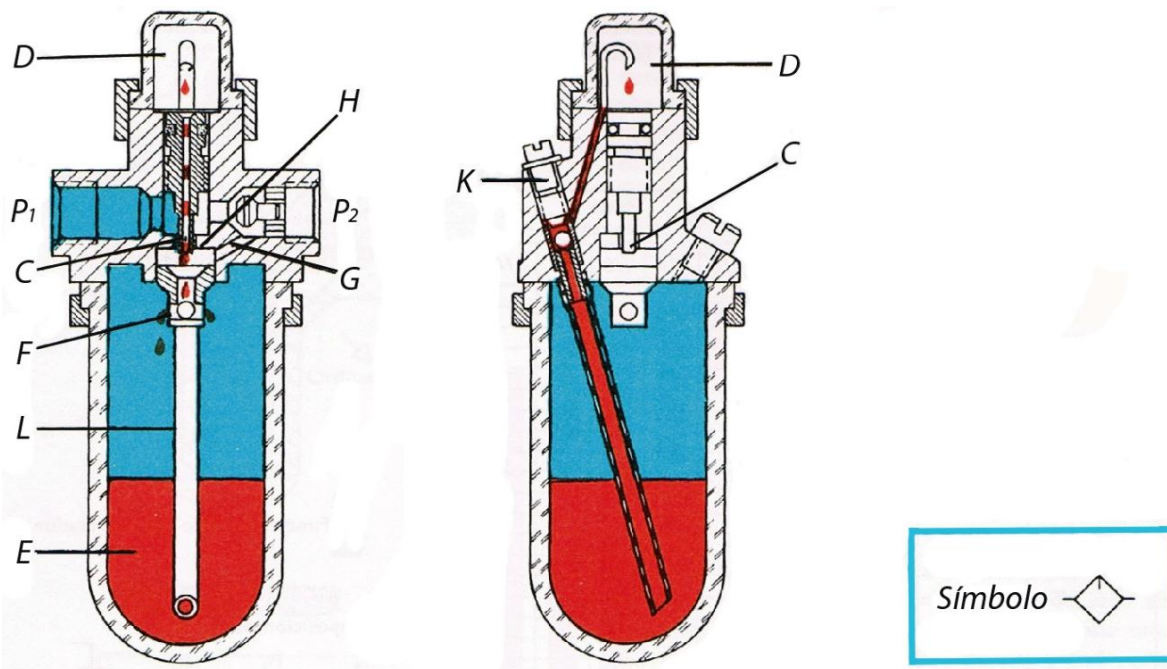


Figura 2.23.- Lubricador.

2.5.- Actuadores.

El cilindro de aire comprimido o actuador neumático es un elemento productor de trabajo, el cual usa el aire comprimido para generar un movimiento rectilíneo de avance y retroceso, también llamados carrera de avance y carrera de retroceso, respectivamente, mediante la transformación de la energía estática (energía neumática del aire comprimido) en trabajo mecánico, a consecuencia de la reducción de la sobrepresión del aire hasta alcanzar la presión atmosférica exterior.

En el campo de la neumática, estos elementos son de los más usados, debido a que son muy versátiles, aunque existan los actuadores rotativos, motores, pinzas, etc., no han logrado desplazar a este elemento. Existen muchas configuraciones para estos elementos, algunos siendo diseñados para una sola aplicación específica, pero se pueden dividir en dos clases: los cilindros de simple efecto y los de doble efecto.

Cilindros de simple efecto.

Este tipo de cilindro son nombrados así debido a que solo pueden producir trabajo en una sola dirección, ya que estos reciben el aire comprimido por una de sus recamaras, que es la que comúnmente hace el trabajo, para así desplazar el vástago, mientras que el retroceso del vástago se realiza ya sea por medio de la acción de un resorte, por la gravedad o una fuerza en contra del vástago. Existen diferentes construcciones para este tipo de cilindros, como los siguientes:

Cilindro de membrana: este tipo de cilindro está conformado por una goma dura (ebonita), de plástico o de metal, la cual se encuentra tensa y posicionada entre dos láminas metálicas abombadas, tal y como se observa en la figura 2.24, el émbolo está sujeto al centro de dicha membrana.

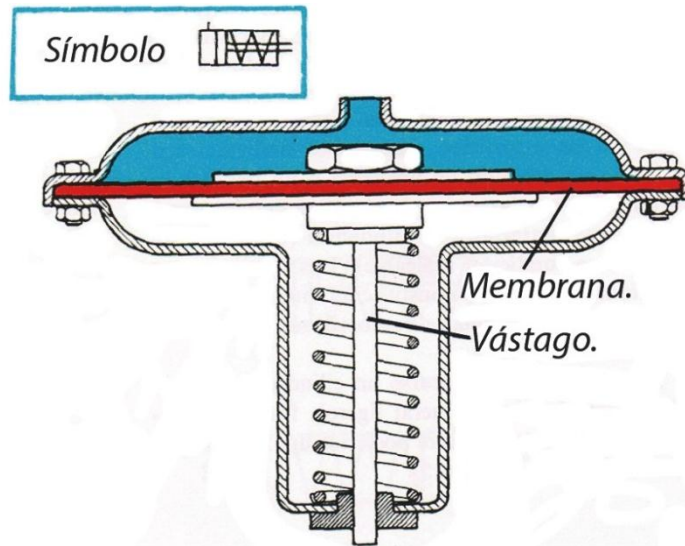


Figura 2.24.- Cilindro de membrana.

Pero dicho embolo no se limita a esa forma, ya que se puede ver en la figura 2.25 que el embolo puede tomar una forma plana para que así sea una superficie de sujeción. Una característica de estos cilindros de membrana es que solo pueden realizar carreras cortas, siendo desde unos mm hasta alrededor de 50 mm. Como se ha dicho, los cilindros de simple efecto realizan su carrera de retorno por medio de un resorte o en ocasiones donde la carrera es corta, el retroceso se logra por medio de la membrana. Estos tipos de cilindros son comúnmente usados en procesos de sujeción.

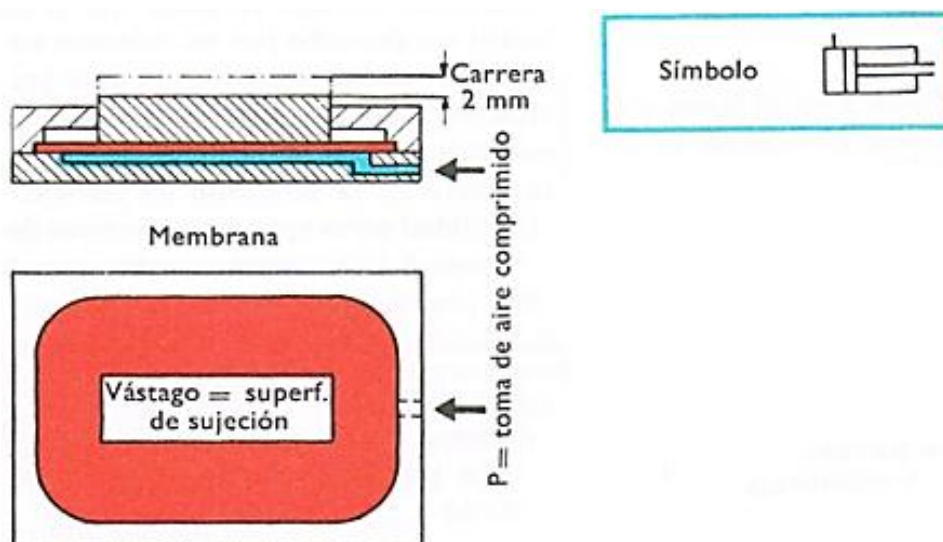


Figura 2.25.- Cilindro de membrana, diferente forma.

Cilindros de membrana arrollable: este tipo de cilindros son semejantes al anterior, como se muestra en la figura 2.26 su diferencia es que su membrana es más grande, con lo que al momento de entrar aire, esta membrana podrá deslizarse hacia junto con el vástago, consiguiendo de esa manera carreras más largas, alcanzándose hasta los 80 mm. Los materiales del que están hechas las membranas aseguran una larga duración en condiciones normales de trabajo, ya que si la membrana sufre algún tipo de daño, como una fisura o un corte, estas se averiaran más rápidamente.

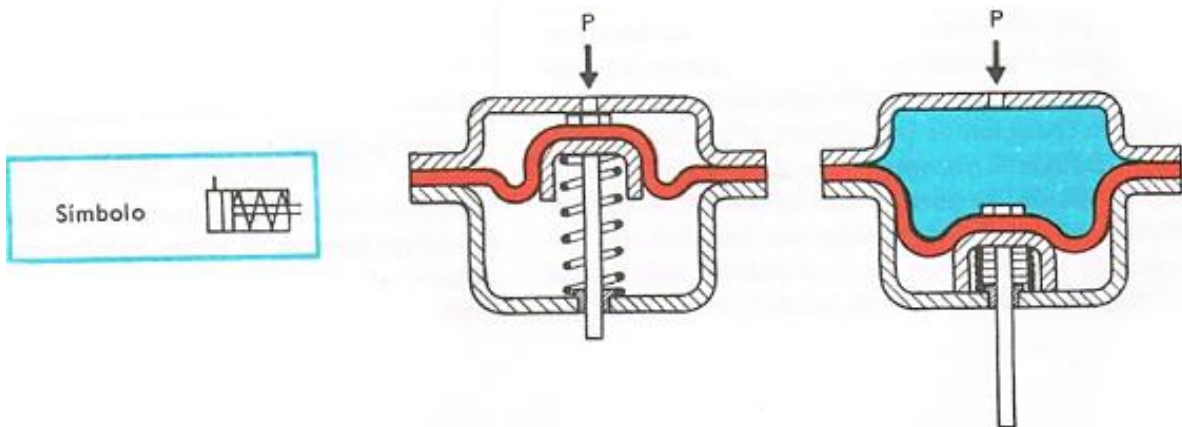


Figura 2.26.- Cilindro de membrana arrollable.

Cilindro de émbolo de simple efecto: estos se diferencian de los anteriores debido a que no tienen una membrana, sino que estos se constituyen de los siguientes elementos: 1.- Cuerpo del cilindro, 2.- Pistón en forma de vaso, 3.- Vástago, 4.- Muelle, 5.- Guía del vástago, 6.- Tapa anterior, P: toma de aire comprimido; figura 2.27.

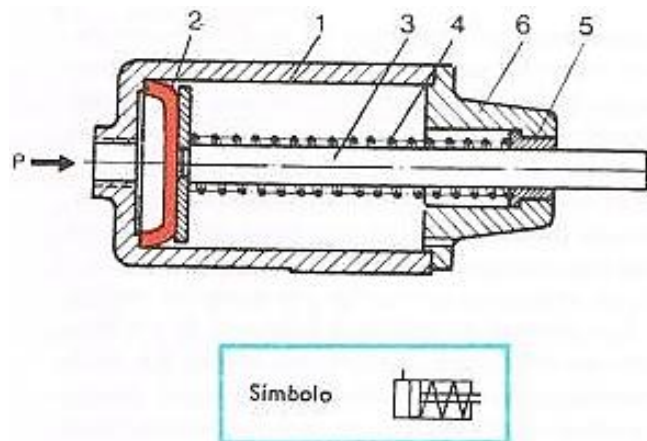


Figura 2.27.- Cilindro de simple efecto.

Comúnmente el cilindro se fabrica de tubos de acero estirado sin soldadura, cuyas superficies interiores de deslizamiento se le dan un acabado de precisión o rectificado (bruñido). Las tapas de cierre se fabrican de materiales de fundición (fundición de aluminio o fundición maleable), al igual que sus otras partes restantes, pero algunos fabricantes prefieren utilizar otros materiales para los componentes individuales de los cilindros.

En estos cilindros el aire comprimido también solo actúa en una cara del embolo, con lo que se produce solo trabajo en un sentido y dependiendo de la configuración del cilindro, puede realizar un movimiento de tracción (posición de partida con el vástago desplazado, trabaja al recoger el vástago), o ejercer una presión (posición de partida con el vástago recogido, trabaja al extraer el vástago del émbolo). Como se dijo, la carrera de retroceso o retorno se realiza gracias a un resorte o mediante fuerzas ejercidas al vástago. La fuerza de los resortes está calculado de tal manera que sea aproximadamente de entre el 10 y el 15% de la fuerza del vástago a 6 kp/cm^2 . Por ello no debe colocarse ninguna fuerza a la carrera de retroceso. Una de las ventajas de estos cilindros es que solo necesitan la mitad del aire que utilizan los cilindros de doble efecto de tamaños similares.

Cilindros de doble efecto.

Se le nombra de doble efecto porque puede producir trabajo en los dos sentidos del movimiento, debido a que posee dos tomas para el aire comprimido localizadas en ambos lados del émbolo. Este está constituido de las siguientes partes: 1.- Tapa trasera, 2.- Juntas estáticas en las tapas, 3.- Tubo o camisa, 4.- Juntas estáticas en el pistón, 5.- Junta dinámica en el pistón, 6.- Pistón, 7.- Vástago, 8.- Junta dinámica en el vástago, 9.- Tapa delantera, 10.- Junta (anillo rascador). Los números 2, 4, 5 y 8 sirven para conseguir la estanqueidad, mientras que el número 10 sirve para limpiar el vástago de impurezas de polvo y suciedad, las cuales adquiere cada vez que avanza y se pone en contacto con el exterior. En la figura 2.28 se puede ver un cilindro de doble efecto.

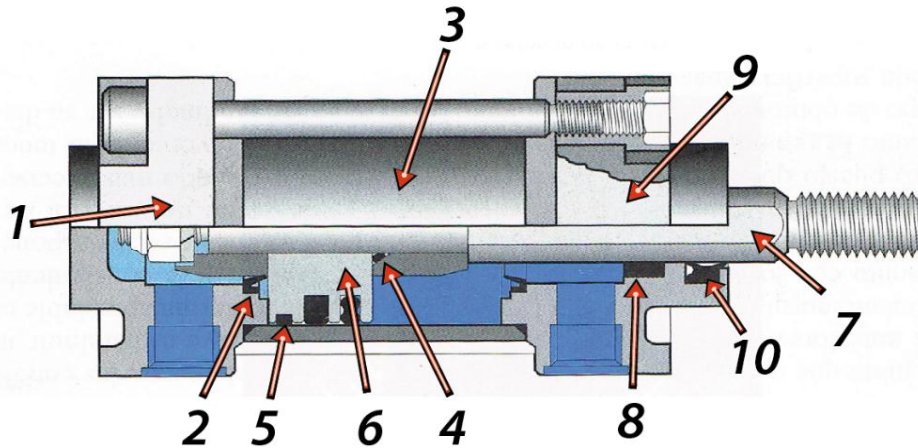


Figura 2.28.- Cilindro de doble efecto.

El funcionamiento de estos cilindros es el siguiente: para hacer avanzar el vástago, el aire comprimido pasa por el orificio de la cámara trasera, haciendo que se llene y así hacer que le vástago avance, mientras que el aire de la cámara delantera es desalojado al exterior a través de su orificio correspondiente. El retroceso se realiza solo invirtiendo el proceso, es decir, el aire ahora tiene que entrar por el orificio de la cámara delantera y el aire en la cámara trasera debe también ser desalojado.

De las características que debe contar un cilindro de doble efecto para tener un funcionamiento eficaz son:

- Tener un rozamiento interno lo más bajo posible.
- Su instalación sea lo más simple y rápida posible.
- Que su vida útil sea lo más largo posible.
- Que pueda ser utilizado con o sin lubricación.
- Que posea resistencia a esfuerzos de tracción, compresión, así como a la temperatura sin tener ninguna deformación.
- Gran capacidad de amortiguación.
- Posibilidad de detectar su posición de carrera.

Un tema importante sobre los cilindros es la *amortiguación*, la cual es requerida para cuando existen velocidades muy elevadas debido a que estas provocan choques bruscos, ruido excesivo, un rápido deterioro de algunas partes. Esta amortiguación se logra dentro del mismo cilindro, la cual consiste en crear un colchón de aire con escape regulable al final de

la carrera, donde dicho aire es evacuado lentamente a través de una restricción regulable. Aunque algunos cilindros de tamaño pequeño tienen una amortiguación fija por medio de amortiguadores elásticos de goma.

En la figura 2.29 se puede observar el funcionamiento de la amortiguación por aire, se observa el orificio de salida normal, el cual es cerrado en el momento en el que el casquillo de amortiguación 1 entra en la junta de amortiguación 2, haciendo que el aire solo pueda escapar a través del orificio de restricción regulable 3. El aire que queda atrapado se comprime a una presión relativamente elevada que absorbe la inercia del émbolo, pero la zona de amortiguación debe ser lo más corta posible, ya que cuando inicia la carrera contraria, la junta de amortiguación sirve como una válvula antirretorno, la cual restringe el flujo de aire y retrasa la aceleración del émbolo.

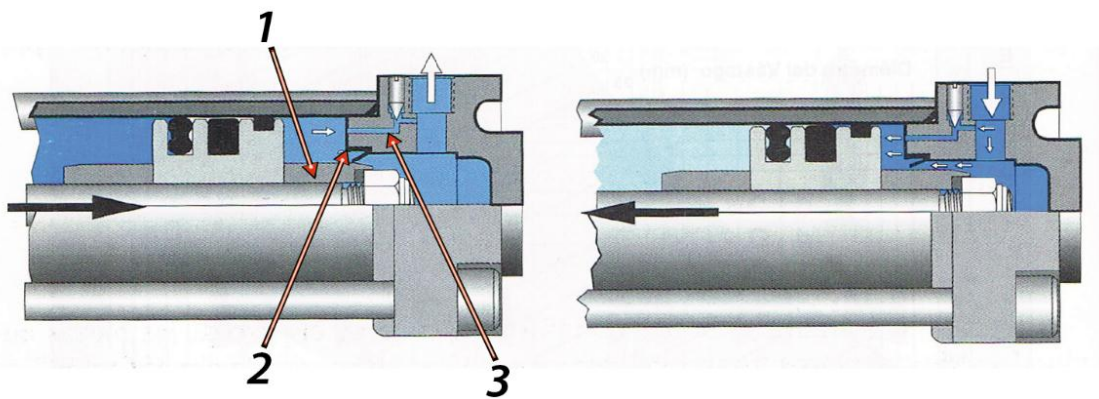


Figura 2.29.- Amortiguación por aire.

Fijación de los cilindros: para que tengamos un modo de sujetar los cilindros, los fabricantes suelen dar diferentes soluciones o posibilidades, ya que deben de satisfacer los movimientos a los que estará sujeto el cilindro, ya que pueden ser oscilantes, por ello se muestran en la figura 2.30 algunas formas más comunes para fijar los cilindros, las cuales dependerán del fabricante y del tipo de cilindro.

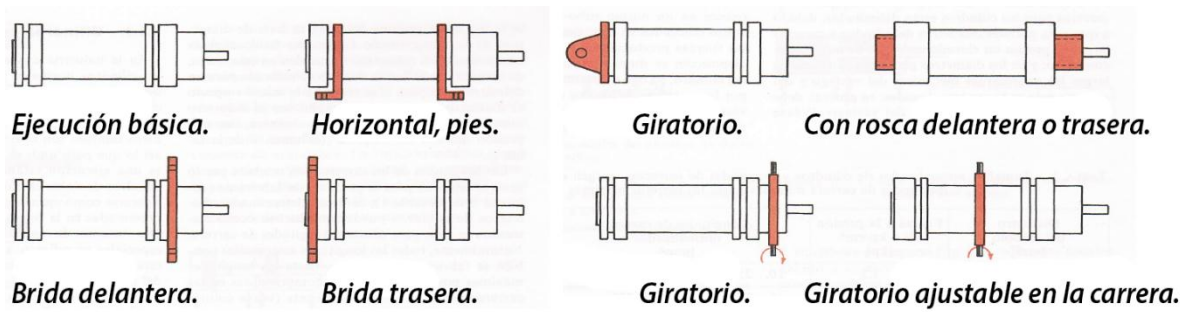


Figura 2.30.- Fijación de los cilindros.

Cilindros especiales: hay ocasiones en que se necesitan que los cilindros tengan ciertas propiedades o formas especiales, esto es para que puedan llevar a cabo una función más específica, ya que como se puede ver en la figura 2.31, algunos refuerzan su vástago, sus superficies expuestas haciéndolas más resistentes a algunas sustancias o a altas temperaturas, o haciendo las superficies también de otros materiales como cromo o de latón.

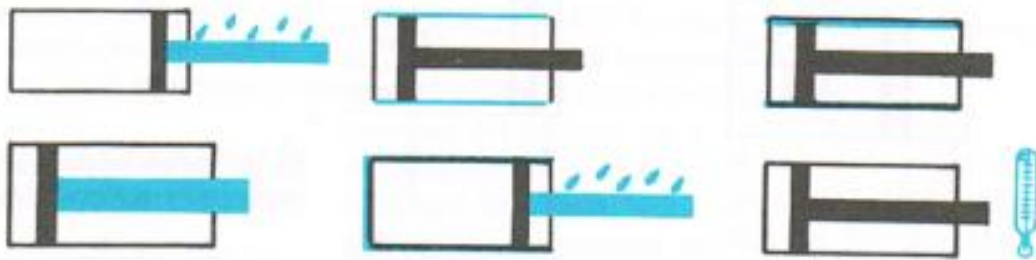


Figura 2.31.- Cilindros especiales.

Pero los anteriores cambios no cambian significativamente su forma, pero hay otras modificaciones que si lo hacen. A continuación se muestran algunas de estas configuraciones especiales que más se suelen usar:

Cilindro de doble vástago: como su nombre lo indica, posee dos vástagos para un solo cilindro, figura 2.32, donde el desplazamiento que suele interesar es el que produce el cilindro o camisa cuando están sujetos ambos vástagos.

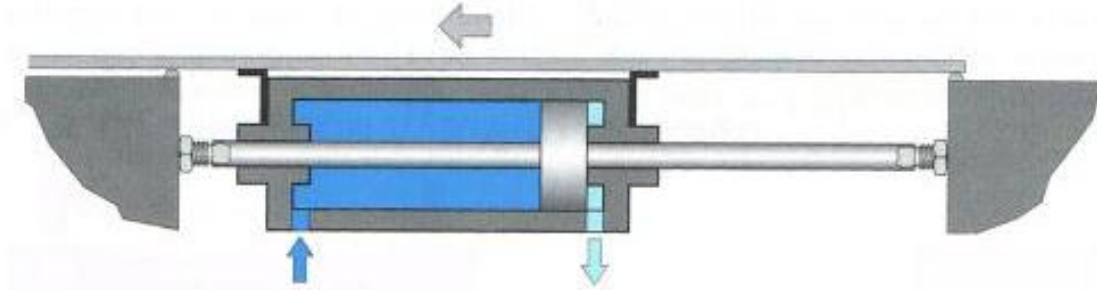


Figura 2.32.- Cilindro de doble vástago.

Cilindro tándem: este cilindro consta de dos cilindros de doble efecto, los cuales están unidos por un mismo vástago, por lo que al momento de presurizarlos, la fuerza resultante en el vástago exterior es casi del doble que el de un cilindro común de simple o doble efecto; la figura 2.33 muestra este cilindro.

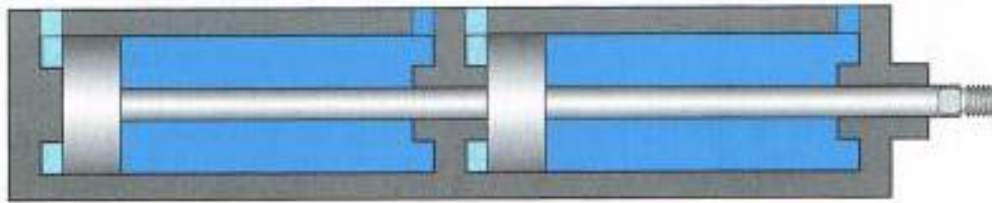


Figura 2.33.- Cilindro tándem.

Cilindro multiposicional: si se llegasen a necesitar tener 3 o más posiciones para un vástago, es posible tener una configuración como la que se muestra en la figura 2.34 donde se puede ver que al tener un cilindro tándem con los vástagos de diferentes tamaños, se pueden lograr tener tres posiciones diferentes.

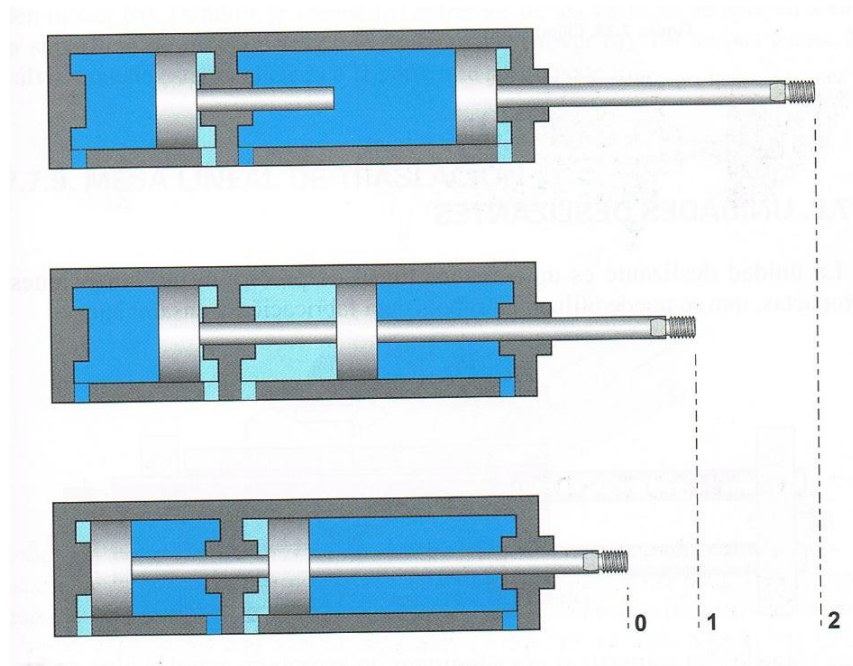


Figura 2.34.- Cilindro multiposicional.

Cilindro con vástago anti giro: debido a que los vástagos suelen ser de forma cilíndrica, estos tenderán a girar fácilmente sino llegan a tener guías que impidan esto, por lo que cuando es necesario que los vástagos no giren, se realizan modificaciones a los cilindros normales, por ejemplo, se realizan los émbolos en forma ovalada, lo que ocasiona que el actuador tenga una cubierta exterior rectangular, mas plana y con la condición especial de anti giro, tal y como se puede observar en la figura 2.35.

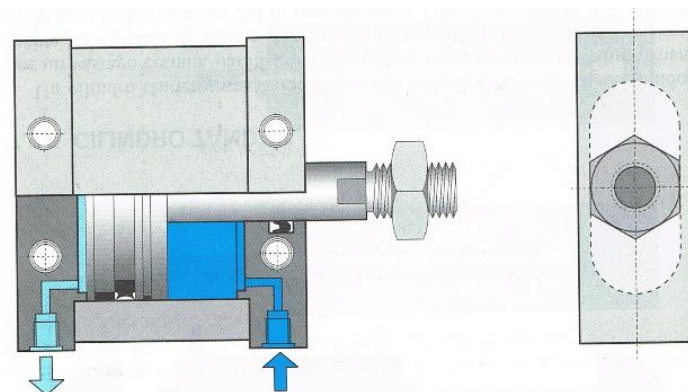


Figura 2.35.- Cilindro con vástago anti giro.

Cilindros sin vástago: estos cilindros fueron hechos debido a que un cilindro normal, al momento de realizar su carrera, estos casi duplican su longitud, ocasionando que ocupen demasiado espacio, por ello los cilindros sin vástago suelen tener carreras más largas con un menor espacio, las cuales pueden sobrepasar el metro en casos especiales. Existen dos categorías generales de este tipo de actuadores:

Cilindro sin vástago de transmisión mecánica o de bandas: este se compone de los siguientes elementos: 1.- Carro portacarga: transmite y soporta los esfuerzos, 2.- Brida: es la que une tanto el carro portacarga y el émbolo, 3.- Junta de caucho: se encarga de crear la estanqueidad del cilindro, 4.- Vástagos o machos: producen la estanqueidad en las cámaras regulables, 5.- Tapas laterales: es donde se montan los vástagos, 6.- Cuerpo del cilindro: hecho normalmente de aluminio, teniendo la ranura longitudinal, en la cual se lleva el movimiento, 7.- Émbolo. La figura 2.36 muestra a este tipo de cilindro.

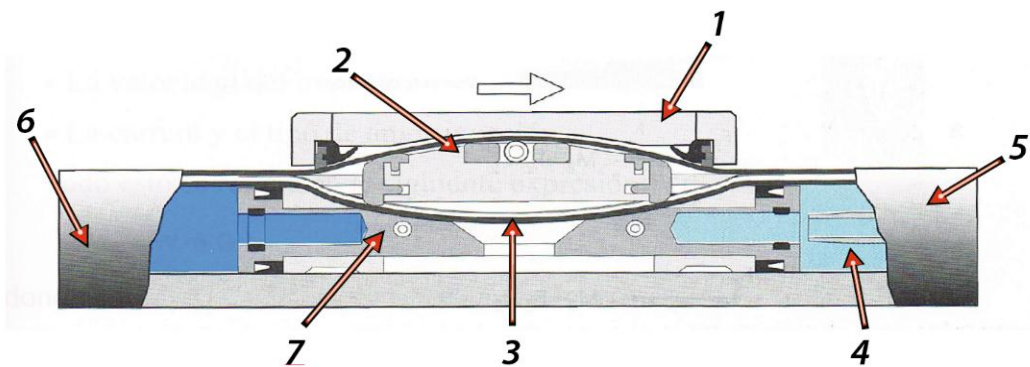


Figura 2.36.- Cilindro sin vástago de transmisión mecánica.

Cilindro sin vástago de transmisión magnética: consta de los siguientes elementos: 1.- Tubo de acero inoxidable magnético, 2.- Corredera: es la que transmite y soporta las cargas, 3.- Imanes permanentes en la corredera y en el pistón: son los que proporcionan la función de acoplamiento entre el émbolo y la corredera, 4.- Casquillos guías, 5.- Anillos rascadores, 6.- Juntas de estanqueidad, (figura 2.37):

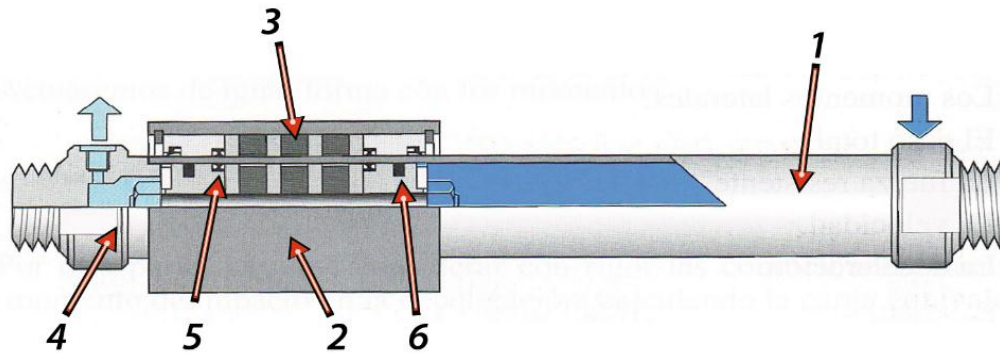


Figura 2.37.- Cilindro sin vástago de transmisión magnética.

Estos cilindros sin vástago suelen tener cargas excéntricas, con lo que implican realizar un análisis cuidadoso de diferentes factores, como son: los momentos laterales, el peso total, la fuerza resistente, la velocidad y la desaceleración.

Cálculos para los cilindros.

Hay algunos cálculos muy básicos que son útiles al momento de buscar o seleccionar algún cilindro, ya que hay que tener algunas aproximaciones de forma práctica y rápida las fuerzas desarrolladas por el cilindro, el consumo de aire, el cálculo del vástago para evitar flexiones, entre otros.

Calculo de fuerza: la fuerza que desarrolla un cilindro depende tanto de la presión del aire, de la sección del émbolo y del rendimiento o pérdidas por rozamiento en las juntas. Las fuerzas variaran según sea la carrera de avance o de retroceso o que si es de doble o simple efecto.

Para los cilindros de doble efecto, las fuerzas se obtienen por medio de las siguientes ecuaciones, donde la ecuación 2.1 es para el avance:

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 (p) (R) \dots (Ec. 2.1)$$

Donde:

F_a = Fuerza efectiva de avance.

D = Diámetro del cilindro en cm.

p = Presión del aire en bar o kp/cm^2

R = Rendimiento del cilindro.

El rendimiento si no se conoce directamente del fabricante, se pueden considerar de acuerdo a los diámetros como:

Para cilindros con un $D = 40$ mm o menor, $R = 0.85$

Para cilindros con un diámetro superior a $D = 40$ mm, $R = 0.95$

Para la carrera de retroceso se considera el diámetro del vástago, ya que este reduce el área donde puede ejercer fuerza la presión, y la fuerza se calcula así mediante la ecuación 2.2:

$$F_r = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)(p)(R) \dots \text{(Ec. 2.2)}$$

Donde:

$d =$ diámetro del vástago en cm.

En los cilindros de simple efecto, la carrera de avance es la que importa, ya que el retroceso se efectúa por medio del resorte y este toma importancia en la fuerza de avance, debido a que ejerce una fuerza contraria a la fuerza producida por la presión, lo cual se calcula con la siguiente ecuación 2.3:

$$F_a = \left(\frac{\pi}{4}(D^2)(p)(R) \right) - F_a \dots \text{(Ec. 2.3)}$$

Donde:

$F_a = (k)(x)$, fuerza del resorte, (N)

$k =$ constante del resorte, (N/m)

$x =$ Elongación del resorte, (m)

Aunque hay ocasiones en que algunos fabricantes facilitan diagramas como el mostrado en la figura 2.38 en donde basta conocer el diámetro y la presión para saber la fuerza producida por algunos cilindros. Pero también es cierto que para tomar en consideración todas las pérdidas que se tienen en cuanto al aire comprimido, se puede también quitar entre un 3% y un 10% a la fuerza obtenida teóricamente, ya que así se podría asegurar más la fuerza real producida por el cilindro.

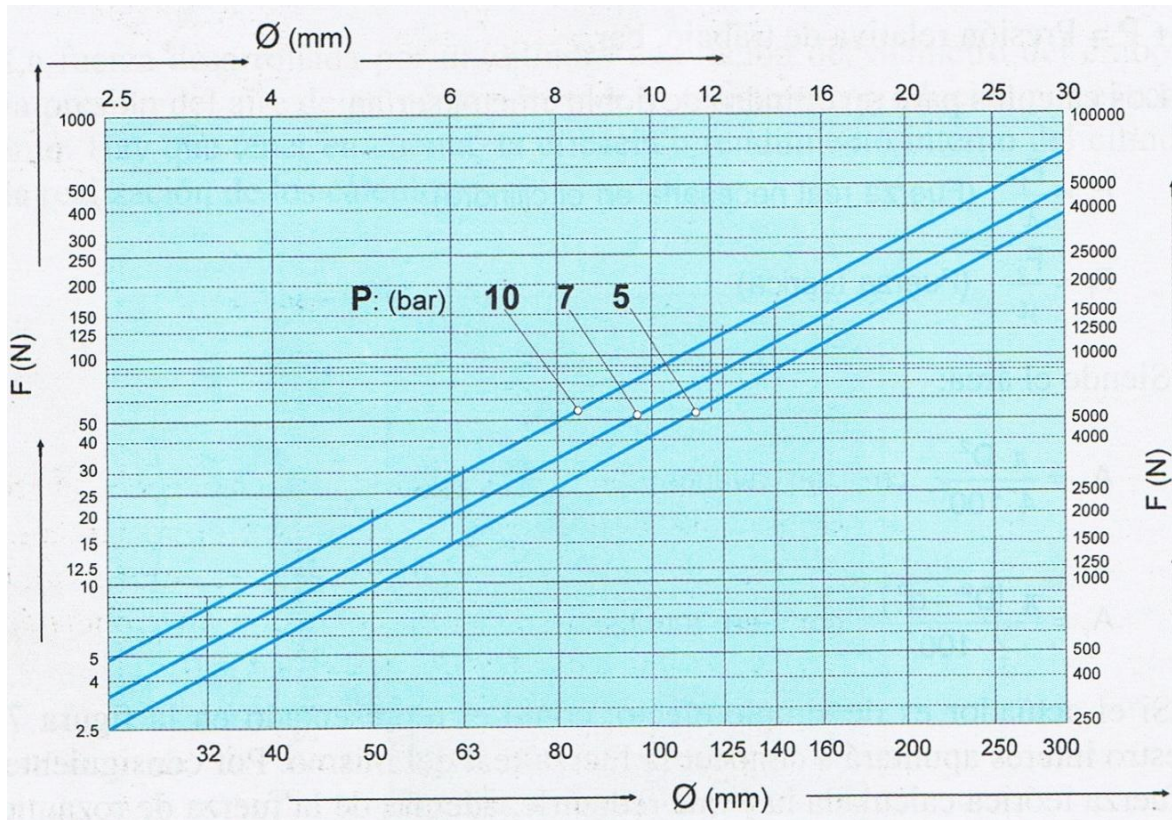


Figura 2.38.- Diagrama de fuerza teórica de los cilindros.

Coefficiente de carga: Un cálculo que también suele ser importante es el coeficiente de carga, ya que un cilindro no debería tener este coeficiente mayor al 85%, o debe ser aún menor al 70% si se quiere asegurar un control de la velocidad más preciso, ya que así aseguraríamos tener un poco más de energía adicional que permita acelerar la carga a la velocidad deseada. El coeficiente de carga se calcula por medio de:

$$C_0 = \frac{\text{Fuerza necesaria}}{\text{Fuerza teorica}} \times 100\% \dots \text{(Ec. 2.4)}$$

Consumo de aire: este cálculo es muy importante, debido a que con él se pueden aproximar las dimensiones del compresor o el depósito. Este consumo depende de la sección del cilindro, la carrera, la frecuencia del ciclo y de la presión de trabajo.

Para los cilindros de doble efecto se tiene que obtener primeramente el volumen necesario por ciclo completo (carrera de avance y retorno) a la presión de trabajo, lo cual se calcula por medio de la ecuación 2.5:

$$V = \frac{\pi}{4}(2D^2 - d^2)C \quad \dots \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

$V = \text{volumen de aire en cm}^3$

$D = \text{diámetro interior del cilindro en cm}$

$d = \text{diámetro del vástago en cm}$

$C = \text{carrera del vástago en cm}$

Pero ahora para obtener el caudal necesario, es preciso multiplicar el volumen antes obtenido por la presión de trabajo y por el número de ciclos por minuto, es decir:

$$Q = \frac{\pi(C)(p)(n)}{4(1000)}(2D^2 - d^2) \quad \dots \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

$Q = \text{Caudal (litros/min)} \text{ (se divide entre 1000 para obtener en unidades de litros/min)}$

$p = \text{presión de trabajo (Bar)}$

$n = \text{número de ciclos/minuto}$

Mientras que para los cilindros de simple efecto se usa casi la misma ecuación, solo que solamente se cuenta el avance y no el retroceso, y tampoco el vástago:

$$Q = \frac{\pi(C)(p)(n)(D^2)}{4(1000)} \quad \dots \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Debido a que los cálculos anteriores solo cuentan el gasto de los cilindros y no de los demás accesorios o de la tubería, una forma de estimar el consumo de estas es añadirle un 30 o 20% del caudal calculado al resultado obtenido.

Verificación del pandeo: el vástago de los cilindros puede considerarse como una columna, en la cual se produce un pandeo debido a las fuerzas que ejerce, el cual es una deformación que se produce en una barra esbelta cuando se le somete a un esfuerzo de compresión; o también esfuerzos de tracción; los cuales se pueden calcular de la siguiente forma.

Para cuando el vástago está trabajando a tracción, puede calcularse el esfuerzo de tensión admisible con la siguiente ecuación (2.8), para así aproximar su diseño:

$$\sigma_{adm} = \frac{4(F)}{\pi(d^2)} \dots \text{(Ec. 2.8)}$$

Donde:

σ_{adm} = Tensión admisible a tracción o compresión en el material del vástago en N/mm^2

F = fuerza axial sobre el vástago en N o Kp

d = diámetro del vástago en mm .

Mientras que para cuando el vástago se encuentra a pandeo, se usan las fórmulas de Euler, donde dependiendo de la forma en que se encuentre sujetado o empotrado el cilindros, es como se tomará la longitud L para el cálculo, que para el caso que se muestra en la figura 2.39, se muestra un cilindro con fijación en el cuerpo por medio de patas o bridas, por lo que la longitud de pandeo L es la misma que la carrera C del vástago, por lo que la ecuación de Euler para este caso queda de la siguiente forma (Ec. 2.9):

$$F_p = \frac{\pi^2(E)(I)}{4L^2} = \frac{\pi^2(E)(I)}{4C^2(C_s)} \dots \text{(Ec. 2.9)}$$

Donde:

F_p = Fuerza axial permitida sobre el vástago en N o Kp

E = Módulo de elasticidad del material del vástago en N/cm^2 o kp/cm^2

I = Momento de inercia de la sección del vástago en cm^4 (Ec. 2.10)

$$I = \frac{\pi(d^4)}{64} \dots \text{(Ec. 2.10)}$$

d = diámetro del vástago en cm

C = Carrera del vástago del cilindro en cm

C_s = Coeficiente de seguridad, suele ser de entre 2 y 4.

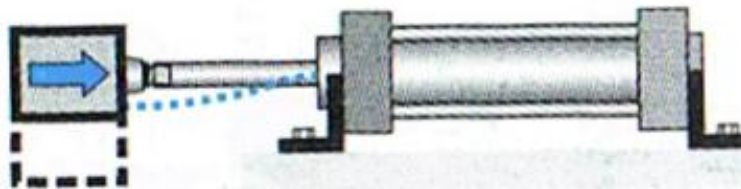


Figura 2.39.- Pandeo del vástago.

2.6.- Válvulas.

Las válvulas son elementos o dispositivos de control que determinan el paso, el arranque, la parada, dirección y sentido del flujo del aire en un circuito neumático, lo cual lo hace dentro de sus vías abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas. Estas funcionan como válvulas distribuidoras cuando gobiernan todo tipo de actuadores; y funcionan como válvulas de pilotaje cuando se emplean para gobernar de forma directa o indirecta, las válvulas distribuidoras anteriores. Pero en general las válvulas funcionan bajo el mismo principio y con la misma representación simbólica, solo que en un circuito se diferencian por la función que cumplen y en ocasiones por el tipo de mando. Las válvulas se definen por el número de vías, número de posiciones, su posición normal y su posición de activación.

Las válvulas pueden ser de dos o tres posiciones y de dos o más vías, en la figura 2.40 se muestran las representaciones de las posiciones de una válvula, ya sea de 2 posiciones o 3 posiciones.

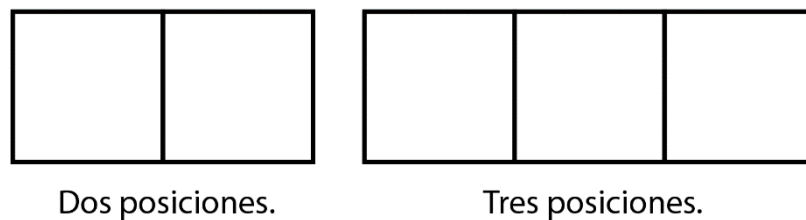


Figura 2.40.- Representación de las posiciones de una válvula.

Las vías de una válvula se representan por las entradas o salidas que están unidas a uno de los cuadrados de las posiciones. Las vías son orificios empleados para la conducción del aire comprimido, tal y como lo muestra la figura 2.41.

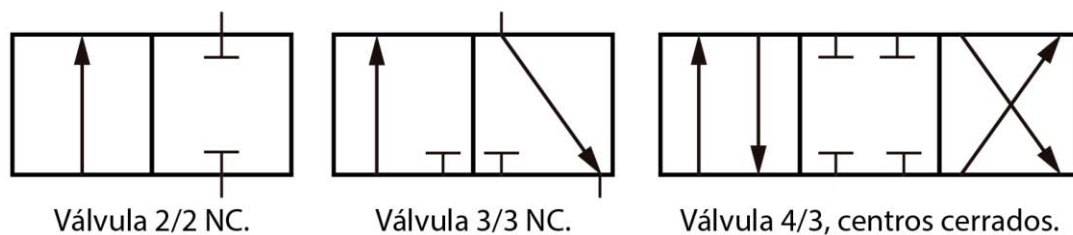


Figura 2.41.- Representaciones de válvulas.

Estos puntos normalmente se representan por números, como son 2/2, 3/2, 4/3, etc. donde la primera cifra indica el número de vías, mientras que la segunda se refiere al número de posiciones.

La posición normal de una válvula es aquella cuando empieza a ejecutarse el programa de mando, es decir, cuando no está activada; mientras que la posición activación se refiere a la posición que ocupan las piezas móviles de la válvula cuando esta activada.

Otro término importante es cuando la válvula es monoestable y biestable. Las válvulas de retorno por muelle son monoestables, las cuales tienen una posición preferencial definida a la cual vuelven automáticamente cuando desaparece la señal en sentido contrario. Una válvula biestable no tiene una posición preferencial y permanece en cualquier posición hasta que se activa una de las dos señales de impulso.

Existen dos diseños principales de válvulas, las de asiento y las de corredera, las cuales se describirán a continuación:

Las válvulas de asiento pueden ser también de diferentes formas: de bola, de cono y de disco plano, las cuales se muestran en la figura 2.42.

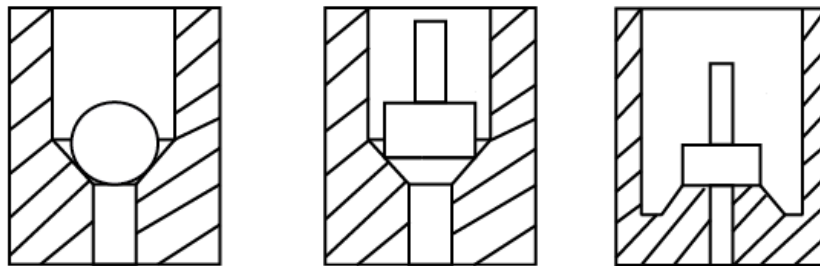


Figura 2.42.- Formas de las válvulas de asiento.

En este tipo de válvulas sus orificios se abren y se cierran utilizando asientos de distintos tipos y además usan en sus partes de contacto materiales elásticos, para que así se pueda lograr una mejor estanqueidad.

Las válvulas de corredera llevan a cabo su funcionamiento por medio de un émbolo cilíndrico con diferentes rebajes, el cual se desplaza axialmente y reparte el flujo a las distintas conexiones con las que cuenta, tal y como se muestra en la figura 2.43 las corredera al

moveirse hacia un extremo, deja una conexión, ya sea P o R abierta, mientras que A siempre estará descubierta.

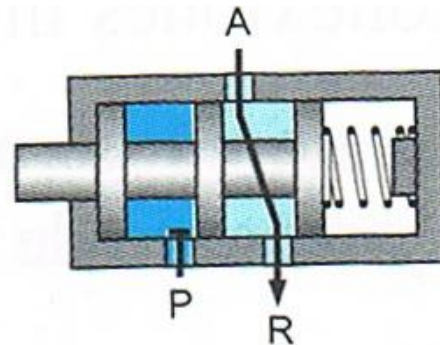


Figura 2.43.- Válvula de corredera.

Dependiendo del uso que se les dé, pueden clasificarse en tres tipos: distribuidoras de flujo a los actuadores o elementos de trabajo, de mando de otras válvulas por accionamiento manual, y captadoras o detectoras de señal o posición. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura (Figura 2.44) en donde la válvula 1 es la válvula principal, la cual se encarga de distribuir el caudal a las cámaras del cilindro de doble efecto; la válvula 2 sirve de mando de puesta en marcha del sistema, y la válvula 3 sirve como captadora de posición, y en estas válvulas, 2 y 3, debe de circular un pequeño flujo a través de ellas, ya que estas no distribuyen el caudal a ningún elemento de trabajo directamente.

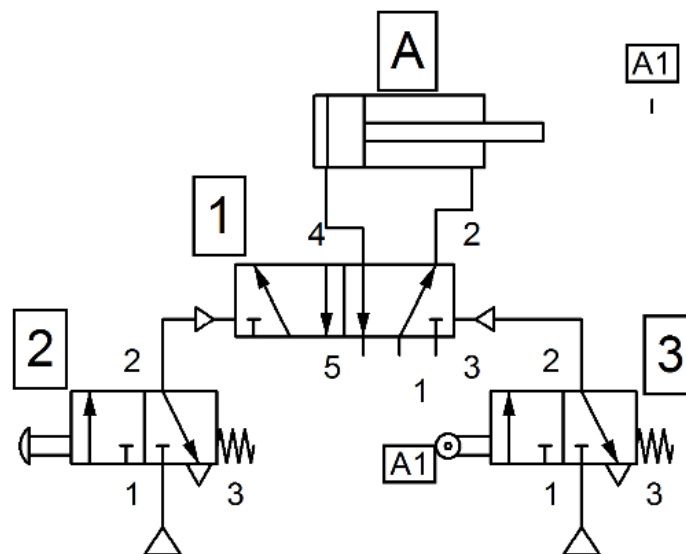


Figura 2.44.- Válvulas con distintas funciones.

Características de las válvulas según la función.

Aquí solo se nombraran algunas de las diferentes válvulas que existen, así como su función y su construcción simplificada. Las válvulas distribuidoras dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio del sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro. En la simbología de estas válvulas DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), se utiliza la nomenclatura que se muestra en la tabla 2.1, ya que por ejemplo en la siguiente imagen (Fig. 2.45) se muestra una válvula 5/2 con pulsador, en donde se puede ver la nomenclatura CETOP para representar sus conexiones:

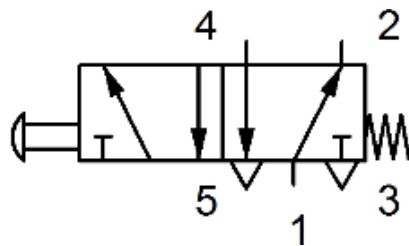


Fig. 2.45.- Válvula 5/2 con pulsador, nomenclatura CETOP.

Tabla 2.1.- Simbología de válvulas distribuidoras.

<i>ISO 1219 Alfabética</i>	<i>CETOP Numérica</i>	<i>Función</i>
P	1	Conexión del aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Válvulas de dos vías: estas son las llamadas válvulas de paso, debido a que estas poseen un orificio de entrada y otro de salida, por lo que si están abiertas, el aire puede circular libremente a través de ella, tal y como se muestra en la figura 2.46. Estas válvulas pueden ser normalmente abiertas o normalmente cerradas; además que estas suelen ser utilizadas para cuando se tienen equipos neumáticos que no necesitan ninguna purga.

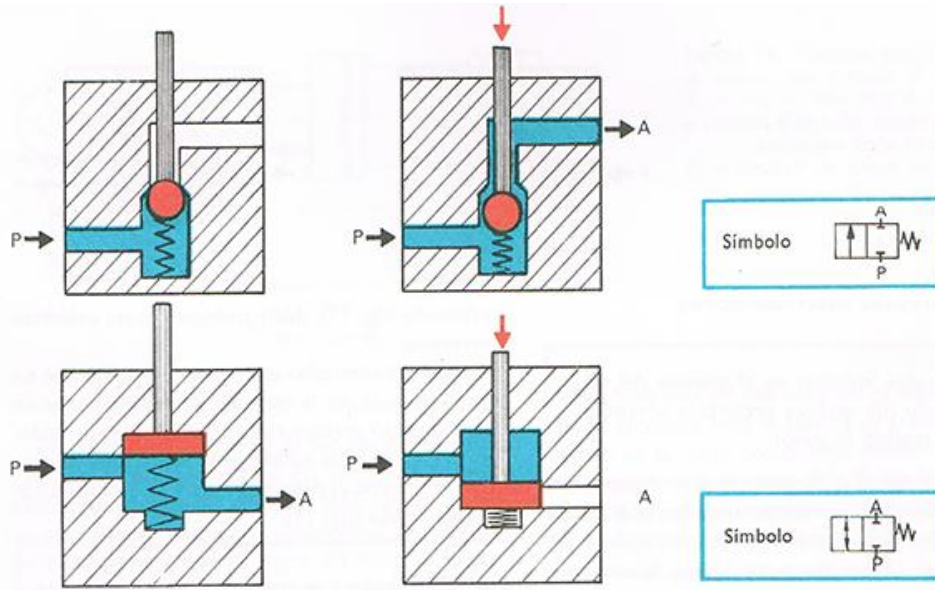


Figura 2.46.- Válvulas de dos vías.

Válvula de tres vías: en la figura 2.47 se puede observar válvulas de 2 posiciones y 3 orificios o vías, donde la diferencia entre ambas es que una está normalmente cerrada y la otra normalmente abierta, ya que su activación depende de la fuerza que se le dé al vástago. Un cilindro puede activarse por medio de dos de estas válvulas, o bien con una de cuatro vías.

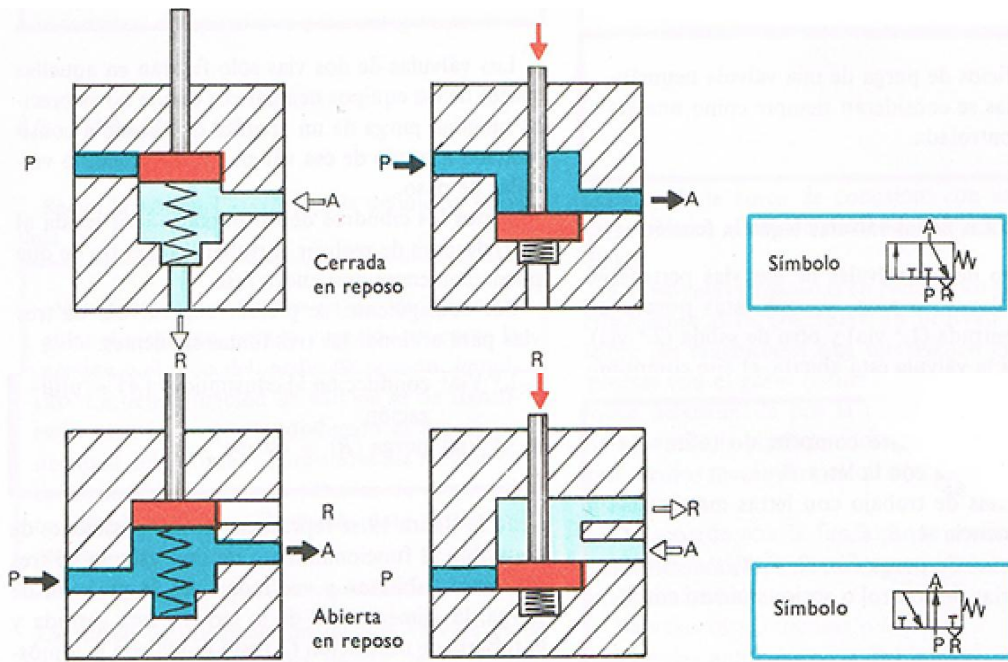


Figura 2.47.- Válvula de tres vías.

Válvulas de cuatro vías: se observan en la figura 2.48, con las cuales se suele manejar más fácil un cilindro de doble efecto; en las válvulas se accionan dos tuberías hacia el consumidor, A y B, con una sola toma P y puede llegar a tener uno o dos orificios de escape, R y/o S.

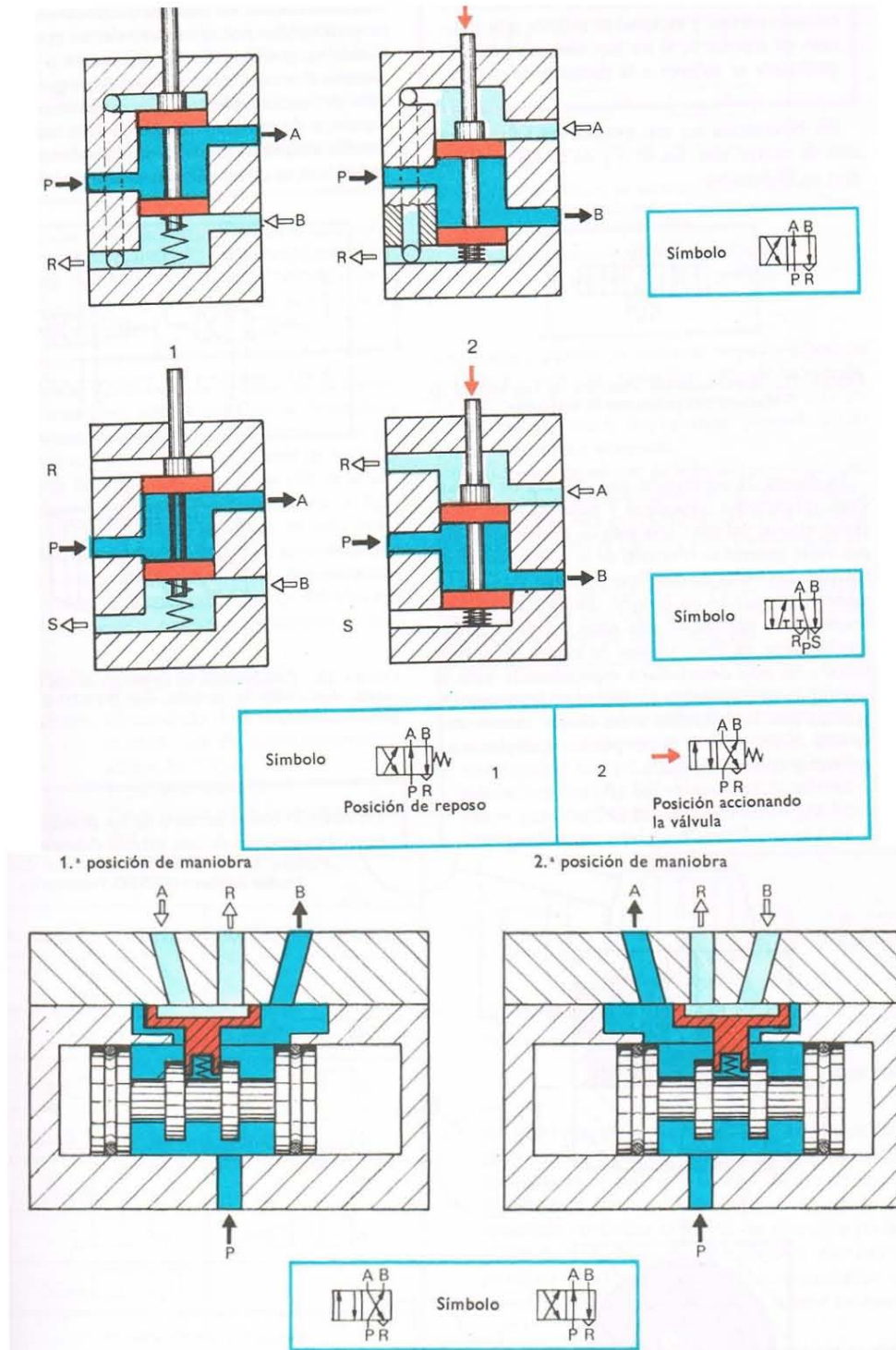


Figura 2.48.- Válvulas de 4 vías; arriba: con un orificio de purga; en 3medio: con 2 orificios de purga; abajo: válvula de distribuidor de cursor axial.

Válvulas de accionamiento manual: en el accionamiento directo el órgano de mando está directamente sobre la válvula, las cuales son todas aquellas que son accionadas con la mano o con el pie; tal y como lo muestra la figura 2.49. El accionamiento requiere la acción voluntaria del operador, por lo que el grado de automatización dependerá directamente del número presentes de estas válvulas, ya que mientras existan menos de esta válvulas, es sistema será más automatizado, aunque es cierto que forzosamente debe de existir una válvula de esta en todo el sistema.

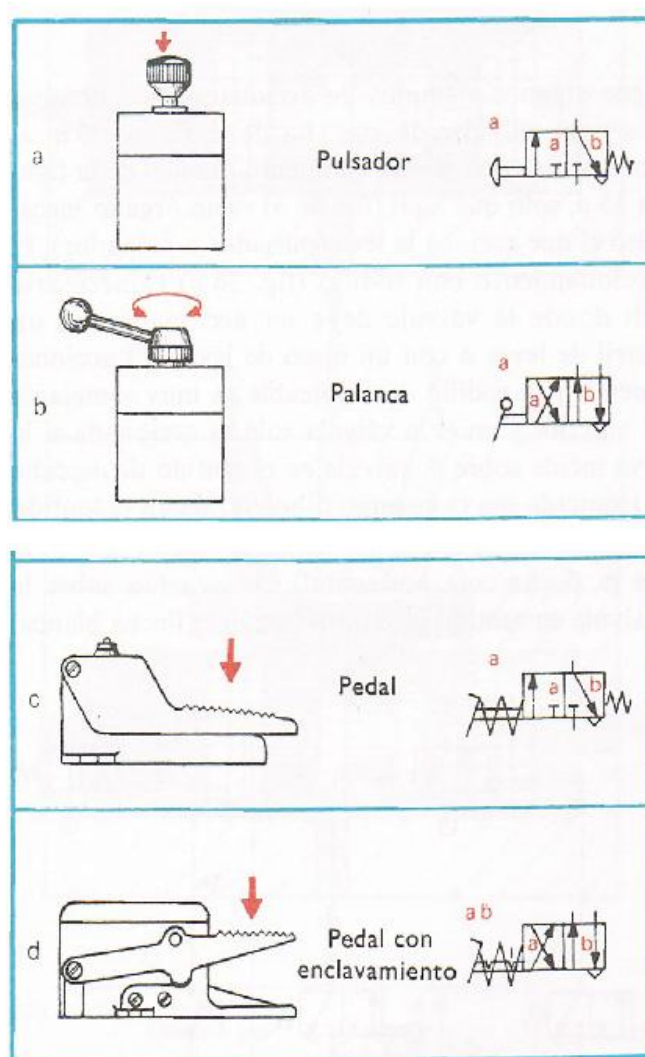


Figura 2.49.- Válvulas de accionamiento manual.

Válvulas de accionamiento mecánico: estas son necesarias para cuando se tienen partes en la que la válvula tiene que ser accionada por un órgano mecánico del equipo, por puede ser por

una leva de una cilindro, discos de levas, carros de las máquinas, etc. En la figura 2.50 se muestran algunos de los más comunes accionamientos mecánicos.

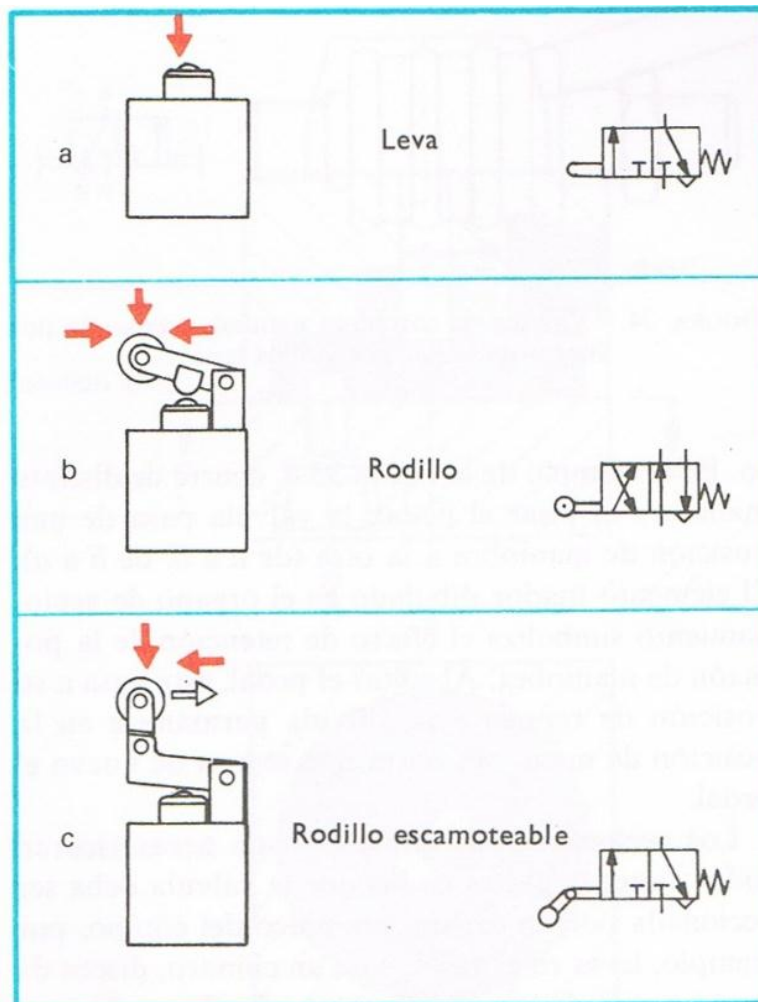


Figura 2.50.- Accionamientos mecánicos.

Válvulas de pilotaje neumático: estas son accionadas por otra válvula a distancia aprovechando la fuerza que se produce por el aire comprimido, dicha fuerza desplaza el núcleo de la válvula para que así se dé la conmutación de las vías, aunque también se puede producir la conmutación por una depresión en una de las cámaras. Estas son utilizadas como mandos de cilindros, actuadores rotativos, motores, etc. En la figura 2.51 se muestra la configuración de este tipo de válvula, donde también pueden ser de asiento plano o de corredera como la mostrada en la imagen, pero también pueden ser biestables o también denominadas con memoria, es decir, un impulso instantáneo mueve la corredera al otro

extremo y a pesar de que desaparezca este impulso inicial, se mantiene en esa posición hasta que una orden en sentido contrario mueva la corredera a la posición anterior.

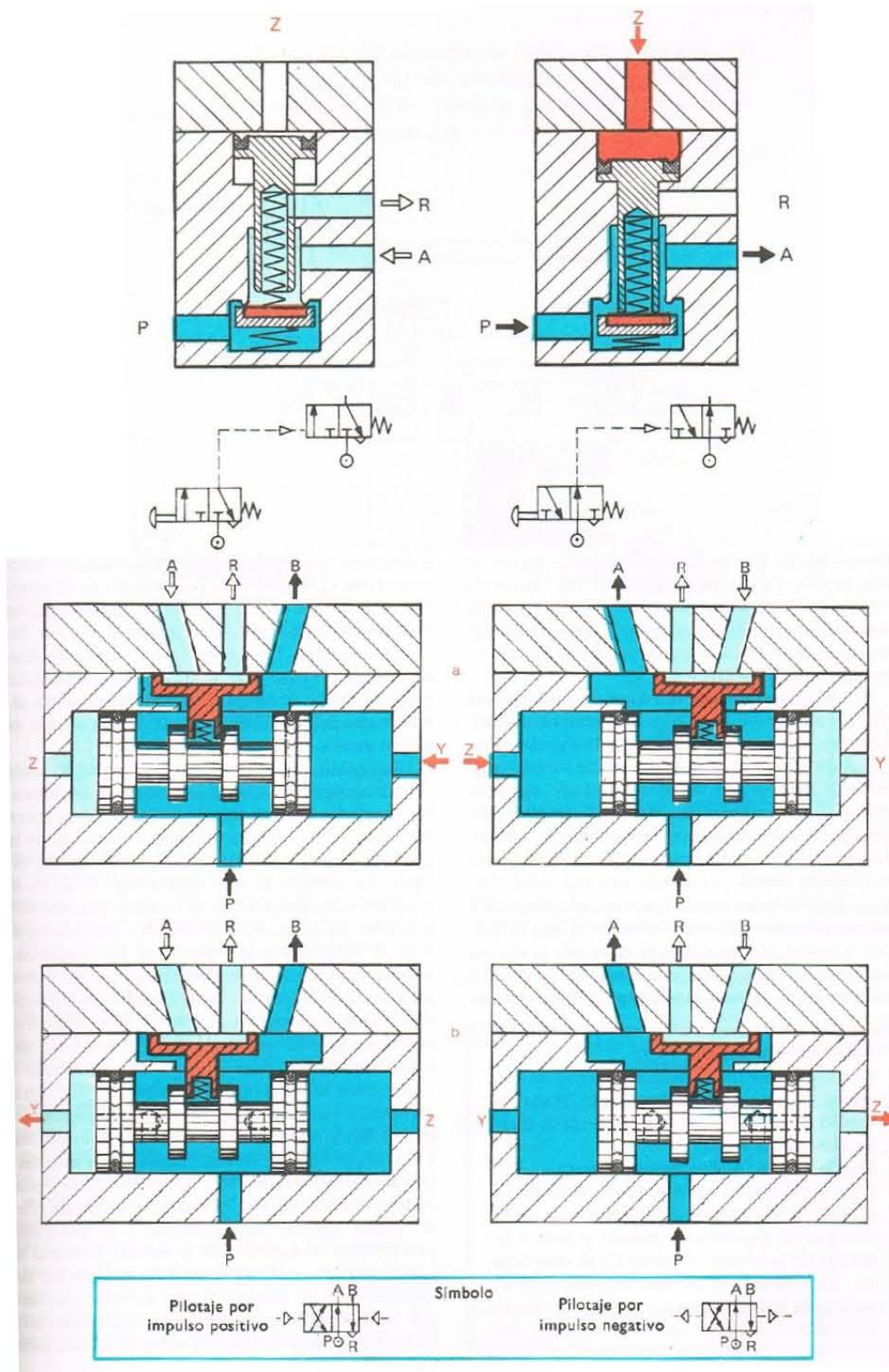


Figura 2.51.- Válvulas de pilotaje neumático: arriba: válvula 3/2; abajo: válvula 4/2.

Válvulas de bloqueo o antirretorno: estas se encargan de cortar el paso del aire comprimido, tal y como su nombre lo dice, pero el bloqueo es en un solo sentido, mientras que en el otro está libre el aire comprimido. Hay diferentes tipos de estas válvulas, las cuales varían en su operación, tales como:

Válvula de retención: esta se cierra por completo al momento en que el aire comprimido pasa en un sentido, mientras que lo deja libremente en el otro sentido opuesto; en la figura 2.52.

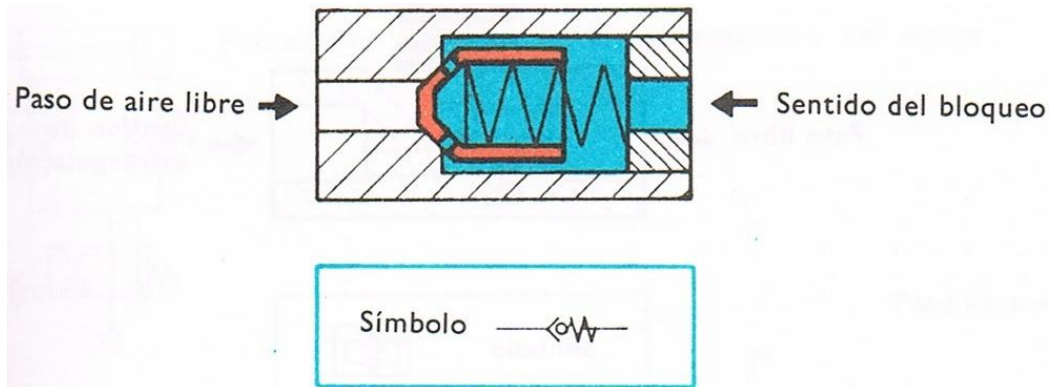


Figura 2.52.- Válvula de retención.

Válvula selectora OR: esta tiene dos entradas y una salida; el efecto de bloqueo actúa siempre en el sentido de la entrada purgada, por lo que queda libre el paso desde la otra entrada hacia la salida. Este tipo de válvulas son usadas para cuando un elemento motriz o uno de mando debe ser accionado desde puntos separados y distantes entre sí. Figura 2.53

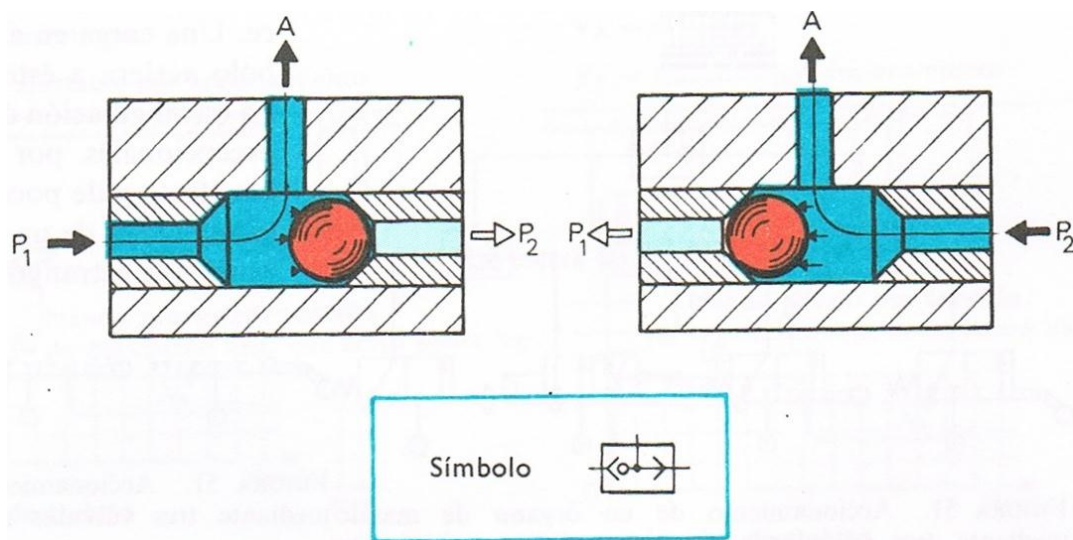


Figura 2.53.- Válvula selectora OR.

Válvulas de estrangulación con retención: también son conocidas como válvulas de regulación de velocidad, debido a que disminuyen el flujo, con lo que también harán que el elemento de trabajo funcione más lentamente. Por regla general el punto de estrangulación es regulable, con lo que se ajusta el flujo circulante, donde el efecto de estrangulación actúa en un solo sentido, mientras el sentido contrario queda libre. También pueden ser modificadas para que la estrangulación sea en la entrada o en la salida. Figura 2.54.

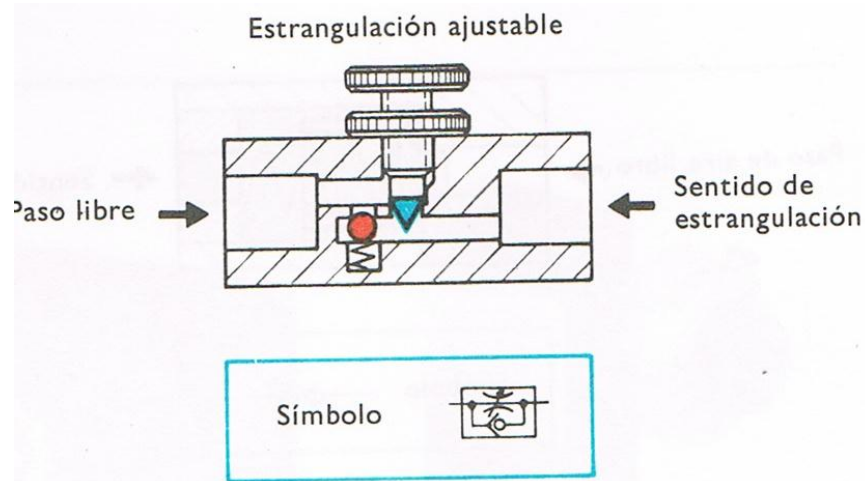


Figura 2.54.- Válvula de estrangulación.

Válvulas de simultaneidad: estas son utilizadas para los equipos de control, ya estas válvulas tienen dos entradas P1, P2 y una salida A, donde solo la señal de salida está presente si las dos señales de entrada están presentes. Figura 2.55

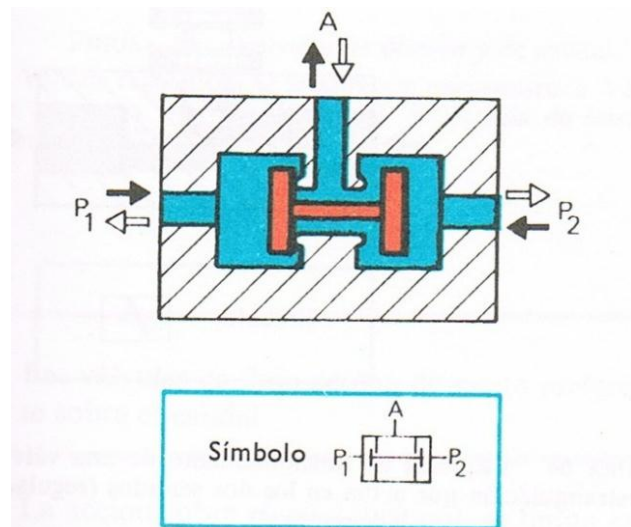


Figura 2.55.- Válvula de simultaneidad.

Válvulas de presión: estas impiden la elevación de la presión máxima admisible en un sistema, por lo que esta es más ocupada como un medio de seguridad, debido a que estas al momento en que se sobrepasa la presión máxima admisible, se abre esta válvula dejando escapar la presión excesiva, y cuando esta presión escapa, la válvula se vuelve a cerrar.

Válvula de escape rápido: éstas sirven para obtener una purga más rápida de los cilindros y conductos, por lo que la velocidad del cilindro es aumentada en gran medida. En la figura 2.56 se puede ver que la junta cierra el cilindro R cuando el aire fluye de P hacia A; mientras que al purgar el aire, desciende la presión en P y el aire comprimido de A impulsa la junta hasta P, fluyendo todo el aire directamente por P hacia la atmósfera.

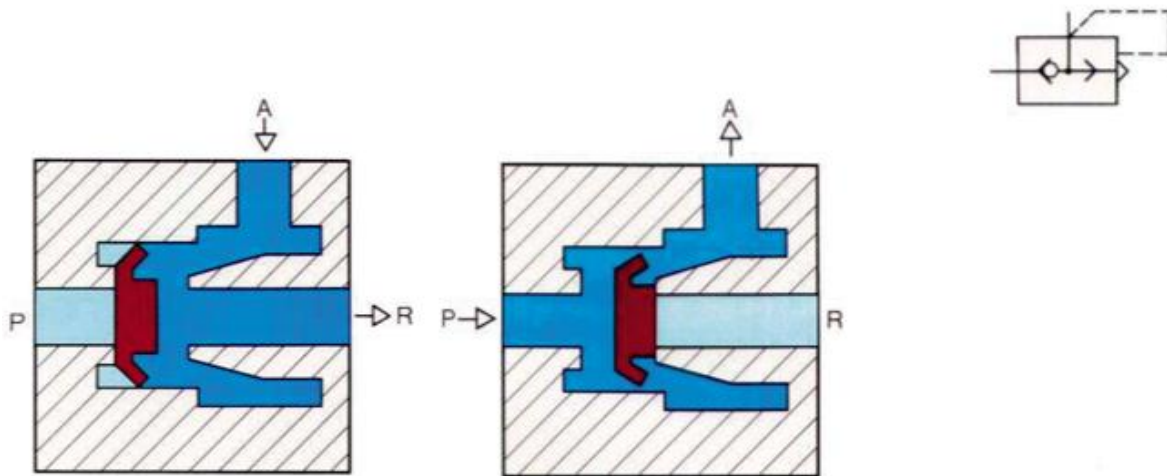


Figura 2.56.- Válvula de escape rápido.

Temporizador: estos pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados, pero ambos constan de una válvula distribuidora 3/2, una válvula de estrangulación regulable y un pequeño depósito de aire comprimido. En la figura 2.57 se puede ver un temporizador cerrado en posición de reposo, en el cual el aire de pilotaje entra en el depósito por Z a través de la válvula de estrangulación regulable, en donde cuando la presión alcanza un valor predeterminado como para vencer la fuerza del muelle, el émbolo de la válvula cierra el paso de A hacia R, con lo que también se desplaza el émbolo y se abre el paso de P hacia A. Sus aplicaciones son para cuando se requiere que la señal de arranque se active después de un determinado tiempo.

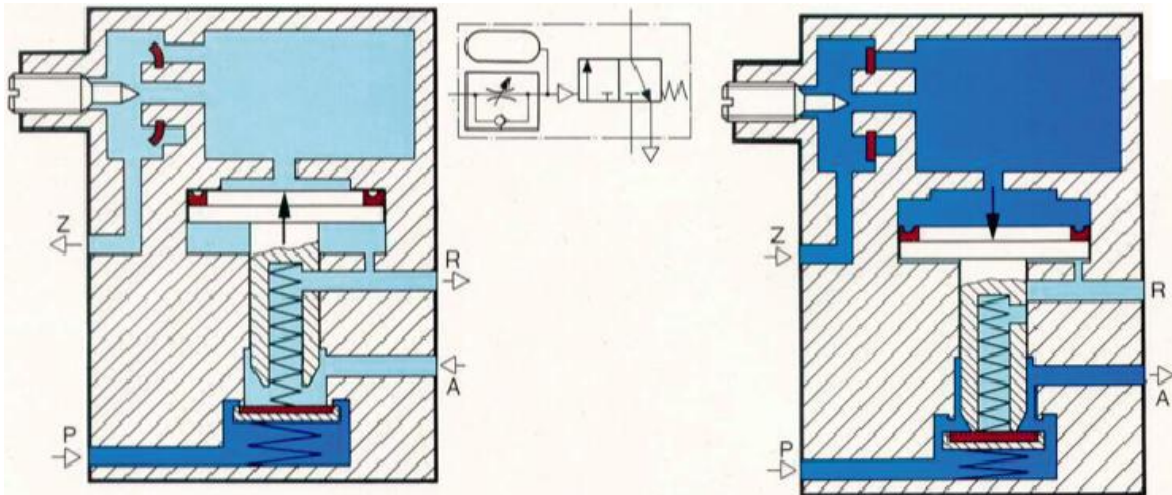


Figura 2.57.- Temporizador.

2.7.- Actuadores de giro, pinzas y motores neumáticos.

Actuadores de giro tipo cremallera: estos también son denominados cilindros rotativos, ya que transforman un movimiento lineal en un movimiento rotacional raramente superior a 360°. Existen diferentes diseños de ellos, pero siguen una forma como la mostrada en la figura 2.58 donde un pistón que se desliza en el interior del cilindro y sobre el cual se talla una cremallera, crea el movimiento giratorio sobre el piñón, es decir, al momento en que el aire entra, moverá al émbolo hacia la derecha y hará girar el piñón en sentido de la manecillas del reloj; pero si ahora el aire comprimido entra por el otro orificio del cilindro, el pistón hará girar al piñón en el sentido opuesto.

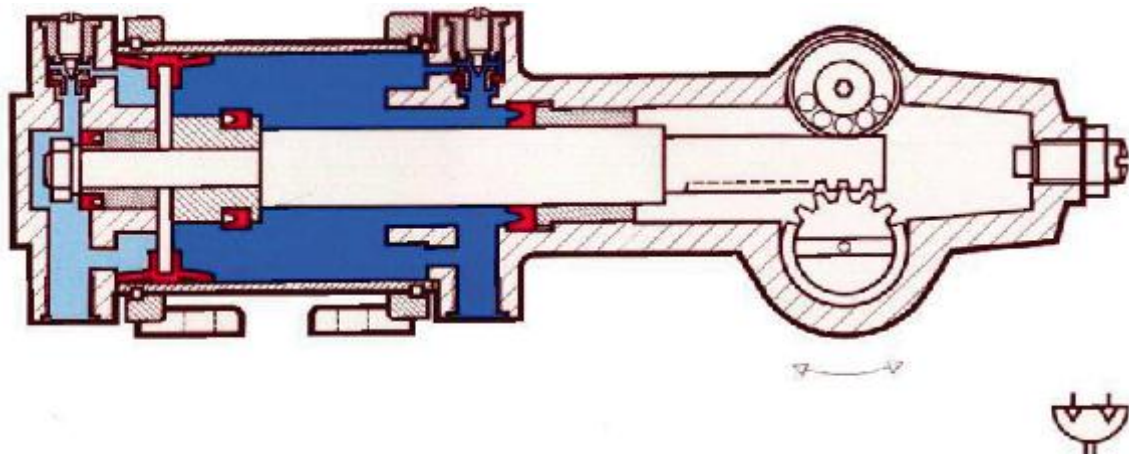


Figura 2.58.- Actuator de giro con cremallera.

Actuadores rotativos de paletas: estos se diferencian de los anteriores debido a que no poseen una conversión de movimiento lineal a rotacional, sino que el aire comprimido actúa directamente sobre una o dos palas imprimiendo un movimiento de giro directamente. La figura 2.59 muestra un actuador rotativo de paleta simple el cual tiene un giro muy limitado. Este consta de un cuerpo de interior cilíndrico sobre el que gira una paleta alrededor del eje de salida que se apoya en cojinetes o rodamientos; por lo que en el momento en que entra el aire comprimido llena la cámara y acciona la paleta para producir el giro de la misma.

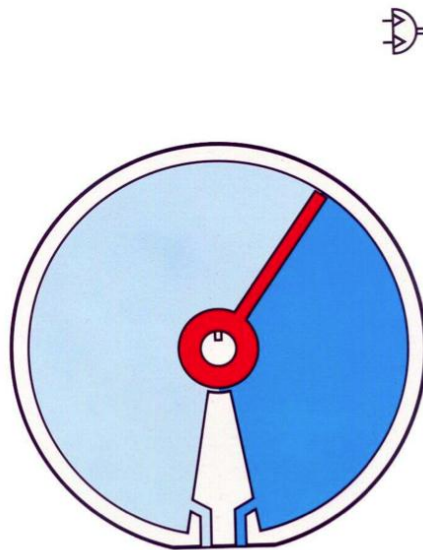


Figura 2.59.- Actuador rotativo de paleta.

Pinzas neumáticas: la función principal de estos elementos es el de la sujeción o amarra de piezas, por lo que sirven para portaherramientas en procesos de mecanizado, sujeción de piezas de diversas formas, manipulación de tubos, discos, montaje de componentes electrónicos, etc. Existen dos tipos principales de estas pinzas: las pinzas de apertura angular y las pinzas de apertura paralela.

Pinzas de apertura angular: en la figura 2.60 se puede observar una pinza de este tipo, donde un émbolo está unido por el vástago a un sistema de dedos con puntos giratorios que, a su vez portan un sistema de rodadura que se desliza sobre una pista. Cuando la presión aparece en la cámara superior del émbolo, los dedos de las pinzas cierran hasta completar el recorrido. La apertura es posible, evacuando la presión de la cámara superior e introduciéndola por la parte inferior.

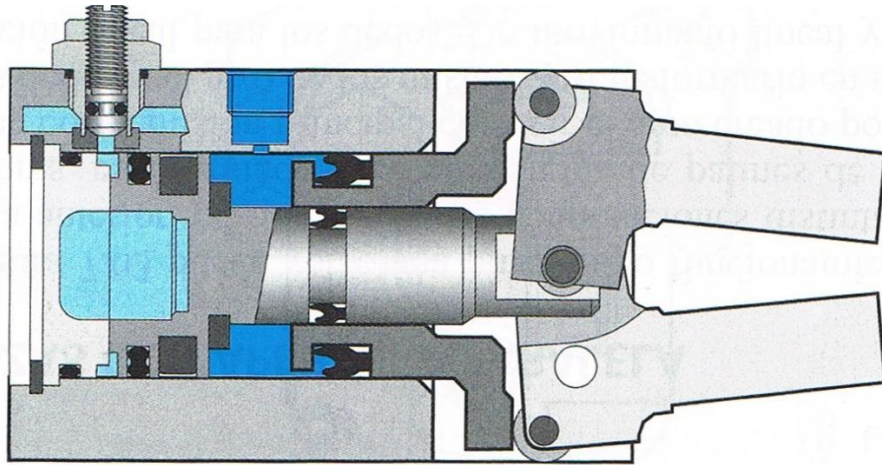


Figura 2.60.- Pinza de apertura angular.

Pinzas de apertura paralela: en estas los dedos no están libre, sino que se encuentran guiados por un sistema de patines de rodadura, los cuales tienen como misión principal corregir el arco creado por la unión del vástago, los dedos y el giro de los mismos y transformándolo en un movimiento de traslación lineal para los dedos, con lo que da un movimiento lineal y sincronizado en toda la longitud de apertura y cierre; tal y como se puede ver en la figura 2.61.

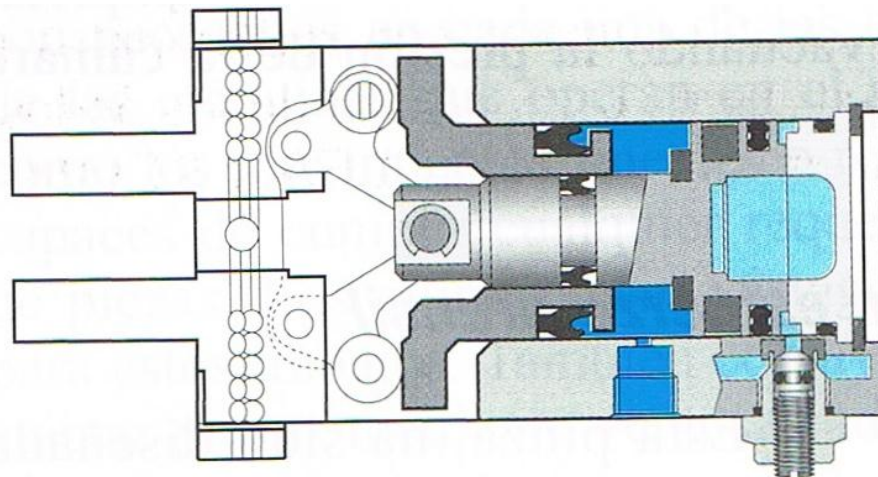


Figura 2.61.- Pinza de apertura paralela.

Motores neumáticos: como se ha dicho los elementos neumáticos poseen muchas ventajas, y en cuanto a los motores neumáticos, superan en muchos aspectos a los eléctricos, ya que estos pueden ser usados en ambientes explosivos o de alta temperatura sin ser perjudicados

demasiado en su comportamiento. Existen dos clases de estos motores: los de aletas y los de pistones radiales.

Motores de aletas: estos están formados por un rotor excéntrico, como se ve en la figura 2.62, en donde va montado una serie de paletas deslizantes en sentido radial. Gracias a la acción de resortes y de la fuerza centrífuga, el extremo de dichas paletas presiona sobre las paredes del cilindro produciendo la estanqueidad. En el momento en que el aire entra por uno de los orificios ejerce presión sobre las palas que hacen girar al rotor.

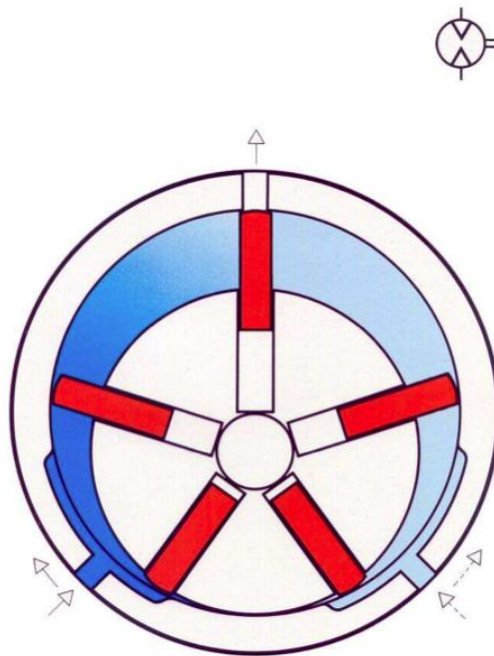


Figura 2.62.- Motor de aletas.

Motores de pistones radiales: estos funcionan bajo el principio de un motor de combustión interna, ya que están formados por una serie de cilindros radiales por cuyo interior se desplazan émbolos que accionan a las bielas que a su vez hacen girar a la manivela solidaria al eje de salida del motor. La válvula distribuidora impulsa en un orden prefijado siempre a dos émbolos que efectúan a la carrera de fuerza; y la ejecución de 5 cilindros asegura un régimen uniforme en el momento de giro. Figura 2.63.

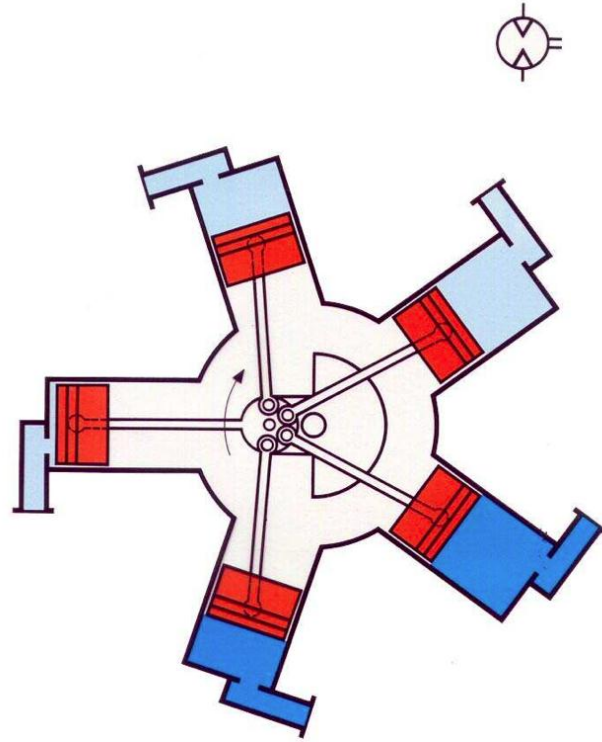


Figura 2.63.- Motor de pistones radiales.

CAPITULO 3

SISTEMAS NEUMÁTICOS

A lo largo de los capítulos anteriores se habló sobre los elementos neumáticos más comunes que conforman a un sistema neumático, tales como el compresor, el depósito, la unidad de mantenimiento, los cilindros, las válvulas, motores, etc.; sin embargo suelen existir otros sistemas con los que suele competir o colaborar estos sistemas neumáticos.

También se ha hablado de la preparación del aire y los sistemas neumáticos, como lo muestra la figura 3.1, pero los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El Controlador Lógico Programable (*Programmable Logic Controller, PLC*) les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando una tarea específica.

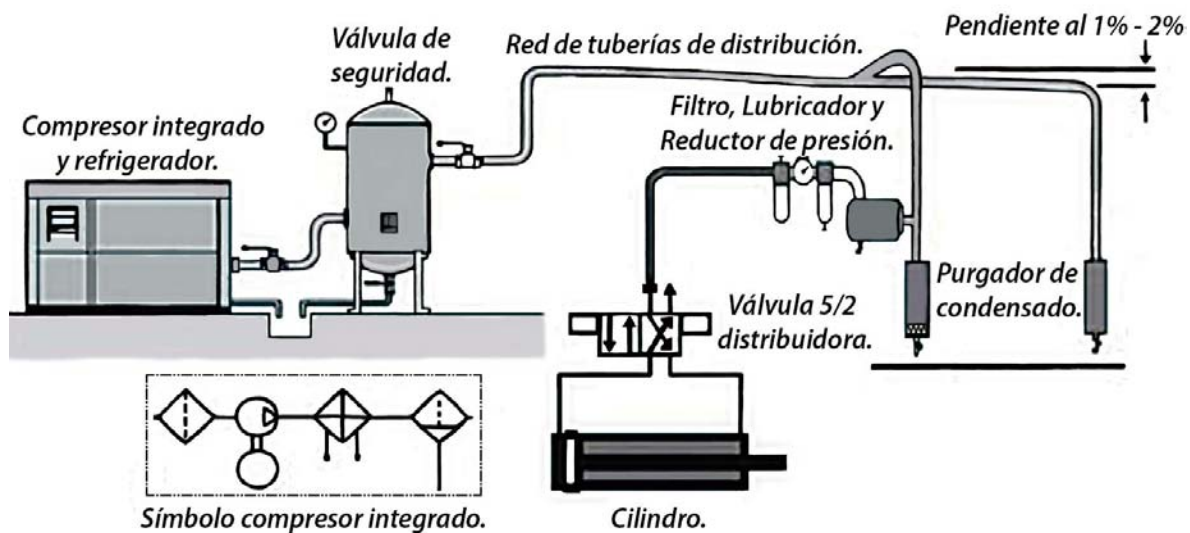


Figura 3.1.- Preparación del aire.

En determinadas aplicaciones, tales como en movimientos de aproximación rápido y avance lento, típicos de las fresadoras y rectificadoras, en la sujeción de piezas utilizada en los cortes a alta velocidad sobre materiales duros y en la automatización de procesos de producción, se

combinan la neumática y la hidráulica en un *circuito oleoneumático*, utilizando la parte neumática para el accionamiento y control y la parte hidráulica para el actuador.

Análogamente a los sistemas neumáticos, los sistemas hidráulicos se complementan con los eléctricos y electrónicos mediante dispositivos tales como válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. Es fácil, en particular en sistemas complejos, acoplarles un PLC que les permite programar la lógica de funcionamiento de varios cilindros.

Pero para nuestro propósito solo hablaremos de los sistemas puramente neumáticos, desde sus símbolos hasta algunos sistemas más elaborados.

3.1. Símbolos neumáticos.

Para representar los sistemas neumáticos se usan esquemas, los cuales a su vez usan símbolos normalizados o algunas veces símbolos no normalizados, que suelen usarse muy a menudo, que son muy expresivos y que cumplen de mostrar la función que desempeña cada componente neumático; ya que por ejemplo para los cilindros, el símbolo es muy semejante al propio cilindro, o para las válvulas distribuidoras cada posición de la corredera se representa por un cuadrado en el cual se incluyen las vías y los sentidos de flujo; y así para cada elemento neumático posible. Los símbolos que se muestran en las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4, han sido normalizados por la International Standards Organization (ISO), con la norma ISO 1219, donde dichas tablas están divididas en grupos, atendiendo la función que cumplen los distintos elementos.

<i>Conversión de la energía</i>		<i>Válvula de control</i>	
	Compresor unidireccional de aire	<i>Válvula de control de dirección</i>	
	Bomba de vacío		Válvula de control de dirección 2/2; normalmente cerrada
	Bomba hidráulica		Válvula de control de dirección 2/2; normalmente abierta
<i>Motor neumático</i>			Válvula C.D. 3/2; normalmente cerrada
	Motor neumático unidireccional		Válvula C.D. 3/2; normalmente abierta
	Motor neumático bidireccional		Válvula C.D. 4/2
	Motor oscilante		Válvula C.D. 4/3; en la posición cero todas las lumbreras están cerradas
<i>Cilindro</i>			Válvula C.D. 5/2
	Cilindro de simple acción con retorno por fuerza externa	<i>Válvula de retención</i>	
	Cilindro de simple acción con retorno por resorte		Válvula sin retorno
	Cilindro de doble acción		Válvula de lanzadera
	Cilindro de doble acción con varilla pasante		Válvula de control del flujo, sin retorno
	Cilindro DA con amortiguamiento ajustable en ambos extremos		Válvula de escape rápido
	Cilindro con control integrado		Válvula gemela de secuencia de presión
	Cilindro con válvula de control y válvula hidráulica de retención integradas		
	Intensificador de presión		
	Cambiador del medio de presión		

Figura 3.2.- Símbolos ISO para los circuitos neumáticos.

<i>Válvula de control de la presión</i>		<i>Transmisión de energía</i>	
	Válvula de alivio de presión		Línea de montaje
	Válvula de secuencia		Línea eléctrica
	Regulador de presión		Línea flexible
	Regulador de presión con autoalivio		Unión de líneas
<i>Válvula de flujo</i>			Cruce de líneas
	Símbolo general de control del flujo	<i>Escape</i>	
	Control del flujo (influencia insignificante de la viscosidad)		Lumbrera no roscada de escape del aire
	Control ajustable del flujo		Lumbrera roscada de escape del aire
	Válvula de control del flujo controlada mecánicamente con resorte		Tanque hidráulico
	Válvula de control del flujo compensada por la presión	<i>Toma de fuerza</i>	
<i>Válvula de corte</i>			Enchufe
	Válvula de corte		Con línea de toma
<i>Transmisión de energía</i>		<i>Acoplamiento de desenganche rápido</i>	
	Alimentación principal de presión		Acoplado sin válvula de retención
	Línea de trabajo, de retorno y de alimentación		Acoplado con válvula de retención
	Línea de control		Mitad de acoplamiento de desenganche rápido sin válvula
	Línea de drenaje		Mitad de acoplamiento de desenganche rápido con válvula cerrada
<i>Transmisión de energía</i>		<i>Conexiones rotatorias</i>	
	Alimentación principal de presión		Una línea de flujo
	Línea de trabajo, de retorno y de alimentación		Tres líneas de flujo
	Línea de control		Silenciador
	Línea de drenaje		Acumulador

Figura 3.3.- Símbolos ISO para los circuitos neumáticos.

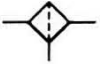
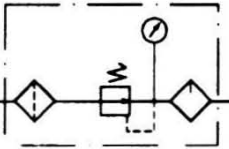
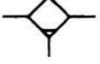

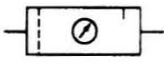
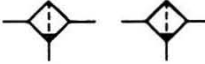

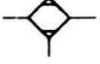

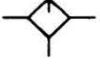
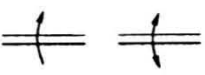

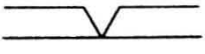

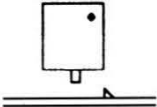

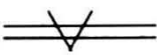








<i>Acondicionamiento</i>			
	Filtro		Unidad de acondicionamiento (símbolo detallado)
	Trampa de agua con drenaje manual		
	Trampa de agua; drenaje automático		Unidad de acondicionamiento (símbolo simple)
	Filtro con trampas de agua y drenaje		Enfriador sin líneas de flujo
	Desecador; secado del aire por productos químicos		Enfriador con líneas de flujo
	Lubricador		
<i>Actuaciones</i>			
<i>Componentes mecánicos</i>		<i>Métodos de control</i>	
		<i>Control manual</i>	<i>Control mecánico</i>
	Una dirección o dos direcciones de rotación, respectivamente, de la flecha		Símbolo general
	Fiador		Botón
	Dispositivo de trabamiento		Palanca
	Dispositivo sobre centro		Pedal
1.  2.  3. 	Eslabonamientos: 1. simple 2. con eslabonamientos 3. con fulcro fijo	<i>Control eléctrico</i>	
			Electroimán
		<i>Control de la presión</i>	
			Por aplicación de presión
			Por liberación de presión
			Por diferencia de presión

Figura 3.4.- Símbolos ISO para los circuitos neumáticos.

3.2. Circuitos neumáticos básicos.

Con los temas que ya se han estudiado se pueden empezar a estudiar ahora algunos circuitos neumáticos, debido a que ya se ha visto cada uno de sus componentes más comúnmente usados. El objetivo de crear un circuito es el poder gobernar o controlar de una forma y orden determinados a los elementos de trabajo (cilindros, motores, pinzas, etc.), para que así se logre la tarea deseada. Como ya se ha dicho, los elementos de trabajo estarán siempre gobernados por una válvula distribuidora que dirige el caudal hacia una u otra cámara del elemento, pero a su vez también puede ser regulado dicho caudal, para que así también se pueda manipular la velocidad por medio de dichos elementos. A lo largo de este capítulo se hablara sobre cómo controlar los elementos de trabajo de diferentes formas.

Circuitos básicos de cilindros.

1. El primer circuito básico se muestra en la figura 3.5 donde se puede ver a un cilindro de simple efecto con retorno por muelle, el cual a través de una línea de trabajo se une a una válvula 2/3 con pulsador, retorno por muelle o resorte y NC (normalmente cerrada), y esta a su vez está conectada a la alimentación de aire comprimido, donde el objetivo de este circuito es el poder hacer avanzar el vástago al momento de accionar la válvula.

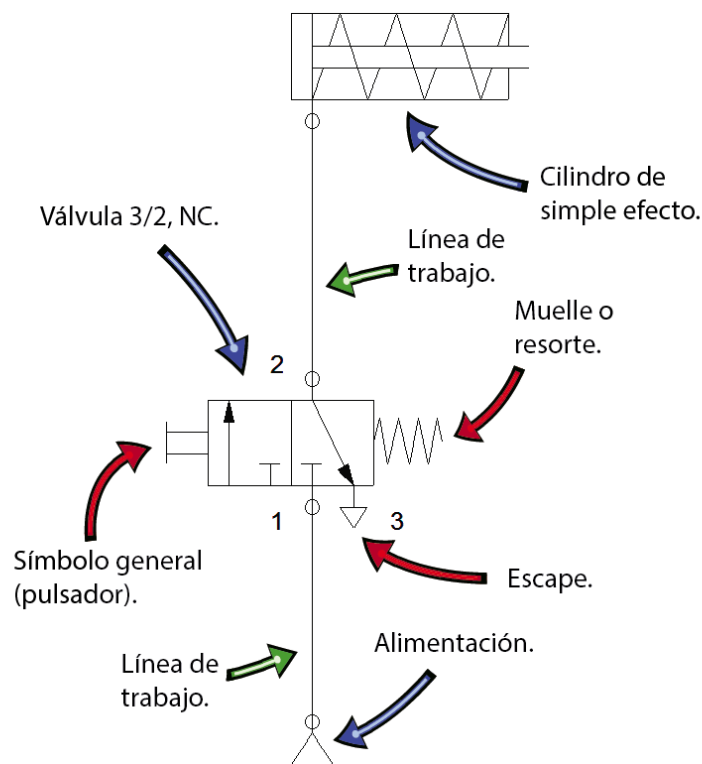


Figura 3.5.- Mando de un cilindro de simple efecto.

El funcionamiento es el siguiente: en la posición que se muestra el circuito, la válvula se encuentra en reposo, con lo que sus vías 2 y 3 están comunicadas y haciendo que en el actuador no haya aire comprimido, por lo que este se encuentra en la posición de retroceso debido al muelle. Pero si se acciona dicha válvula, las vías 1 y 2 se comunicaran, por lo que el aire comprimido pasara a través de la válvula y empezara a llenar el cilindro, produciéndose el avance del vástago. A consecuencia de que el accionamiento es manual, el vástago retrocederá instantáneamente al momento de soltar la válvula, debido al muelle que esta contiene.

2. En la figura 3.6 se puede observar un circuito para poder mandar un cilindro de doble efecto, se puede observar el cilindro de doble efecto y una válvula 4/2, y su respectiva alimentación.

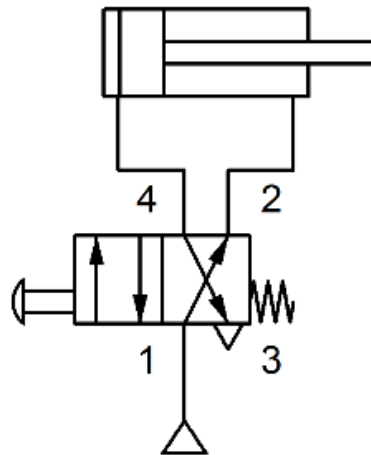


Figura 3.6.- Mando de un cilindro de doble efecto.

El funcionamiento es el siguiente: en la posición que se muestra, las vías 1 y 4 de la válvula están comunicadas y suministrando aire comprimido al cilindro, para que así se encuentre retraído el vástago, pero además las vías 2 y 3 también están comunicadas, dejando escapar a la atmosfera el aire que se encuentra en la cámara opuesta. Ahora si se pulsa el botón de la válvula, esta comunicara sus salidas 1 – 2 y 3 – 4, produciendo el avance del vástago, ya que 1 – 2 suministran el aire, mientras que 4 – 3 dejan escapar el aire existente en la otra cámara. Pero al igual que el circuito anterior, el cilindro regresara a su posición con vástago retraído si se deja de pulsar la válvula 4/2.

3. También suele pasar que los circuitos anteriores no satisfacen del todo la necesidad de automatización de un cierto proceso, por lo que un circuito un poco mejor, es el mostrado en la figura 3.7, donde se puede ver un cilindro de doble efecto, una válvula de distribución 5/2 accionada por pilotaje neumático directo con retorno por muelle, y una válvula de pilotaje 3/2 con retorno por muelle.

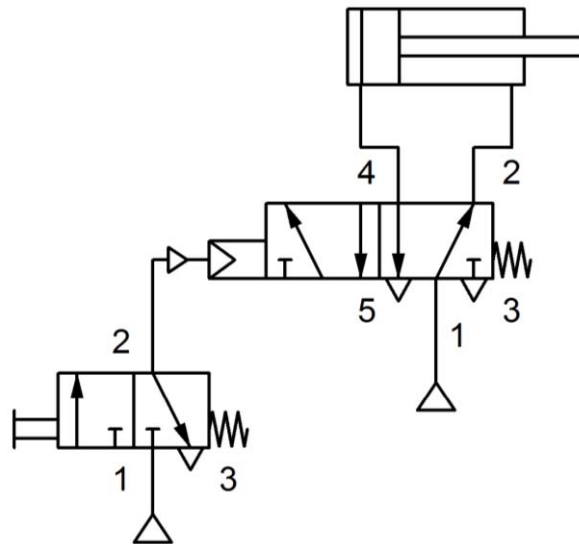


Figura 3.7.- Mando pilotado con retorno por muelle.

El funcionamiento es: en la posición que se observa, la válvula de distribución tiene comunicadas las vías 1 – 2 y 4 -5 , donde 1 – 2 suministra el aire para que el vástago se encuentre retraído, y 4 – 5 dejan escapar el aire presente en la cámara contraria del cilindro. Pero al momento de pulsar la válvula de pilotaje 3/2, manda un pequeño caudal a la válvula de distribución, con lo que esta es accionada y así comunica ahora sus vías 1 – 4 y 2 – 3, en donde 1 – 4 introducen el aire comprimido hacia el cilindro, haciendo que el vástago avance, ya que 2 -3 se encargan de sacar el aire presente en la otra cámara.

Pero también si se suelta la válvula 3/2, se dejara de proveer a la válvula distribuidora 5/2, con lo que esta regresara a su posición original debido al muelle, y a su vez el vástago también retrocederá.

4. Un circuito parecido al anterior, es el que se muestra en la figura 3.8, en donde se puede observar un actuador de doble efecto, una válvula 5/2 por pilotaje neumático en ambos lados o biestable, y dos válvulas 3/2 con pulsador y retorno por muelle.

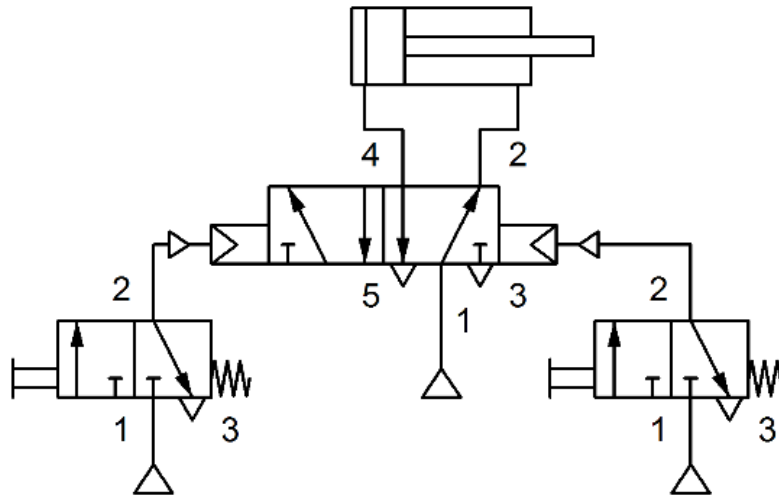


Figura 3.8.- Mando pilotado doble.

Su funcionamiento es el siguiente: en la posición mostrada, las vías de la válvula 5/2 mantienen al vástago en posición retraída, pero si se pulsa la válvula 3/2 del lado izquierdo, la válvula 5/2 ahora cambiará su posición y hará avanzar el vástago. Esta válvula 5/2 es llamada válvula corredera biestable o con memoria, debido a que al dejar de pulsar la válvula 3/2 de la izquierda, la válvula 5/2 mantendrá su posición hasta que la otra válvula 3/2 sea accionada, siempre y cuando ambas válvulas no estén accionadas.

5. En los circuitos anteriormente mostrados, fueron diseñados para poder controlar los cilindros de simple efecto y de doble efecto, pero ahora vamos a ver cómo es que se pueden controlar la velocidad de estos actuadores. Como se sabe, el aire al ser un fluido puede ser relativamente fácil el poder controlar su flujo a través de una tubería, esto por medio de la estrangulación de las secciones de paso, que da como resultado una disminución de la velocidad en los elementos de trabajo, ya que la velocidad de estos es proporcional al flujo que entra en ellos. Pero si se llegase a requerir aumentar la velocidad de estos elementos, será necesario aumentar la sección de paso y además no tener longitudes muy grandes en las tuberías, así como también evitar demasiados accesorios, como codos, T, etc., es decir, evitar cambios bruscos de dirección.

Como se puede ver en los circuitos de la figura 3.9 una forma fácil de reducir la velocidad de los actuadores es por medio del uso de válvulas reguladoras de caudal.

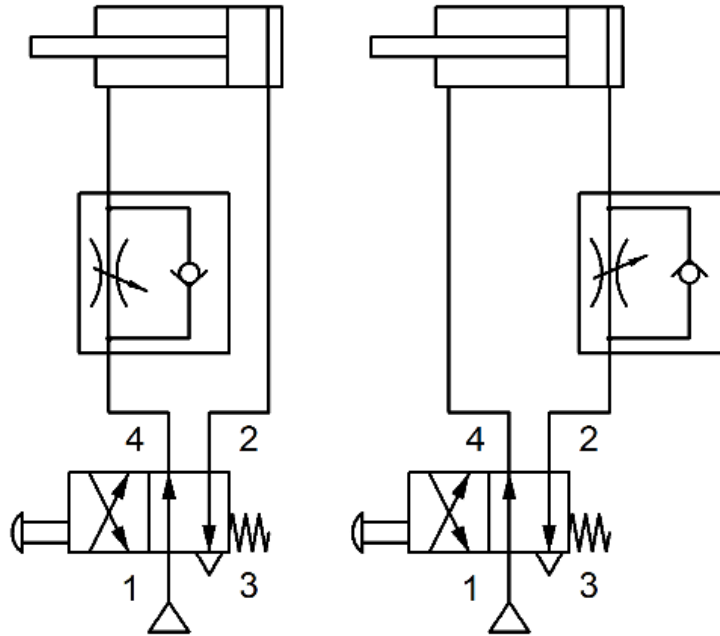


Figura 3.9.- Regulación de velocidad, izquierda: regulación a la salida, derecha: regulación a la entrada.

El primer circuito consta de un cilindro de doble efecto, un regulador de caudal unidireccional con antirretorno, y una válvula 4/2 con pulsador y retorno por muelle. En la forma en que está colocado el regulador, permite regular la velocidad a la salida, ya que al activar la válvula 4/2, el cilindro comienza a llenar una de sus recamaras, pero el aire que está en la cámara opuesta, solo puede circular por una sección de paso más reducida, debido al regulador de flujo, por lo que su flujo de salida es menor, al igual que la velocidad del vástago. Pero al dejar de pulsar la válvula 4/2, el flujo que ahora entra al cilindro para regresar el vástago, puede circular libremente, ya que el regulador es unidireccional, y así no se tiene ninguna restricción de flujo.

Lo mismo sucede con el segundo circuito, pero solo que este tiene la regulación a la entrada. La diferencia entre ambos es que en el primero se tiene un mejor control de la velocidad, ya que se forma en la cámara correspondiente un cojín de aire, lo que da una velocidad más lenta y no muy dependiente de la carga sobre el actuador; mientras que en el segunda da un arranque mas suave, pero sin precisión en la marcha y dependiendo la velocidad de la carga sobre el actuado.

Aunque también si se requiere un mejor control de la velocidad, se pueden colocar dos reguladores de flujo, como se observa en la figura 3.10, y como se puede ver, comúnmente la velocidad de avance es la que importa.

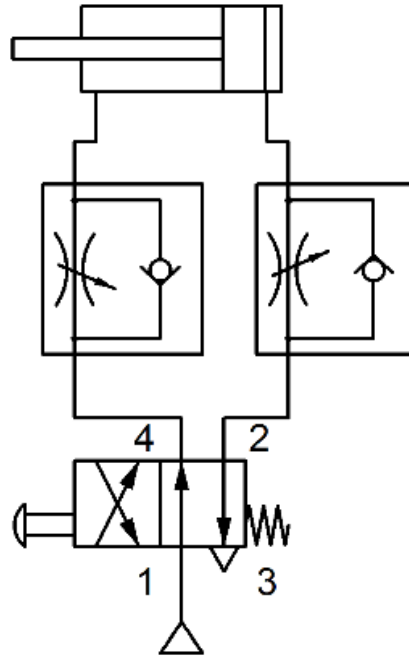


Figura 3.10.- Regulación en ambos sentidos.

6. Ahora si se requiere aumentar la velocidad, se puede colocar una válvula de escape rápido tal y como se puede ver en la figura 3.11 el circuito consta de un cilindro de doble efecto, una válvula de escape rápido y una válvula 4/2. La válvula de escape rápido se coloca justo en la salida del cilindro, ya que la disminución de velocidad se da porque el flujo de aire tiene que viajar una cierta distancia hasta llegar a la salida de la válvula 4/2, pero con la válvula de escape rápido no tiene que recorrer dicho camino, ya que el aire sale directamente a la atmósfera, sin necesidad de llegar a la válvula 4/2, es decir, al accionar la válvula 4/2 el vástago comenzara a avanzar, pero el aire contenido en la cámara del vástago, en vez de salir por la conexión entre 1 y 2, saldrá por la conexión entre 2 y 3, sin necesidad de llegar al escape de la válvula 4/2, con lo que aumenta la velocidad del vástago a la salida.

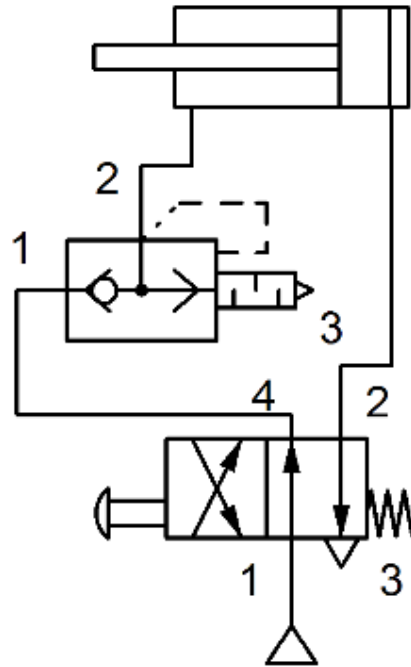


Figura 3.11.- Aumento de la velocidad de avance.

7. Mando simultaneo: En ocasiones es necesario asegurar la seguridad del trabajador que activa a los actuadores, ya que en ocasiones al solo tener una sola válvula que gobierne el actuador, deja al trabajador con una mano libre, la cual puede sufrir un accidente por propio descuido, por ello cuando se tenga la presencia cercana entre los actuadores y los trabajadores, es recomendable tener algunos de los siguientes circuitos o similares, los cuales aseguran que el trabajador deberá estar accionando dos válvulas a la vez. En la figura 3.12 se observan dos válvulas 3/2 conectadas en serie, lo que produce que al activar solo una de ellas el aire no pueda pasar al actuador, ya que se necesitan que las dos válvulas estén activadas, para que así el aire pueda llegar a la válvula 4/2 y pueda avanzar el cilindro, pero si alguna válvula se suelta, el cilindro regresara a su posición normal.

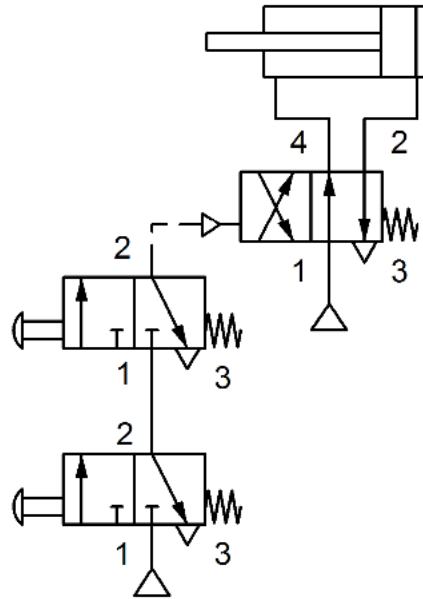


Figura 3.12.- Mando en serie.

En la figura 3.13 se observa un cilindro, una válvula 4/2, dos válvulas 3/2 y un válvula de simultaneidad o AND, la cual solo dejara pasar el aire cuando las dos válvulas 3/2 estén activadas, ya que si solo una se activa, la válvula AND cerrara el camino por donde puede circular el aire, pero si la otra es activada en este momento, el aire que es controlado por esta última, podrá pasar por la válvula AND y así llegar a la válvula 4/2.

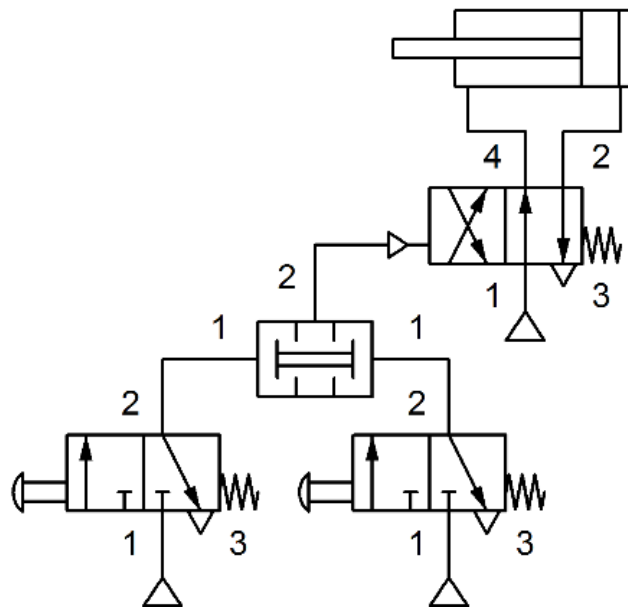


Figura 3.13.- Mando con válvula de simultaneidad.

8. Mando desde diferentes puntos. Cuando se requiera tener varios sitios en donde se pueda activar un actuador con una sola válvula sin depender de las otras o que estas afecten el funcionamiento, se puede optar por circuitos como los que a continuación se muestran. En la figura 3.14 se pueden ver un cilindro de simple efecto, dos válvulas 3/2 y una válvula selectora de circuito o OR, donde se puede ver que al activar cualquier válvula 3/2, el cilindro avanzara y la válvula OR cerrara la conexión con la válvula 3/2 restante, para que así no suceda nada si es que esta llega a ser activada.

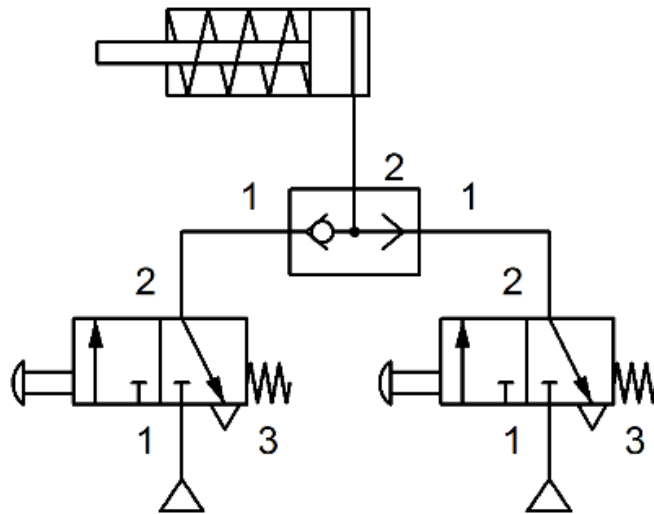


Figura 3.14.- Mando desde 2 puntos.

En la figura 3.15 se tiene un circuito donde existen 4 mandos, válvulas 3/2, con los que se pueden activar al cilindro de simple efecto, ya que el circuito cuenta con 3 válvulas selectoras de circuito, acomodadas de manera tal que en el momento de activar cualquier mando o válvula 3/2, estas válvulas selectoras de circuito cerraran las conexiones hacia las demás válvulas 3/2 restantes.

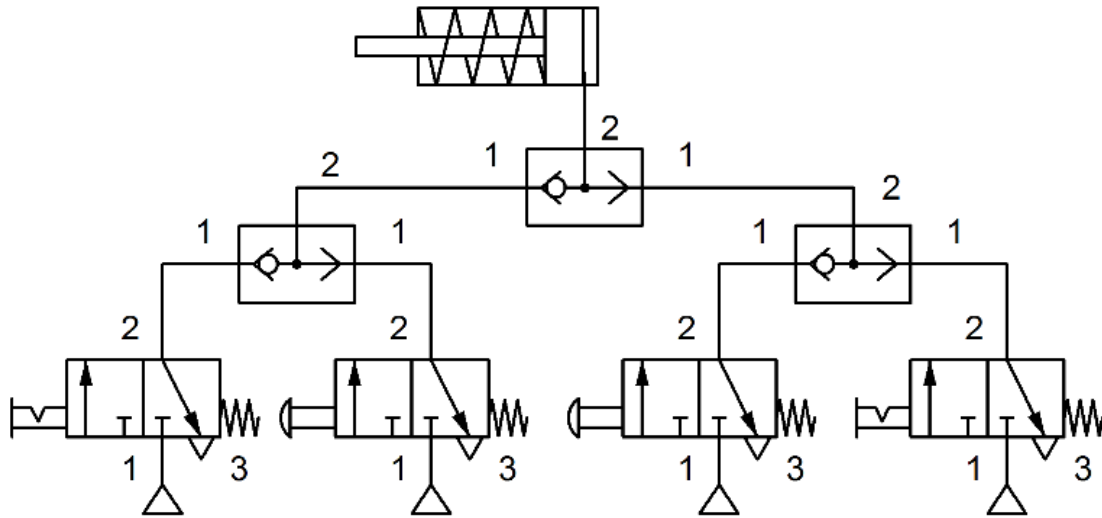


Figura 3.15.- Mando desde 4 puntos.

9. Control de fuerza. En ocasiones es necesario controlar la fuerza ejercida por el actuador, ya sea por propia seguridad o porque el proceso así lo exige. Para poder controlar la fuerza se necesitan colocar válvulas reguladoras de presión. En el circuito de la figura 3.16 se observa una cilindro de doble efecto, una válvula reguladora de presión, una válvula 4/2 y la alimentación. En este circuito la válvula reguladora reduce la presión que provee la alimentación, ya que cuando el flujo llega a 1 y pasa a través de la válvula, sale ya con una presión menor en 2 y el exceso del flujo presurizado es dirigido y purgado por 3. Con esto se puede garantizar que la presión en el cilindro se mantendrá en la presión que se necesite.

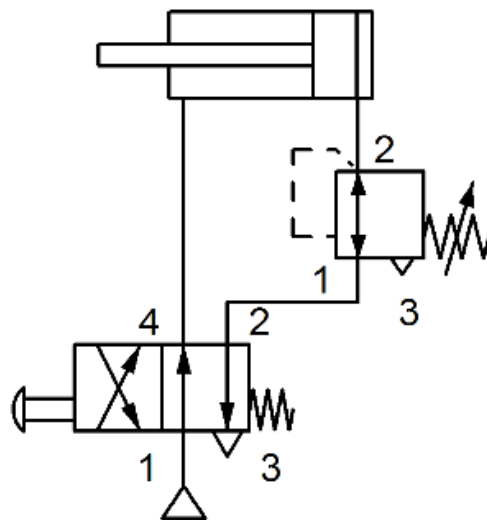


Figura 3.16.- Control de la fuerza.

10. Mando temporizado. Este mando se logra al utilizar un temporizador, el cual es una combinación de una válvula reguladora de caudal, un pequeño depósito y una válvula 3/2 pilotada reumáticamente por un lado y con retorno por muelle, todo en un solo elemento, tal y como se observa en la figura 3.17.

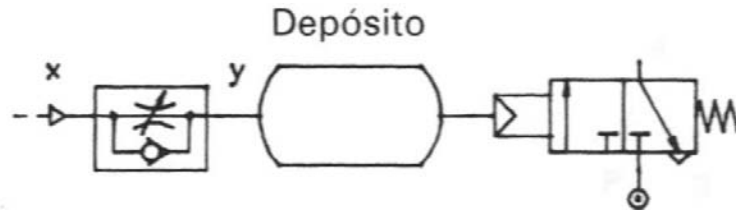


Figura 3.17.- Representación esquemática de un temporizador.

Este temporizador nos ayuda a retrasar una señal en función del tiempo; para entender mejor el funcionamiento, se tiene el circuito de la figura 3.18 en el cual hay un cilindro de doble efecto, una válvula de distribución 4/2, un temporizador en su forma simplificada, y una válvula de control 3/2. El objetivo de este circuito es el retrasar la señal para el pilotaje de la válvula distribuidora 4/2 que gobierna los movimientos del cilindro, ya que al momento de activar la válvula 3/2 de mando, la válvula 4/2 conmutará, haciendo avanzar el vástago y a su vez activará el temporizador, que dependiendo del tiempo que se le haya colocado o configurado, es como también conmutará ahora en sentido inverso a la válvula 4/2, ya que el temporizador conmutará su válvula 3/2 y así pilotear la válvula 4/2 que iniciará ahora el retroceso del vástago.

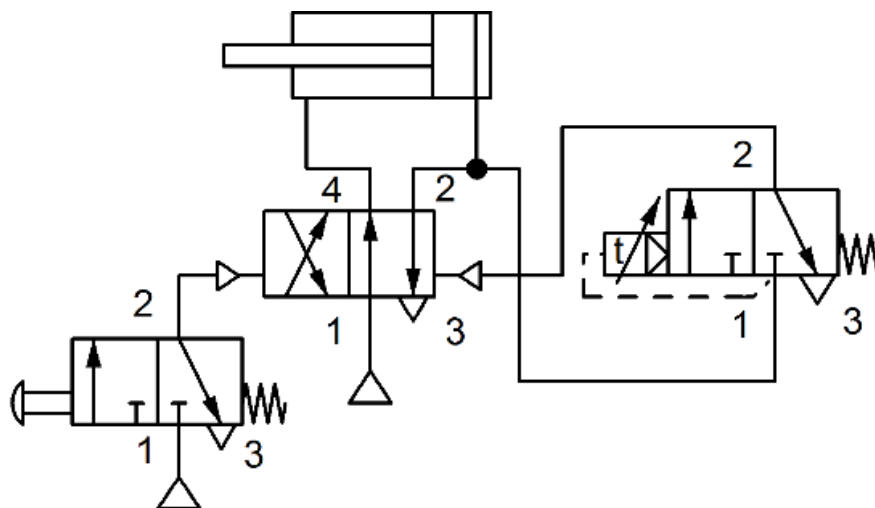


Figura 3.18.- Circuito temporizado.

3.3. Denominación de elementos de un circuito.

Ahora se describen circuitos un poco más complicados, ya que ahora tendrán 2 actuadores o más, por lo que es conveniente identificar y agrupar ciertos componentes, de lo contrario se crearán confusiones. Lo anterior se logra colocando a cada actuador, un número comenzando desde el 1, es decir, si en un sistema se tienen 3 actuadores se tendrán 3 grupos, los cuales son el grupo 1, el grupo 2 y el grupo 3, pero también es bueno colocarles una letra mayúscula como A, B, C, etc., ya que estas ayudaran en los diagramas de movimiento, que se explicarán más adelante.

En tanto que para los elementos que son parte de un grupo, se utilizara el punto decimal después del número del grupo que pertenece, es decir, si hay 2 elementos en el grupo 1, estos se identificarán como 1.1 y 1.2. Para identificar también los elementos de alimentación se tiene el número 0, e igualmente, si hay varios elementos que contribuyen al control de la alimentación, se les identificarán con 0.1, 0.2, 0.3, etc.

Otro punto importante es para cuando se tienen que identificar los detectores de final de carrera de los cilindros. Se tiene normalmente 2 casos: para los captadores que detectan la posición del vástago introducido o en retroceso, se le designara, la letra correspondiente al cilindro y con él el número 0, mientras que los captadores que detectan el vástago al final de la carrera de avance, se le designaran con la letra correspondiente al cilindro y con el número 1. Estos subíndices son porque el cilindro se comporta como un elemento binario, es decir, tiene solo dos posiciones o estados. En la figura 3.19 se puede observar un diagrama donde se distinguen cada uno de los elementos tal y como se dijo antes.

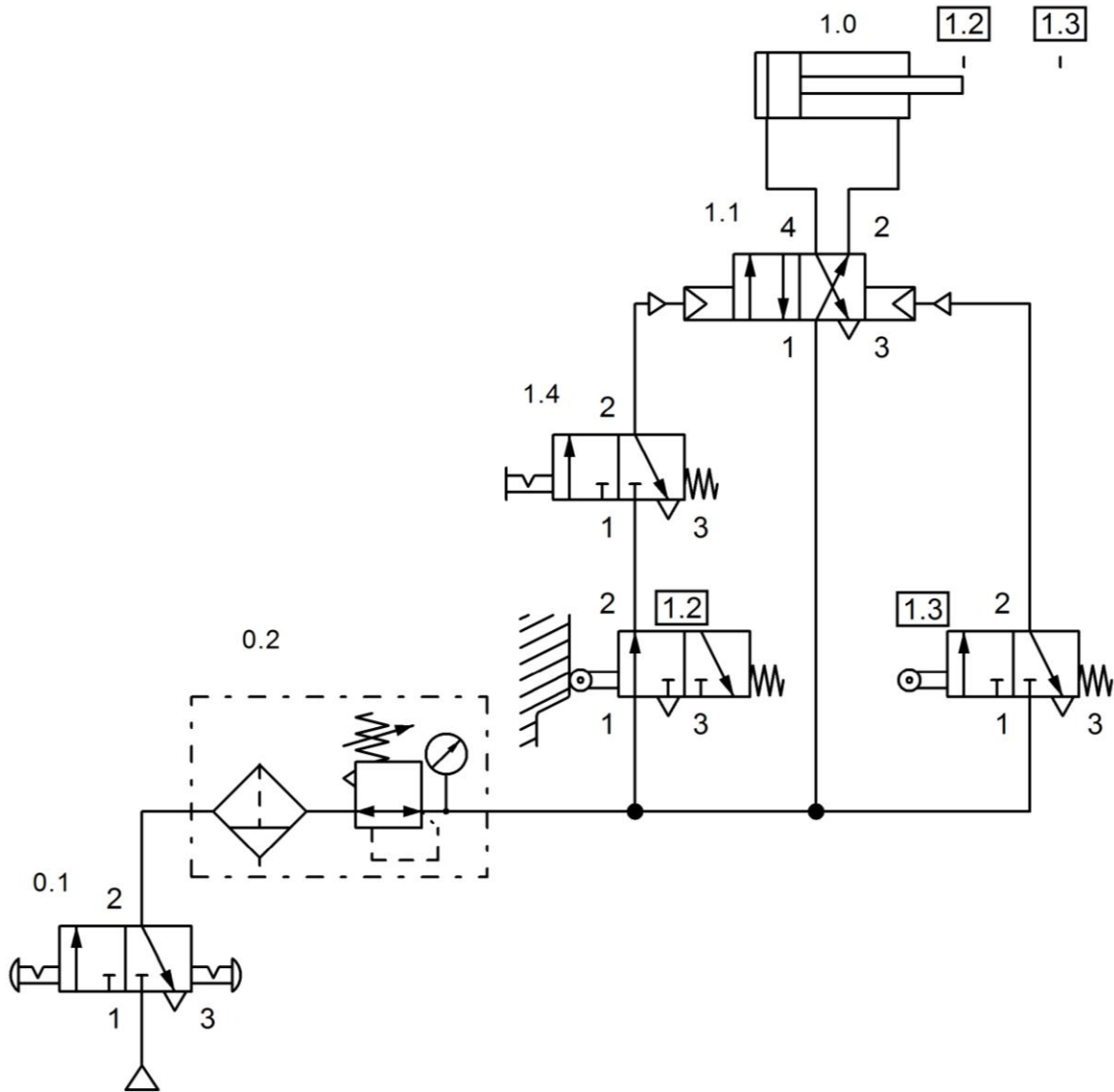


Figura 3.19.- Sistema con denominación de elementos.

3.4. Sistemas con dos o más actuadores.

Para poder analizar mejor los sistemas que cuentan con más de dos actuadores, es preciso hablar sobre algunas cuestiones básicas, las cuales se irán explicando.

De entre las primera cuestiones que se tienen al manejar dos actuadores, es de esperarse que no funcionen en el mismo orden, es decir, que un actuador primero sea activado y después de un momento el otro, y finalmente los dos regresar al mismo tiempo o en tiempos diferentes; por lo que pueden haber muchas formas en que los sistemas pueden manejar a sus actuadores.

Por ello se tiene una forma de lograr identificar este orden, el cual se muestra en la tabla 3.2 en donde se puede observar que el sistema cuenta con 3 actuadores, A, B y C, donde el primero en moverse es A, después B, posteriormente C, después se da el regreso de A, y finalmente regresan B y C. Lo anterior también se puede escribir como A+B+C+A-B-C-, pero se suele entender mejor con la tabla 3.2, ya que en ella se representan las etapas a seguir.

Tabla 3.2. Cuadro de secuencia.

Etapa.	Actuador.		
	A	B	C
1	+		
2		+	
3			+
4	-		
5		-	-

En sistemas que cuentan con dos o más actuadores es muy común usar válvulas de rodillo, ya que con estas se pueden crear ciclos automáticos, es decir, que al solo activar una válvula comenzara un ciclo donde los actuadores se accionaran en un cierto orden sin necesidad de activar manualmente otra válvula. Pero las válvulas de rodillo suelen dar algunos problemas, como las señales de presión indeseables, ya que como se puede observar en la figura 3.20 se tiene que le vástago y su leva accionara doble vez la válvula de rodillo al momento de realizar sus movimientos.

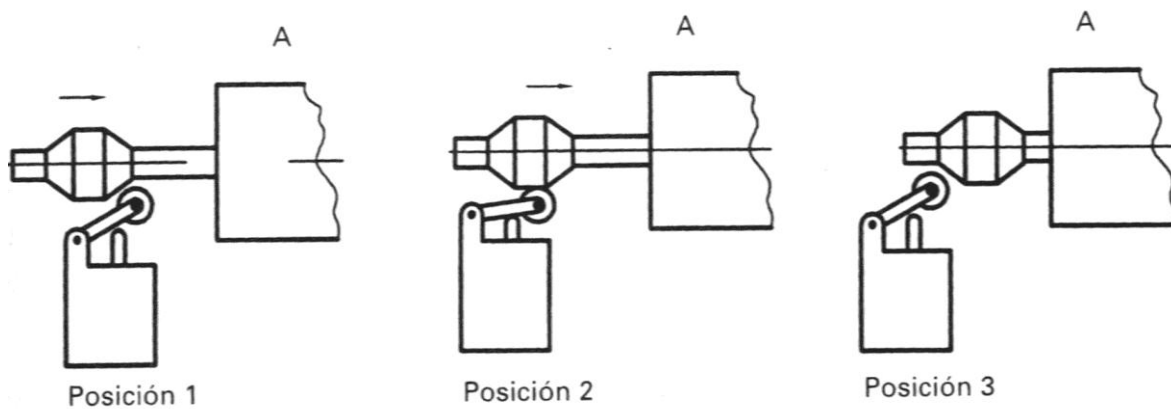


Figura 3.20.- Accionamiento de una válvula de rodillo.

Por lo que para evitar lo anterior se suelen usar las válvulas de rodillo escamoteable, ya que como se observa en la figura 3.21, con esta válvula se asegura que el vástago solo la activara cuando vaya, en este caso, en la carrera de retroceso, y mientras en la carrera de avance no lo hará gracias al diseño que tiene la válvula.

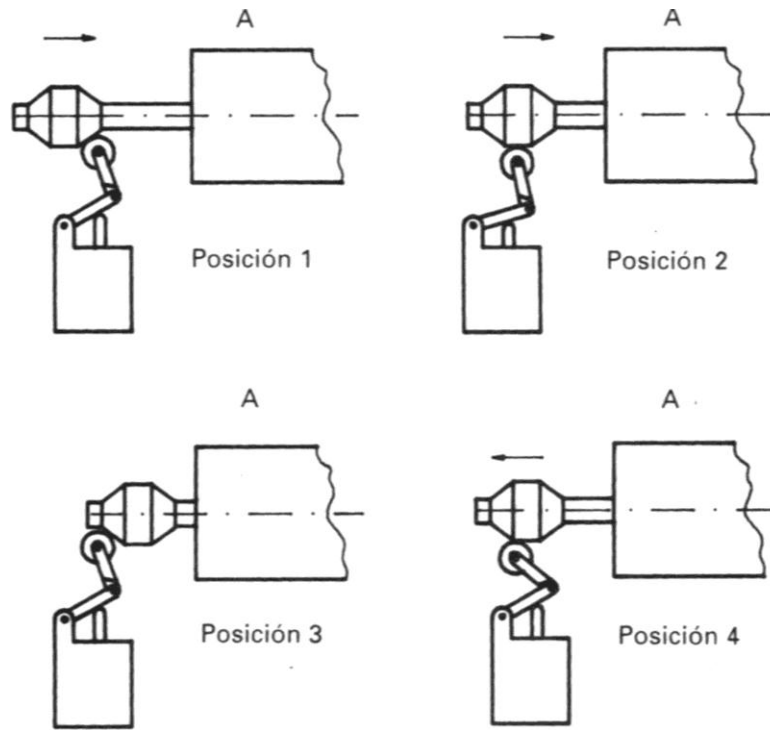


Figura 3.21.- Funcionamiento de una válvula de rodillo escamoteable.

Lo anterior se explica porque con las válvulas de rodillo escamoteable suelen resolver algunos problemas con las señales permanentes o señales indeseables en las válvulas de distribución que son accionadas neumáticamente, ya que para desplazar la corredera de las válvulas biestables, es necesario que la cámara opuesta no tenga aire a presión o que debe estar conectada a la atmósfera.

En el circuito de la figura 3.22, se tiene el uso de las válvulas de rodillo y sus problemas. Lo que se quiere lograr es el tener el ciclo $A+B+A-B-$, pero el circuito tiene válvulas de rodillo, con las cuales se presentan problemas, ya que primeramente la válvula b_1 se encuentra a mitad de la carrera del cilindro A, porque al activar m_1 se pilotea 1.1 y comienza el avance de A, pero en su paso activara a B_1 y comenzara a avanzar B, pero cuando A llega al final de su carrera, activara a B_0 y B retrocederá, lo que no cierra el ciclo.

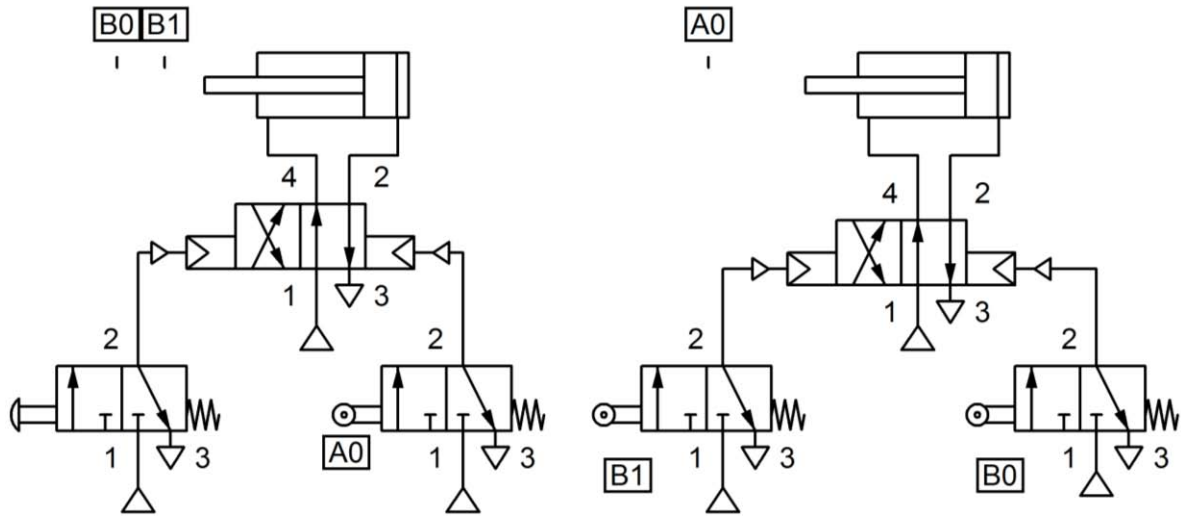


Figura 3.22.- Circuito con válvulas de rodillo.

Pero si se sustituyen las válvulas de rodillo B₀ y B₁ por válvulas de rodillo escamoteable, se podrá llegar el ciclo, ya que en el circuito mostrado, figura 3.23 se tienen ya las válvulas de rodillo escamoteable, cuando A comienza a avanzar, en ese sentido activará a B₁ y avanzará B, pero cuando llega al final de la carrera no habrá activado a B₀, por lo que le da tiempo a B de llegar a su final de carrera y así activar a A₀, lo que produce el retroceso de A, y cuando A retrocede, este activará a B₀, produciendo el retroceso de ambos actuadores, ya que tampoco el vástago de A activará a B₁ en su carrera de retroceso.

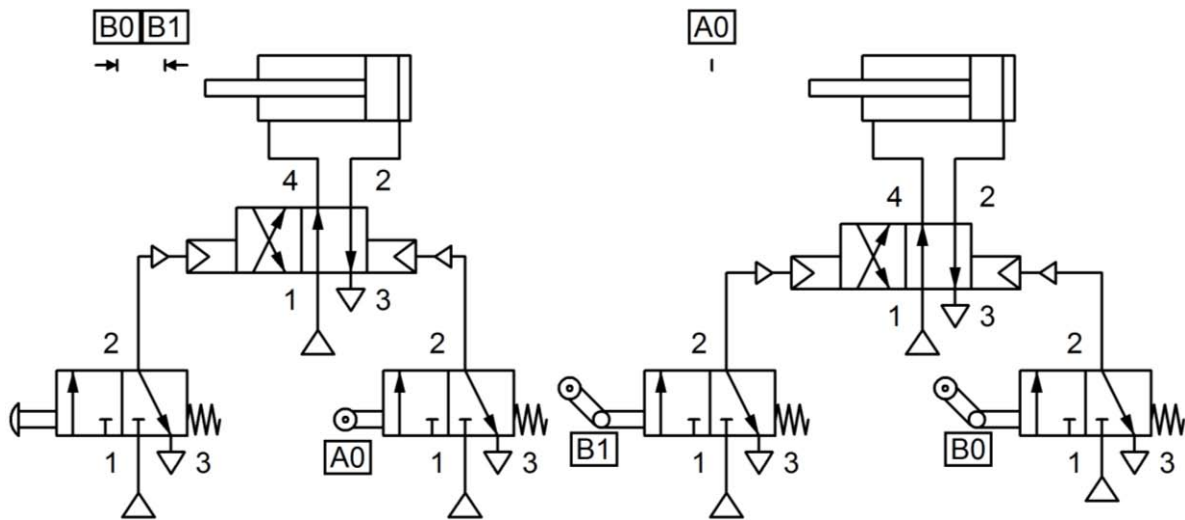


Figura 3.23.- Circuito con válvulas de rodillo escamoteable.

3.5. Diagramas de movimientos.

Los diagramas de movimiento nos ayudan a visualizar de una forma gráfica los movimientos que realizan los actuadores durante el ciclo, que pueden estar en función del espacio y la fase, o, del espacio y el tiempo. El que más comúnmente se representa es el espacio – fase, ya que este estará unido al diagrama de señal de mando, el cual se explicara más adelante. Estos no son muy relevantes en sistemas que tienen uno o dos actuadores, pero para circuitos más grandes es cuando toman importancia.

En el circuito que se muestra en la figura 3.24, se muestra un proceso de corte, en donde primeramente un cilindro A sujeta la pieza, y posteriormente un cilindro B actúa también sobre dicha pieza realizando el barreno.

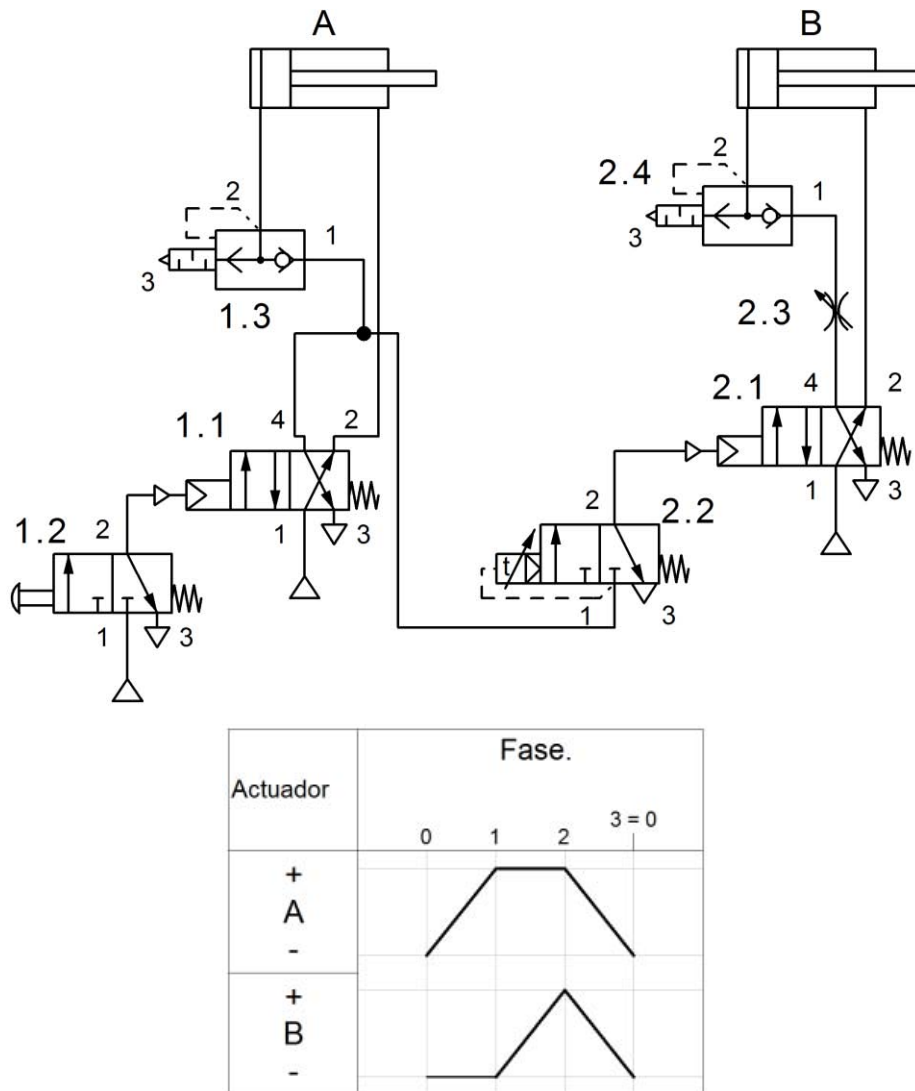


Figura 3.24.- Circuito para proceso de corte.

Como se puede observar, al pulsar la válvula 1.2 se pilotea 1.1, la cual hará avanzar al cilindro A y activara el temporizador 2.2, la cual es la primera fase del sistema y del diagrama. Después de un tiempo determinado por el temporizador, se abrirá y piloteara a 2.1, que hará avanzar al cilindro B lentamente debido a la válvula de regulación, y esta será nuestra segunda fase, en el diagrama es el espacio que corresponde a 1 -2, finalmente cuando termine el avance del cilindro B, el operario deberá soltar a 1.2 para que las válvulas 1.1 y 2.1 conmuten y hagan regresar el vástago de ambos cilindros, a una velocidad rápida, gracias a las válvulas de escape rápido, y esta será nuestra fase 3, la cual es la misma que la fase cero, ya que el ciclo puede comenzar de nuevo, tal y como se observa en el diagrama.

3.6. Circuitos con más de 2 actuadores.

En este tipo de circuitos ya es muy común encontrarse con problemas de señales permanentes en las válvulas de distribución, y como se dijo antes, una solución es usar las válvulas de rodillos escamoteables, pero hay otros métodos que también pueden solucionar este tipo de problemas. Pero para detectar las señales permanentes es útil conocer el diagrama de señal de mando, en donde se muestran gráficamente cada uno de los captadores de señal que pilotean a las válvulas distribuidoras de cada cilindro, por lo que cada cilindro tiene 2 captadores de señal. Esto se puede exponer mejor en el circuito de la figura 3.25.

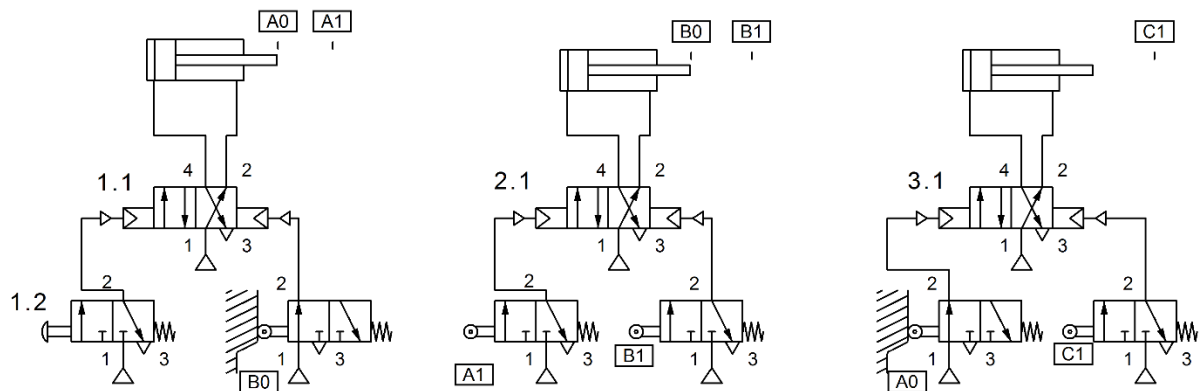


Figura 3.25.- Circuito con válvulas de rodillo.

En dicho circuito primeramente se usan válvulas de rodillo, con lo que tendrá señales permanentes, tal y como lo muestra el diagrama de movimientos y el diagrama de señal de mando, figura 3.26, junto con el cuadro de secuencia, tabla 3.3.

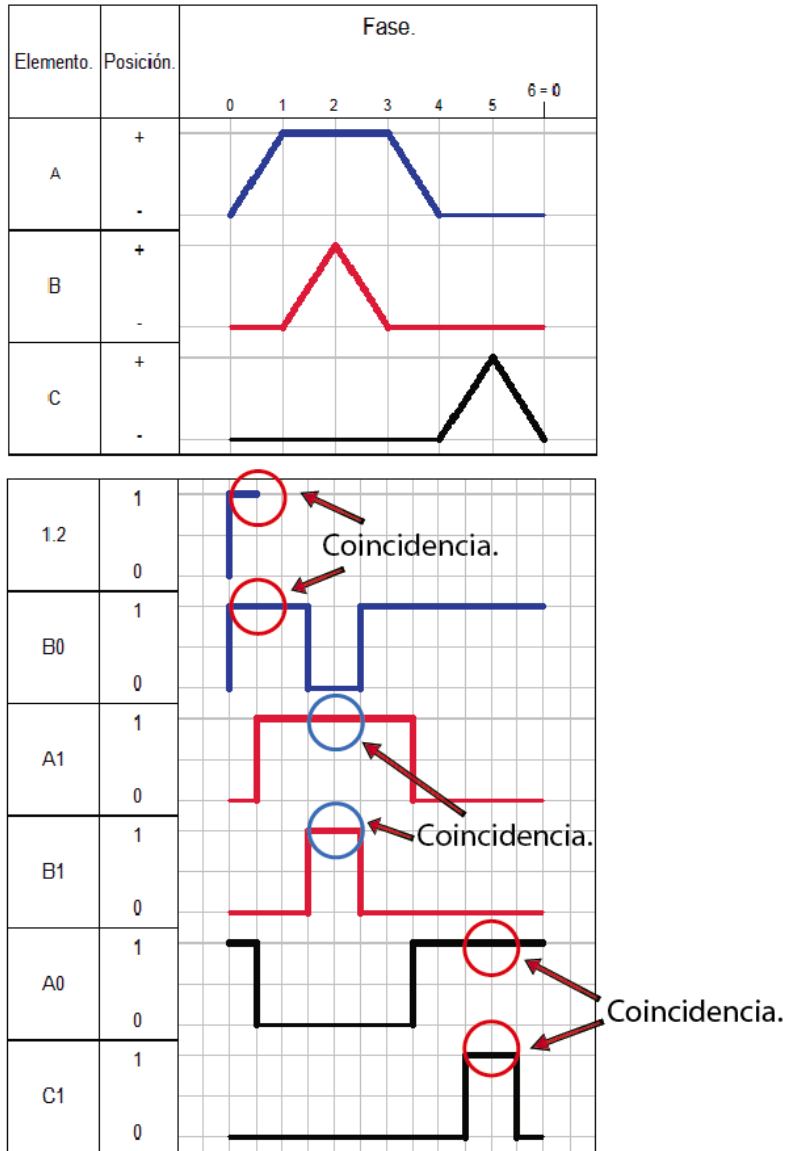


Figura 3.26.- Diagrama de movimientos y diagrama de señal de mando.

Tabla 3.3. Cuadro de secuencia.

Etapa.	Actuador.		
	A	B	C
1	+		
2		+	
3		-	
4	-		
5			+
6			-

Para poder detectar las señales permanentes, es preciso fijarse en el diagrama de señal de mando figura 3.26, donde se puede ver que los captadores de señal de A (1.2 y B0) en la fase 0 estarán activados, es decir, están en 1, lo que significa que la válvula que pilotean tendrá presión en ambos lados y así no podrá conmutar, impidiendo que el ciclo comience. Si se observa mas el diagrama, se observa que los captadores del cilindro B (A1 y B1) en la fase 2, también estarán en 1 o activados, y no podrá moverse el cilindro. También ocurre lo mismo con el cilindro C en la fase 5, donde sus captadores (A0 y C1) estarán activados.

Para resolver estos errores, es preciso usar las válvulas de rodillo escamoteable, tal y como se muestra en el circuito, figura 3.27, ya con el circuito arreglado se tiene su funcionamiento como sigue: al pulsar la válvula m_1 avanza el cilindro A y este no activara a a_0 y tampoco estará activado b_0 , con lo que el cilindro A avanzara hasta al final y antes de terminar su carrera, activara a a_1 , lo cual hará avanzar a B, e igualmente no activara a b_0 pero si a b_1 , la cual hace que retroceda B, y antes de que termine su carrera B, activara a b_0 , la cual hace que retroceda A. Al retroceder A, antes que finalice su carrera de retroceso, activara a a_0 la cual hace que avance el cilindro C, y este al finalizar su carrera, activara a c_1 que hace que retroceda el mismo cilindro C, con lo cual finaliza el ciclo.

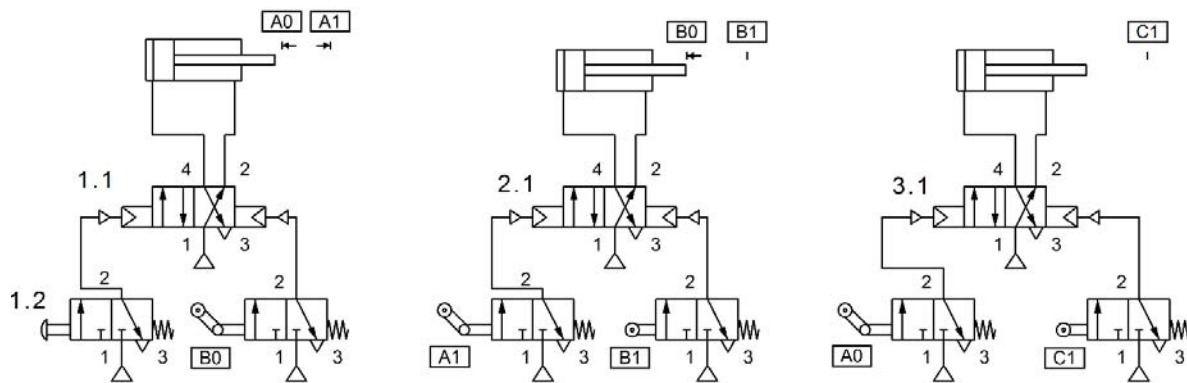


Figura 3.27.- Circuito con válvulas de rodillo escamoteable.

También se muestra el diagrama de movimientos y el nuevo diagrama de señal de mando, figura 3.28, donde se puede observar que ya no existen coincidencias entre los captadores de señal.

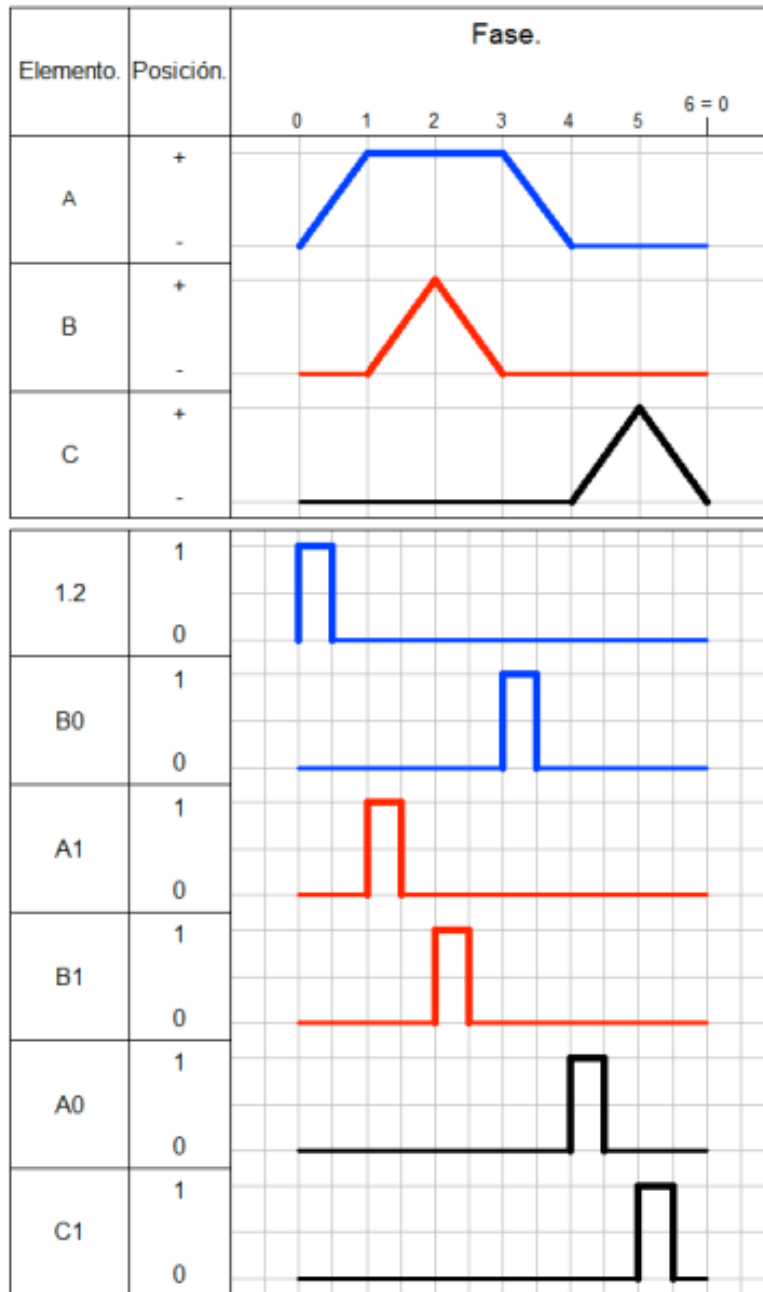


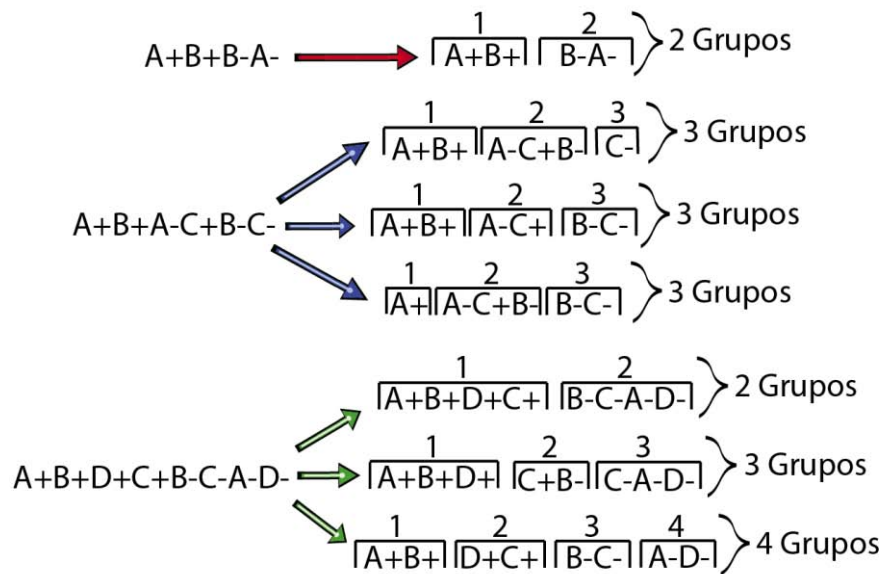
Figura 3.28.- Diagrama de movimientos y diagrama de señal de mando.

Como se vio, al usar las válvulas de rodillo escamoteable, es preciso tomar en cuenta que estas deben de ser accionadas justo antes que termine la carrera del vástago, ya que si se colocan en el lugar donde termina su carrera, estas válvulas estarán pulsadas durante ese momento, con lo que se tendrán problemas similares que con las válvulas de rodillo antes expuestas.

3.7. Métodos sistemáticos: conexión en cascada y paso a paso.

Otra forma de evitar los problemas que se tienen cuando se usan las válvulas de rodillo, es por medio de los métodos sistemáticos, con los cuales se trata de que todas las señales que son emitidas por los captadores sean distribuidos de forma metódica y eficaz, para que con ello no se den las interferencias o simultaneidades entre pilotajes contrapuestos de los distribuidores neumáticos. Lo cual se logra cuando se alimenta a los captadores de señal solo cuando es necesario, y dejando a las demás señales con ninguna alimentación; lo anterior quiere decir que a una señal de entrada corresponde una única señal de salida, mientras el resto de los grupos se encuentran conectados a escape.

Para empezar a analizar estos métodos es necesario formar grupos de señal neumática a partir de la secuencia que deberán seguir los actuadores. Dichos grupos tendrán una señal de presión en un determinado orden, y para obtener estos grupos, se parte de tener la secuencia bien establecida, por ejemplo la secuencia A+B+A-B-. Posteriormente para la formación de grupos, se realiza agrupando a partir de la izquierda a dicha secuencia, formando los grupos, donde en cada grupo no debe de haber letras repetidas. Para que el sistema sea lo más fácil posible, es necesario que existan el menor número de grupos y además en cada grupo debe de haber un máximo de letras como los hay de actuadores. Por ejemplo si se forma las siguientes secuencias:



Como se observa, hay diferentes combinaciones según sea la secuencia, pero hay que recordar que no se tiene que repetir una letra dentro de cada grupo. Además para completar la información de los grupos, es necesario colocar debajo de cada letra los captadores de señal, por ejemplo:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline \boxed{A+B+} & \boxed{A-C+} & \boxed{B-C-} \\ \hline a_1 & b_1 & a_0 \quad c_1 \\ & & b_0 \quad c_0 \\ \hline \end{array}$$

Y como se ve, el grupo 1 alimentara con presión a los captadores a_1 y b_1 , el grupo 2 a a_0 y c_1 , y el grupo 3 a b_0 y c_0 , todo esto en un momento determinado del ciclo.

Conexión en cascada.

Para poder realizar la conexión en cascada en un sistema, se ocupan válvulas de 4 o 5 vías y 2 posiciones, accionadas neumáticamente por ambos lados, llamadas también biestables o con memoria, ya que estos mantienen todo el tiempo la última posición a la que fueron sometidas, hasta que exista otra señal contraria.

El número de válvulas que se emplean en un sistema de cascada, obedecen la siguiente fórmula:

$$\text{No. de memorias o válvulas} = \text{No. de grupos} - 1$$

Con este método lo que se quiere lograr es obtener una señal hacia un grupo específico, el cual será provisto de presión, mientras que los grupos restantes se encuentran conectados a escape, todo esto mediante señales ordenadas que las captaran las válvulas biestables. Como se puede apreciar en la figura 3.29 se encuentra la conexión en cascada para dos grupos de actuadores, y se puede observar que como se dijo, solo es necesaria una válvula, ya que como dice la fórmula: $\text{No. de válvulas} = \text{No. de grupos} - 1 = 2 - 1 = 1$ válvula. La conexión muestra que si hay una señal en e_1 , entonces conmutara la válvula, con lo que habrá presión en G1 (grupo 1) mientras que cuando halla una señal en e_2 , entonces habrá conmutado la válvula y habrá presión en G2 (grupo 2).

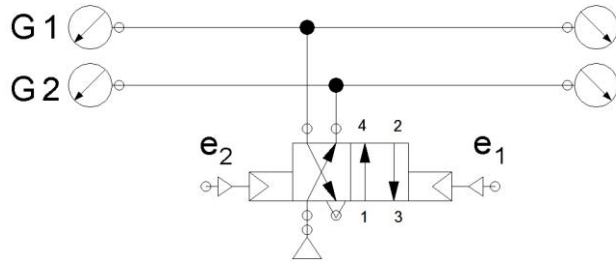


Figura 3.29.- Conexión en cascada para 2 grupos.

Lo anterior aplica también con grupos más grandes, ya que por ejemplo en la figura 3.30 se observan conexiones para 3 y 4 grupos, y también sucede lo mismo al ir activando cada válvula en un orden secuencial, es decir, tiene que haber presión primeramente en G1, después en G2, después en G3, etc. para que se pueda dar correctamente el método, ya que de lo contrario, no se ejecutara correctamente.

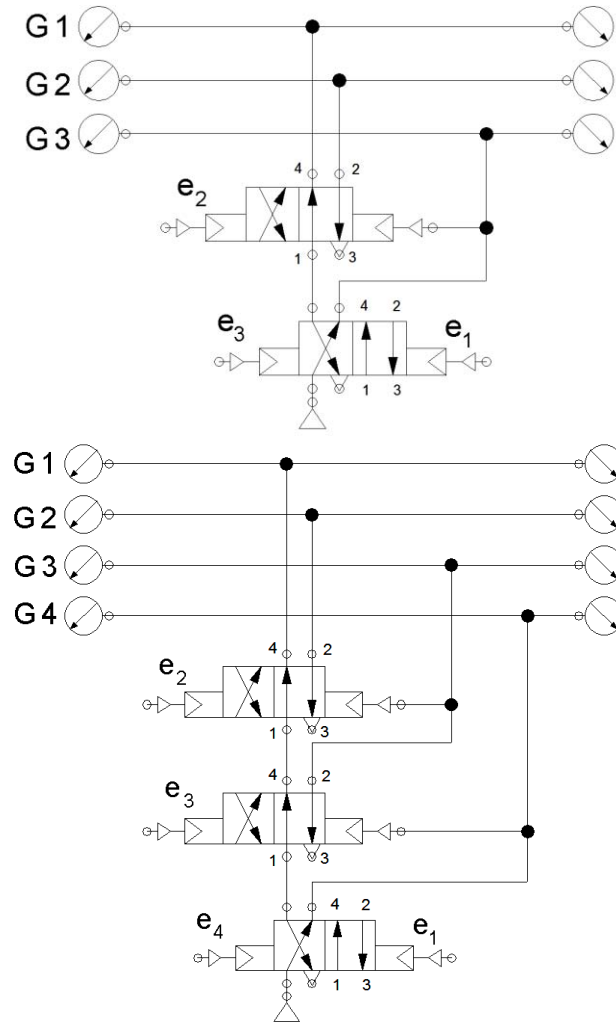
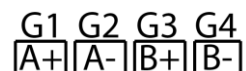


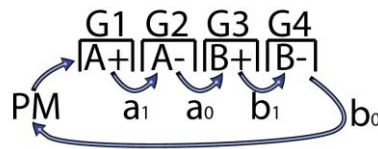
Figura 3.30.- Conexión en cascada para 3 y 4 grupos.

Los anteriores circuitos muestran la misma forma en que tienen que ser conectadas las válvulas una con otra, además también se muestra que el último grupo siempre queda presurizado. Con lo que se resume que en el método de cascada, las válvulas de memoria se colocan en *serie*. Ahora se resolverá por pasos la siguiente secuencia: A+ A- B+ B-, por medio del método de cascada.

1. Se forman grupos por cada fase, para así ilustrar mejor el procedimiento, aunque más adelante se “economizara” este método. Al formar los grupos se forman 4 grupos: G1, G2, G3 y G4, así:



2. Y como se dijo es bueno colocar los finales de carrera para cada fase, ya que los finales de carrera de cada grupo se alimentan de la línea del dispositivo del mando del grupo al que pertenecen, y sirven para cambiar la presión al grupo siguiente:



Con esto se puede observar que a_1 toma presión de G1 y así pasarla a G2, igualmente a_0 toma de G2 y la pasa a G3, y así sucesivamente, donde PM (pulsador manual) es la válvula para la puesta en marcha.

3. Posteriormente se dibujan los actuadores junto con sus válvulas distribuidoras, y las válvulas de memoria correspondientes al caso, en este caso son 4 grupos, por lo que se necesitan 3 válvulas biestables conectadas en la forma en que se ha ya descrito. Lo anterior se representa en la figura 3.31.

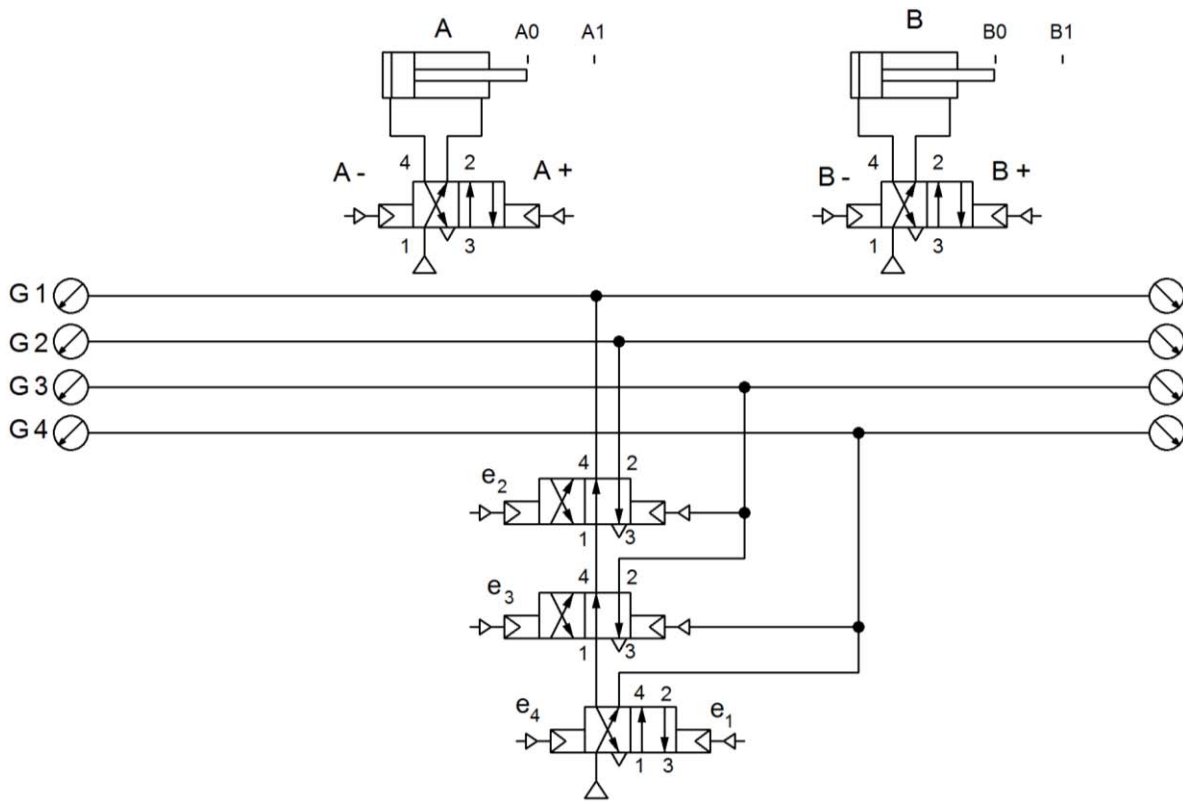


Figura 3.31.- Actuadores y conexión en cascada para 4 grupos.

4. Para poder realizar el método de cascada se tiene que ir haciendo fase por fase. Primeramente se observa que b_0 tiene una gran importancia, ya que este es el último final de carrera en ser activado durante el ciclo, además que este al iniciar el ciclo, debe de activar la memoria correspondiente para que así exista presión en G1. Por lo anterior se realiza la siguiente conexión de b_0 , figura 3.32.

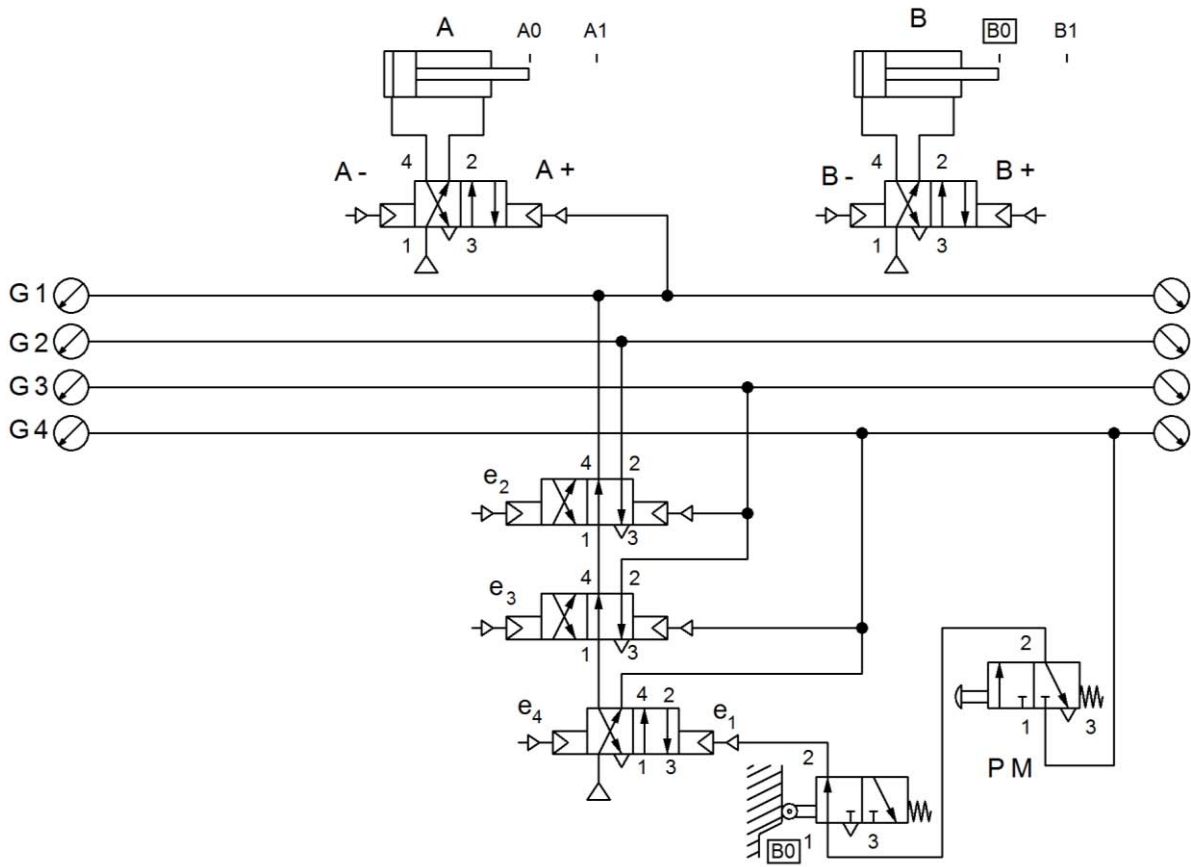


Figura 3.32.- Conexión de B0, PM y A+.

Se observa que debido a que b_0 es alimentada por G4 y tiene después que cambiar la alimentación a G1, se coloca de la forma mostrada, además de la válvula PM, la cual es la que da inicio al ciclo. También se observa la primera conexión de la válvula de distribución del cilindro A, ya que A+ se alimenta de G1, por ello se realiza también la conexión.

5. Al momento en que A+ llega a a_1 , este final de carrera debe de cambiar la presión a G2, pero como a_1 es alimentada por G1, se tiene la conexión mostrada en la figura 3.33. Además también se observa que A- se alimenta de G2, por ello también se conecta a G2.

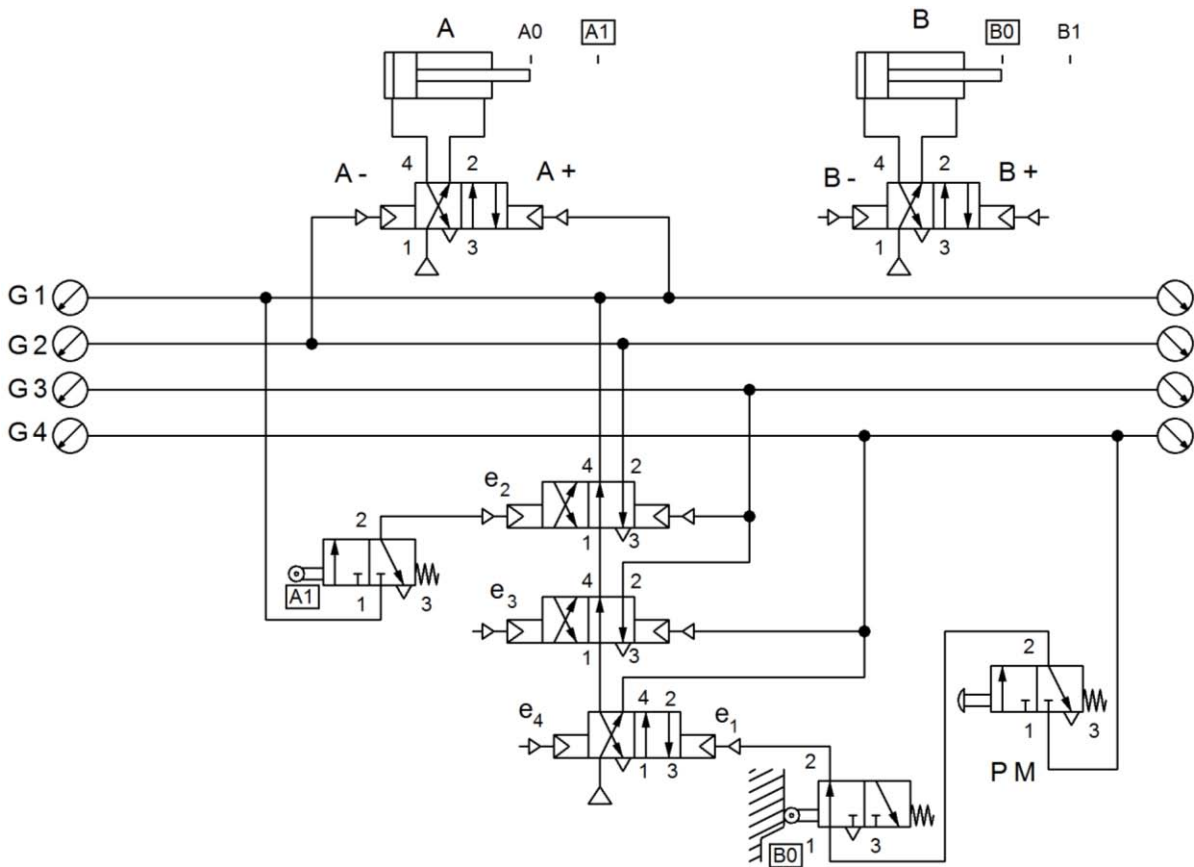


Figura 3.33.- Conexión de a_1 y A-.

6. Cuando el cilindro A regresa, se activara a a_0 , el cual es alimentada por G2 y tiene que ceder la presión a G3, tal y como lo muestra figura 3.34. También se observa que B+ se alimenta de G3, por ello se conecta la válvula de distribución del cilindro B a G3.

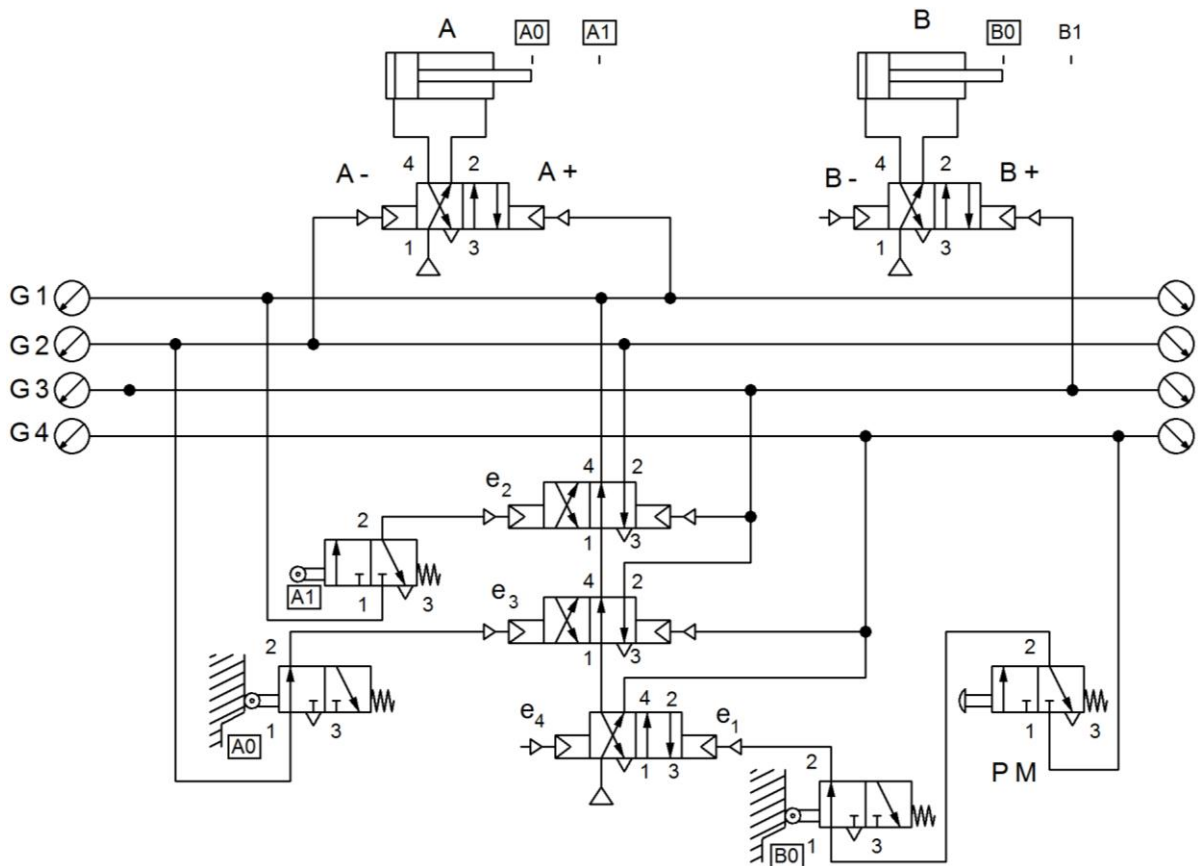


Figura 3.34.- Conexión de a_0 y $B+$.

7. Ahora, cuando $B+$ alcanza a b_1 , esta es alimentada por $G3$ y tiene que pasar la presión a $G4$, por ello también se conecta tal y como se observa en la figura 3.35. Como $B-$ depende de $G4$, esta se conecta a $G4$.

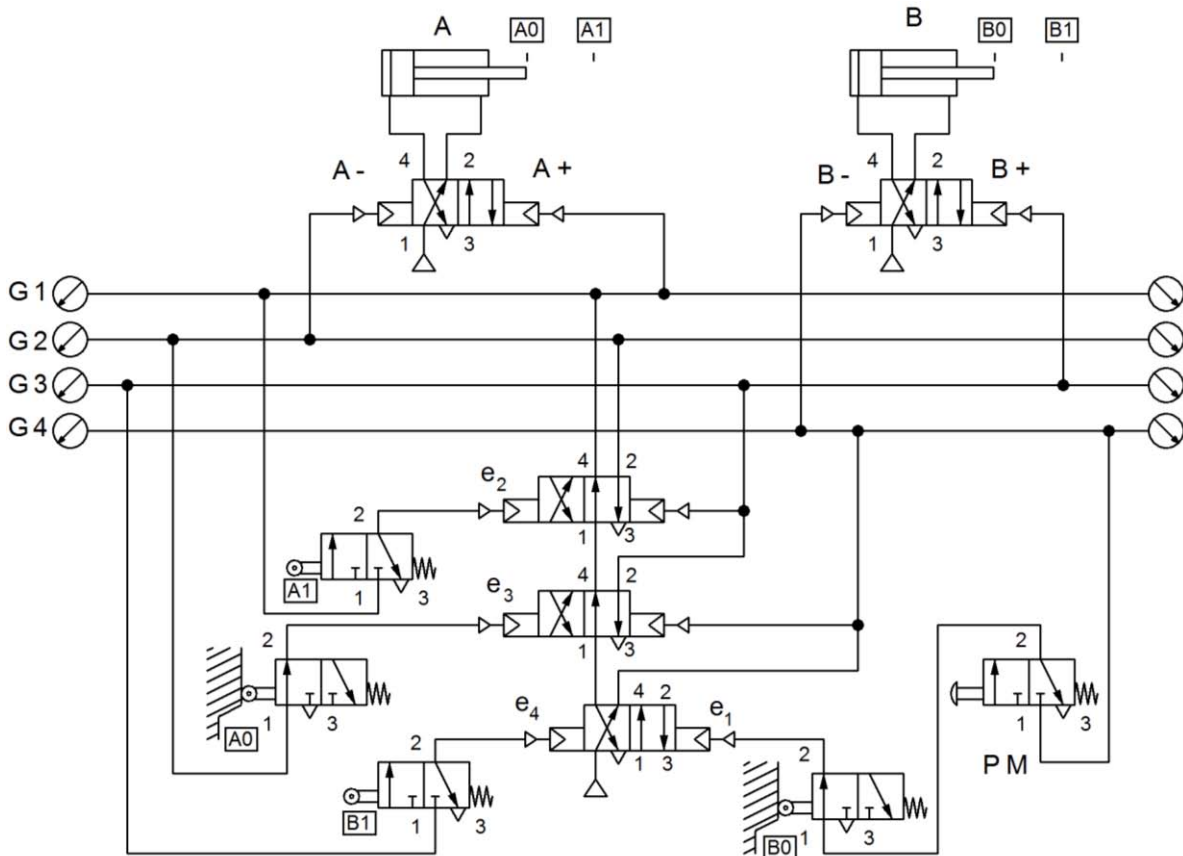


Figura 3.35.- Conexiones finales del circuito.

Finalmente cuando B- alcanza a b_0 , el ciclo queda completado y listo para iniciar nuevamente.

De lo anterior se concluye que los finales de carrera que cambian la presión entre grupos, se alimentan del grupo anterior (G_{n-1}) y dan presión al siguiente (G_n), por lo que tiene que existir presión en G_{n-1} para que exista en G_n . La conexión que mas se usa para este método es usar válvulas AND entre las válvulas de final de carrera y las salidas, ya que así se tiene mas rapidez y seguridad, como se observa en la figura 3.36.

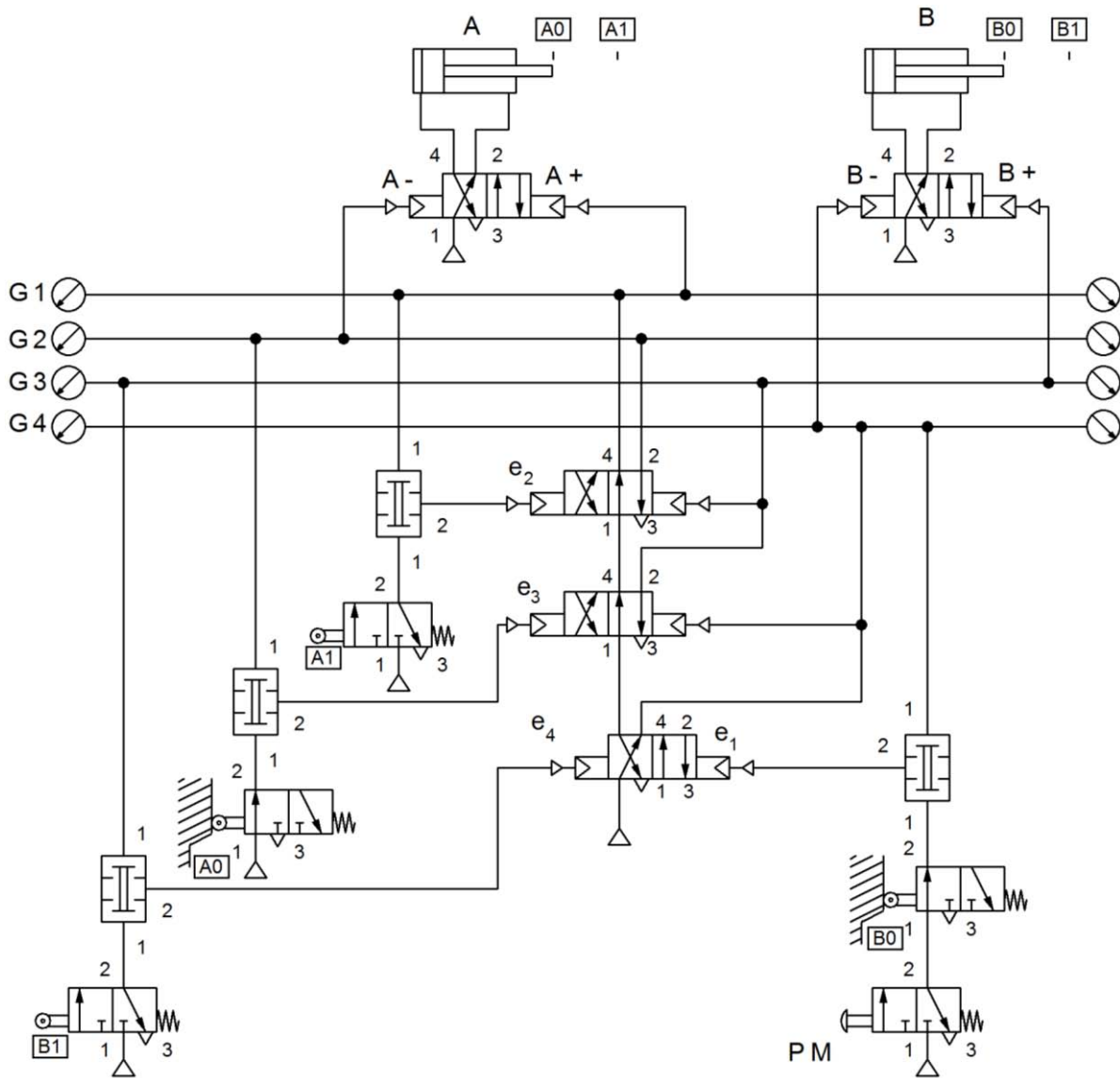
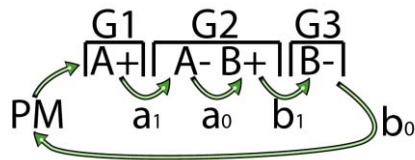


Figura 3.36.- Circuito en cascada con válvulas AND.

El anterior circuito puede ser muy costoso, ya que ocupa a 3 memorias, por ello si se acomodan los grupos del ciclo de la siguiente forma se tendrá que:



Con lo que se llegan a tener 3 grupos, y así solamente ocupar 2 válvulas de memoria, y siguiendo un procedimiento similar al anterior, se tendrá el siguiente circuito, figura 3.37, en donde se observa que a_0 no tiene que cambiar la presión entre grupos, sino que tiene solo efecto directo sobre 2.1, B+.

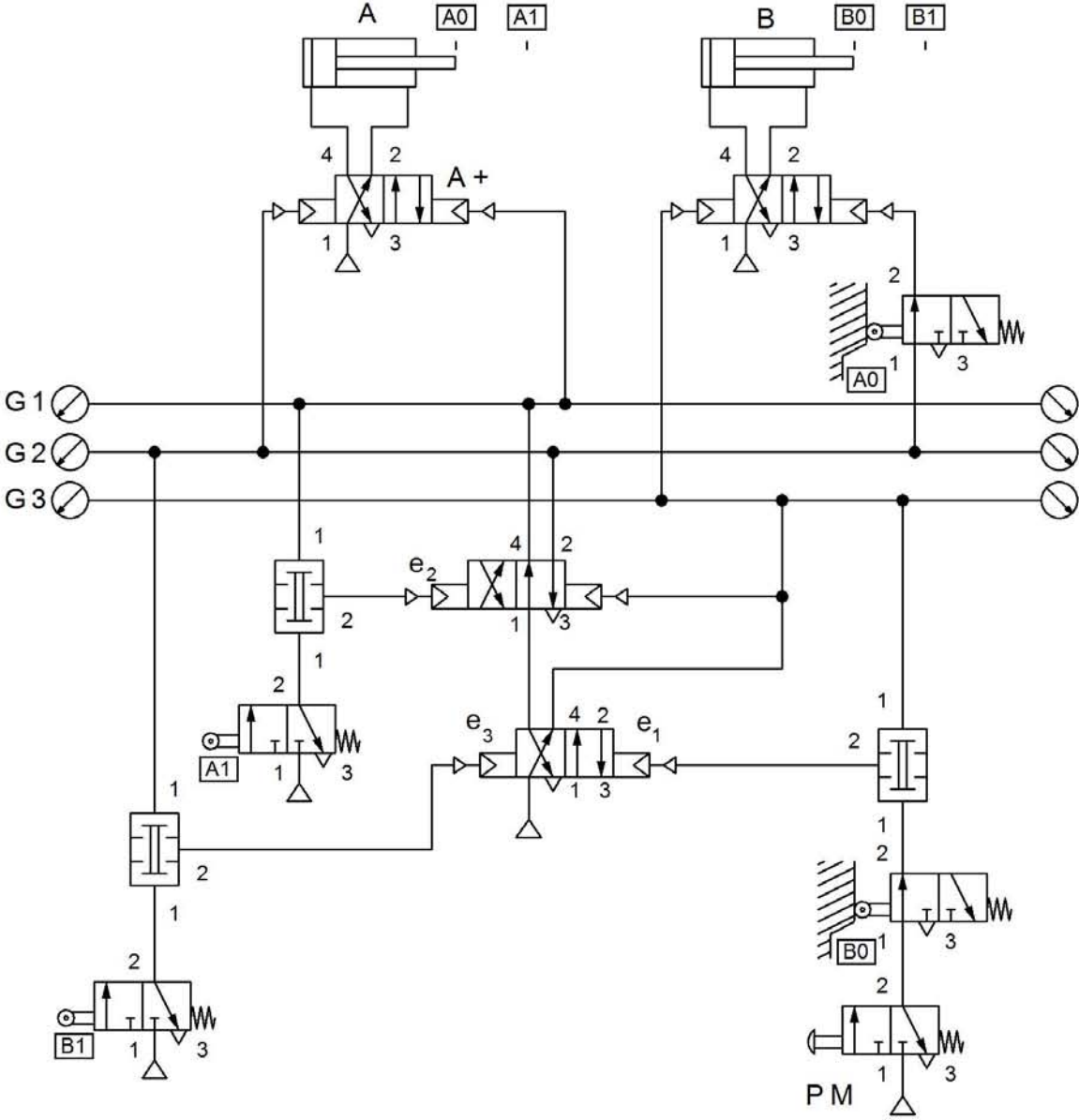
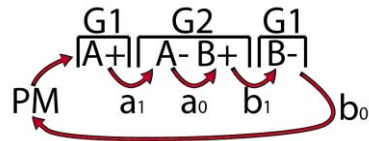


Figura 3.37.- Circuito en cascada con 3 grupos.

Pero aún se pueden obtener menos grupos, ya que la condición antes dicha, es que no existan las mismas letras en un mismo grupo, por ello se tiene el siguiente acomodo de los grupos en el ciclo:



En donde A+ y B- son alimentados por un mismo grupo, por ello se llega al siguiente circuito, figura 3.38, donde se observa que a_1 y b_1 son las únicas que cambian la presión entre los grupos, mientras que b_0 y a_0 actúan directamente en A+ y B+, respectivamente.

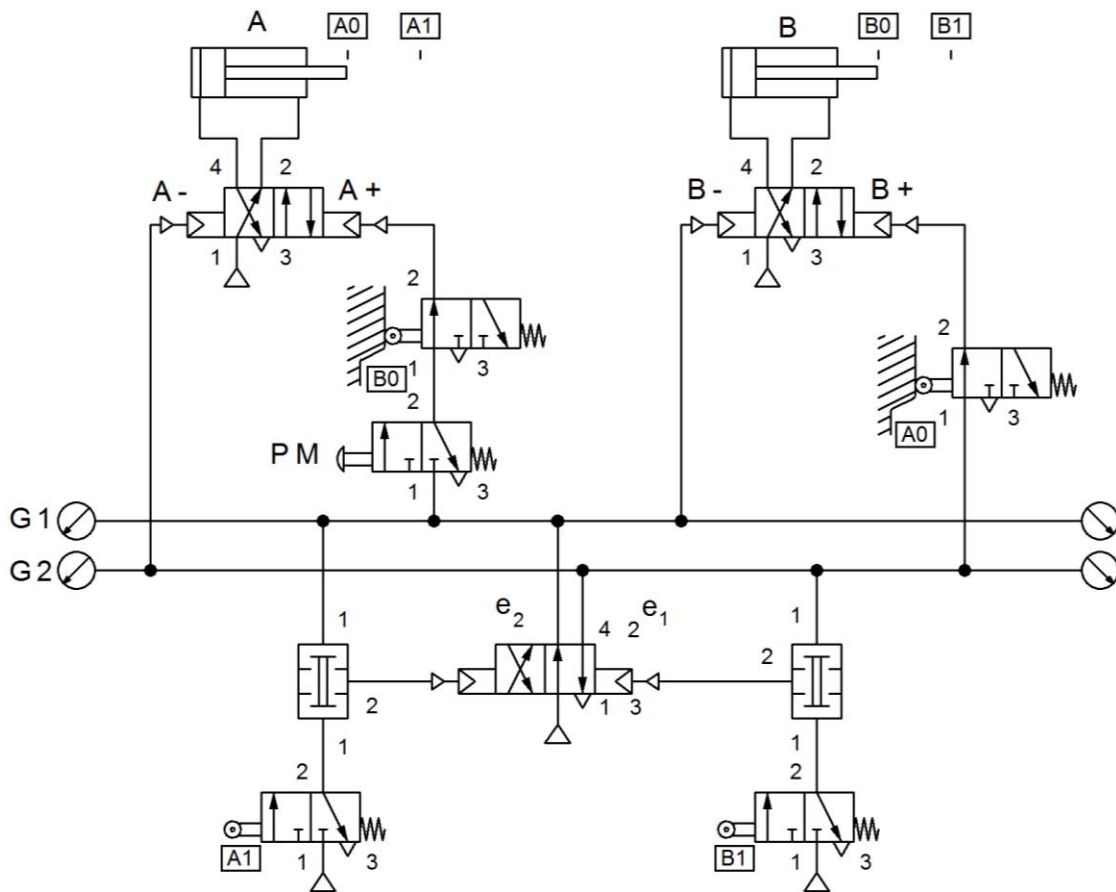


Figura 3.38.- Circuito en cascada con 2 grupos.

Método paso a paso.

Este método también ayuda a evitar las simultaneidades al igual que el método de cascada, solo que éste en lugar de usar las válvulas de memoria en serie, las usa en paralelo, lo que significa que se tendrá una mayor rapidez, debido a que cada válvula se alimenta directamente de la red, además que usan válvulas 3/2. Una desventaja de este método es que usa el mismo número de válvulas de memoria que de grupos o salidas existentes.

La conexión en paralelo de estas válvulas se muestra en la figura 3.39, donde se muestra la conexión en paralelo para 4 grupos o salidas. Se puede observar que al igual que el método de cascada, cada válvula está condicionada con las demás, ya que se observa que si hay una señal en e_1 esta dará presión a G1, y con esto la válvula final conmutara, con lo que ya no habrá presión en G4.

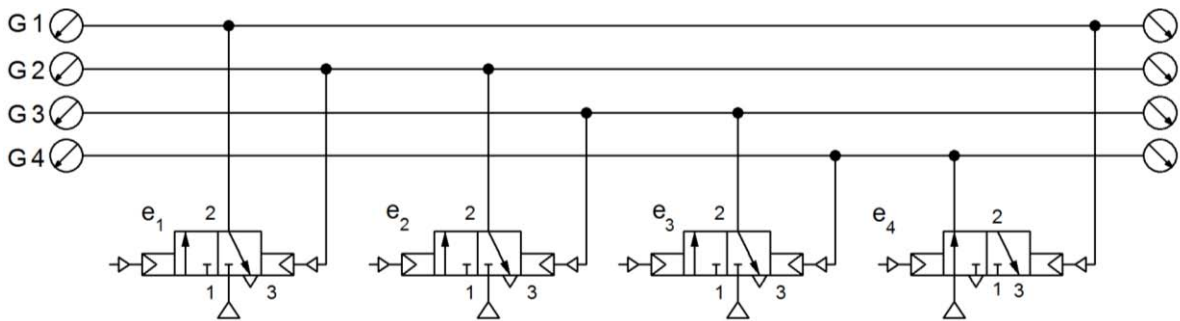


Figura 3.39.- Conexión en paralelo de válvulas 3/2 para 4 grupos.

Este método no puede ser usado con 2 grupos o salidas, ya que como se observa en la figura 3.40 no hay forma de poder conmutar la primera válvula, ya que la segunda estará dando presión a G2 y así mantener a la primera en posición cerrada.

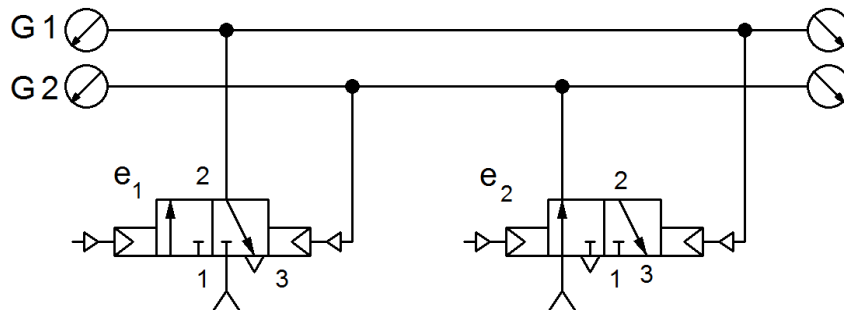
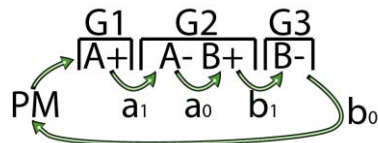


Figura 3.40.- Conexión en paralelo para 2 grupos.

Existen 2 formas del método paso a paso: paso a paso mínimo y paso a paso máximo.

Paso a paso mínimo: con este se divide la secuencia en grupos, tal y como se ha hecho, donde cada grupo abarque tantas letras como sea posible, pero sin repetirse. Se resolverá la secuencia A+A-B+B-, para ilustrar el método.

1. Se divide la secuencia en grupos como sigue:



2. Con lo que se tienen 3 grupos, los cuales necesitan a 3 válvulas de memoria conectadas en paralelo, como se observa en la figura 3.41 donde se observa que la válvula que está alimentando al último grupo 3, estará pulsada o en posición abierta.

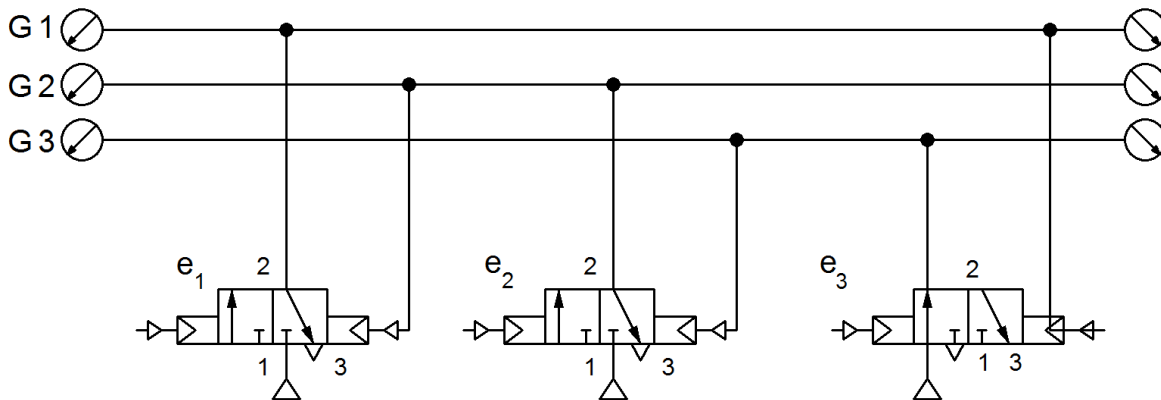


Figura 3.41.- Conexión en paralelo para 3 grupos.

3. Posteriormente se dibujan los actuadores A y B, junto con sus válvulas distribuidoras alimentadas directamente de la red, figura 3.42.

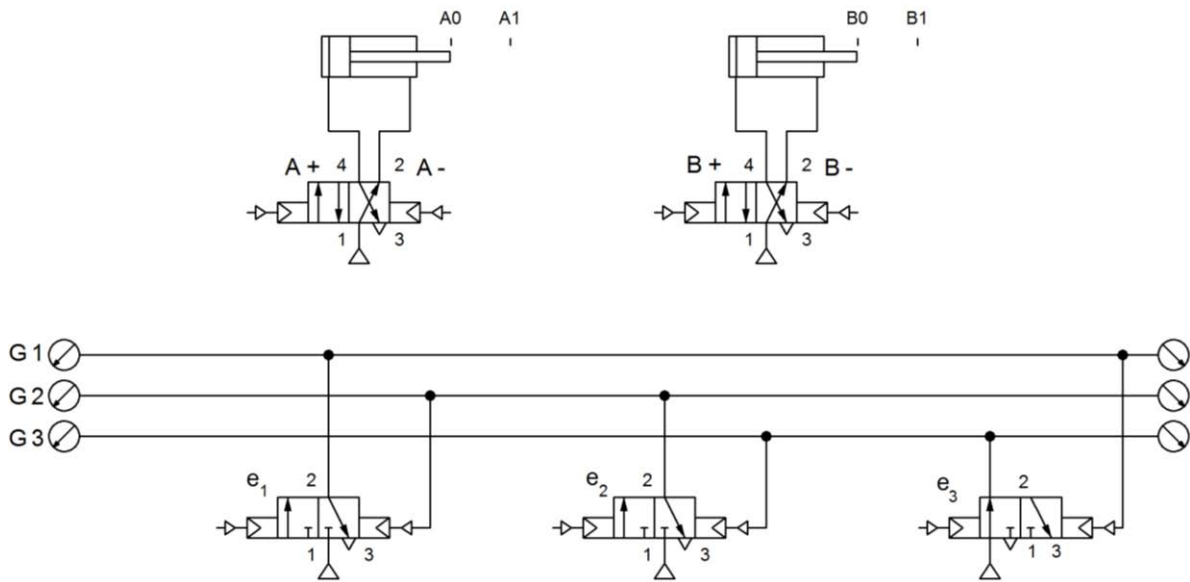


Figura 3.42.- Circuito con actuadores.

4. Ahora se realizan las conexiones restantes fase por fase, por lo que primero se tiene a b_0 , el cual es alimentado por G3 y dicho final de carrera tiene que pasar la presión a G1, además que a través de este se comienza el ciclo, junto con la válvula PM. Por ello se realizan las siguientes conexiones, figura 3.43. También se observa que A+ se alimenta de G1, por ello también se conecta.

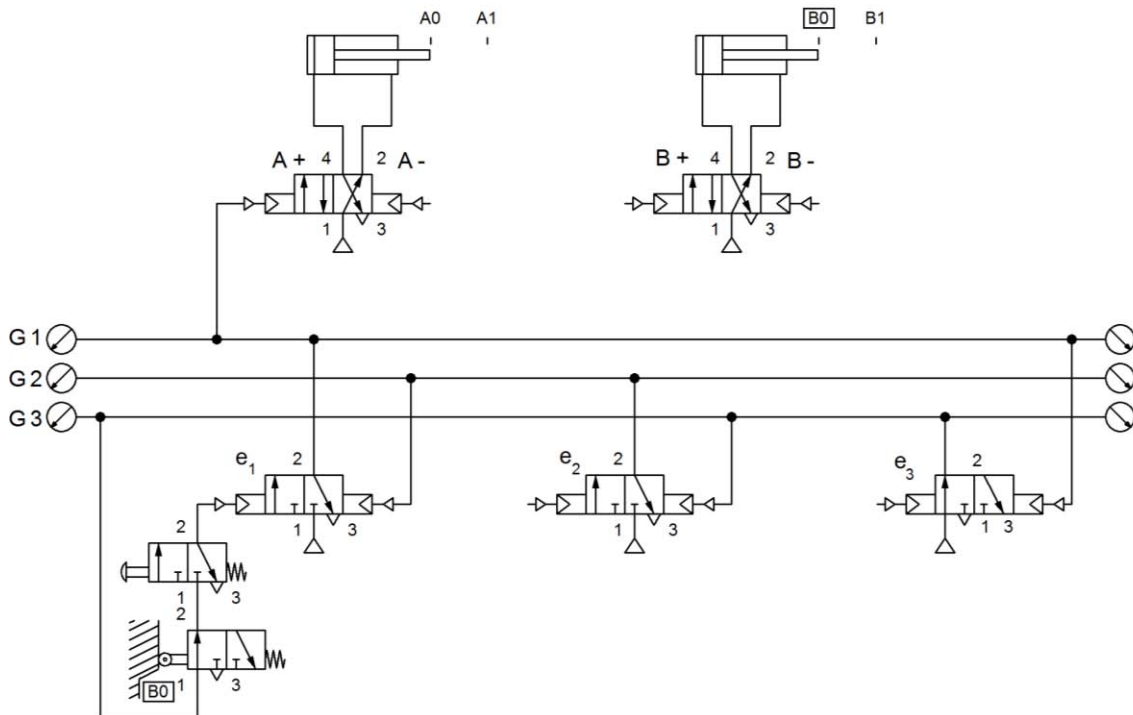


Figura 3.43.- Conexión de b_0 y A+.

5. Al momento en que A+ activa a a_1 , esta tiene que cambiar la presión a G2, por ello se conecta como se muestra figura 3.44, ya que a_1 se alimenta de G1 y tiene que pasar la presión a G2. Se observa que al haber presión en G2, conmutara a la válvula 1, con lo que G1 ya no tendrá presión.

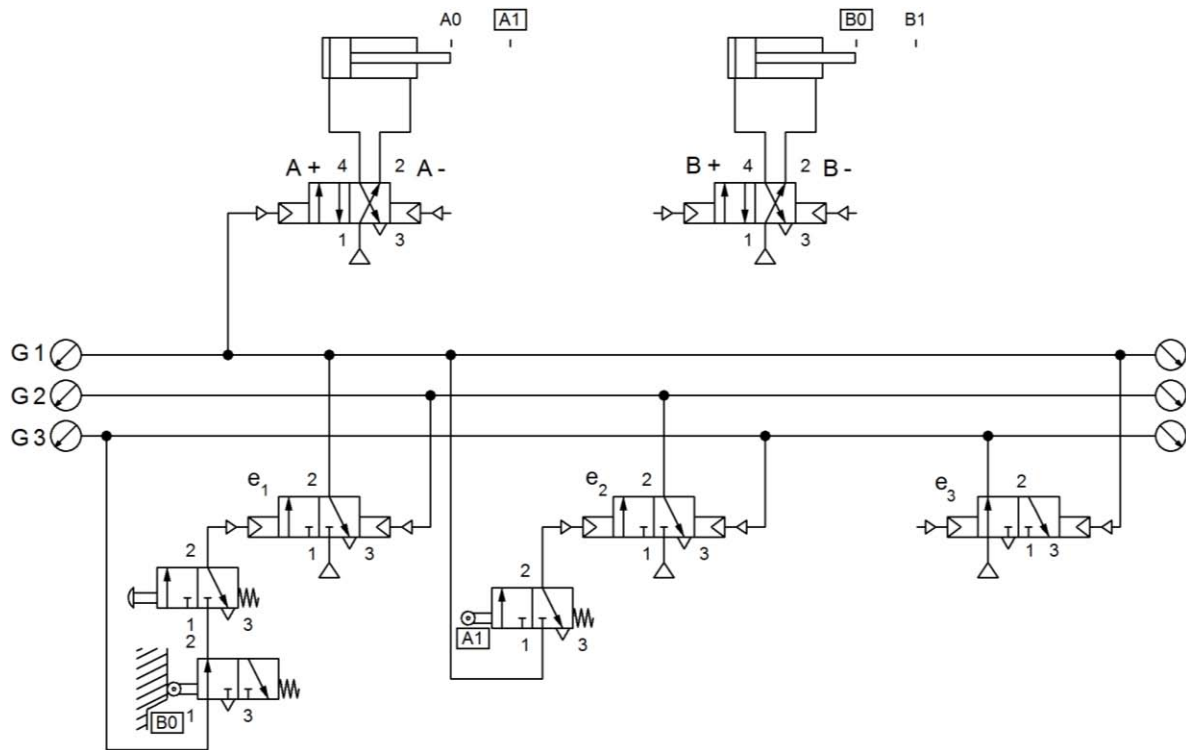


Figura 3.44.- Conexión de a_1 .

6. Ahora como se llega a A-, se conecta 1.1 a G2, para que así retroceda A, figura 3.45.

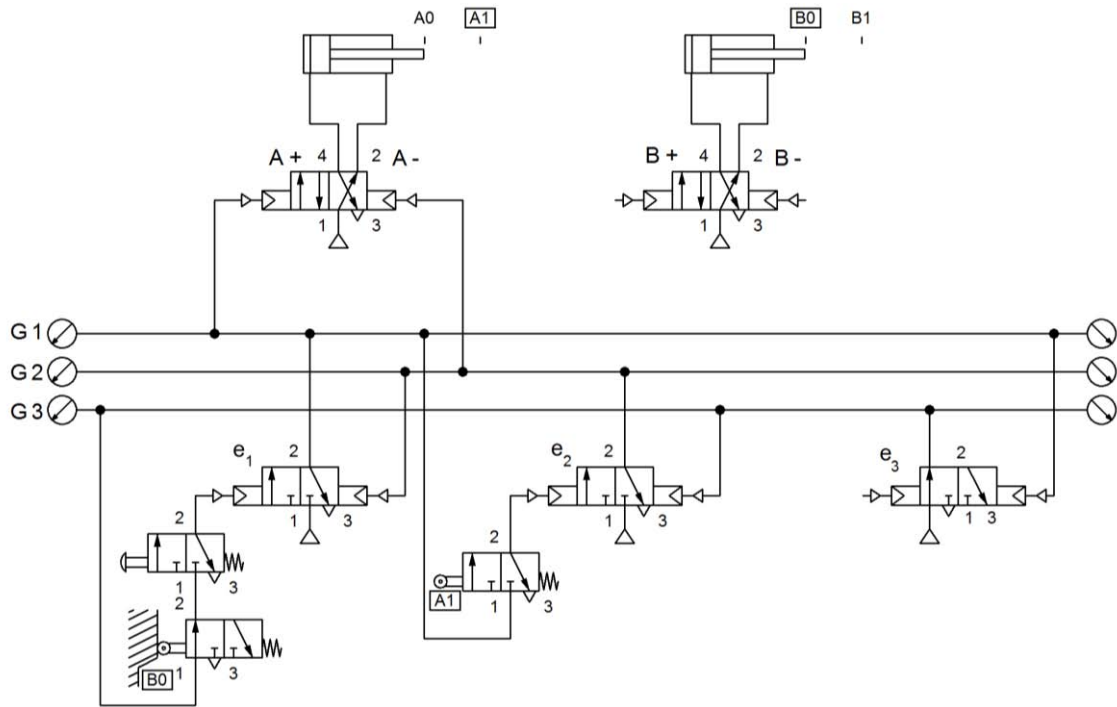


Figura 3.45.- Conexión de A-.

7. Cuando A llega a activar a a_0 , esta tiene que hacer avanzar a B, B+, además se tiene que a_0 se alimenta de G2, por ello se conecta de la siguiente forma figura 3.46.

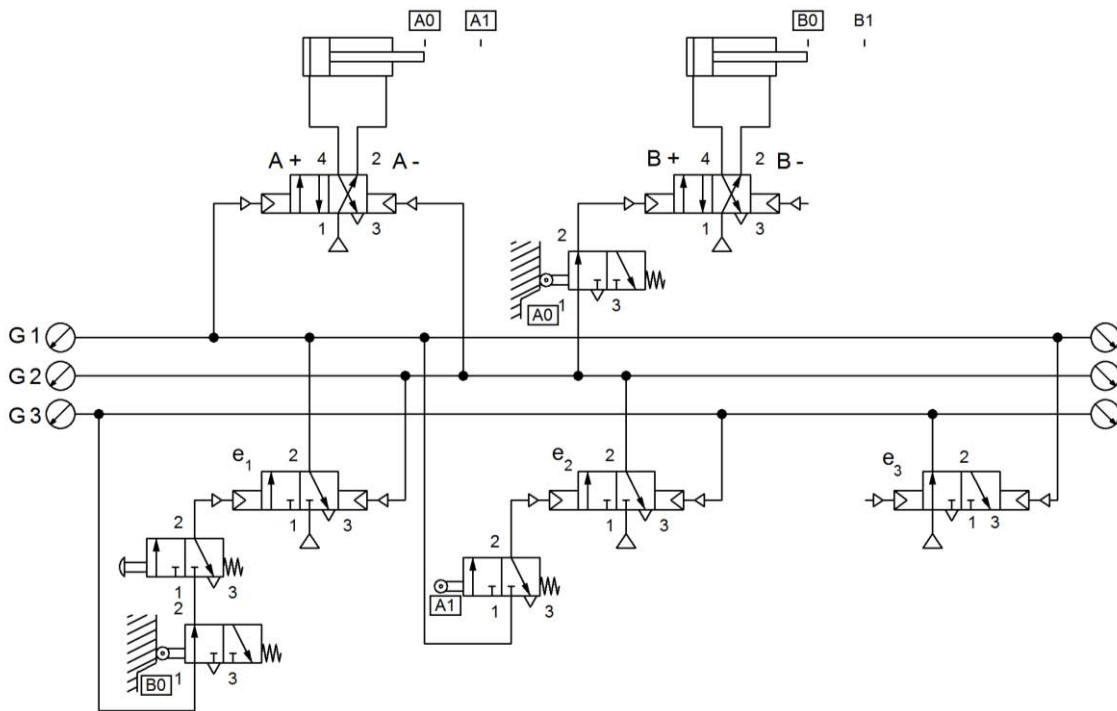


Figura 3.46.- Conexión de a_0 .

8. Cuando B llega a b_1 , este ahora es activado y tiene que cambiar la presión a G3, por lo anterior se conecta como sigue, figura 3.47, donde se observa que tiene que ser alimentada por G2 y conmutar la válvula 3 para que haya presión en G3.

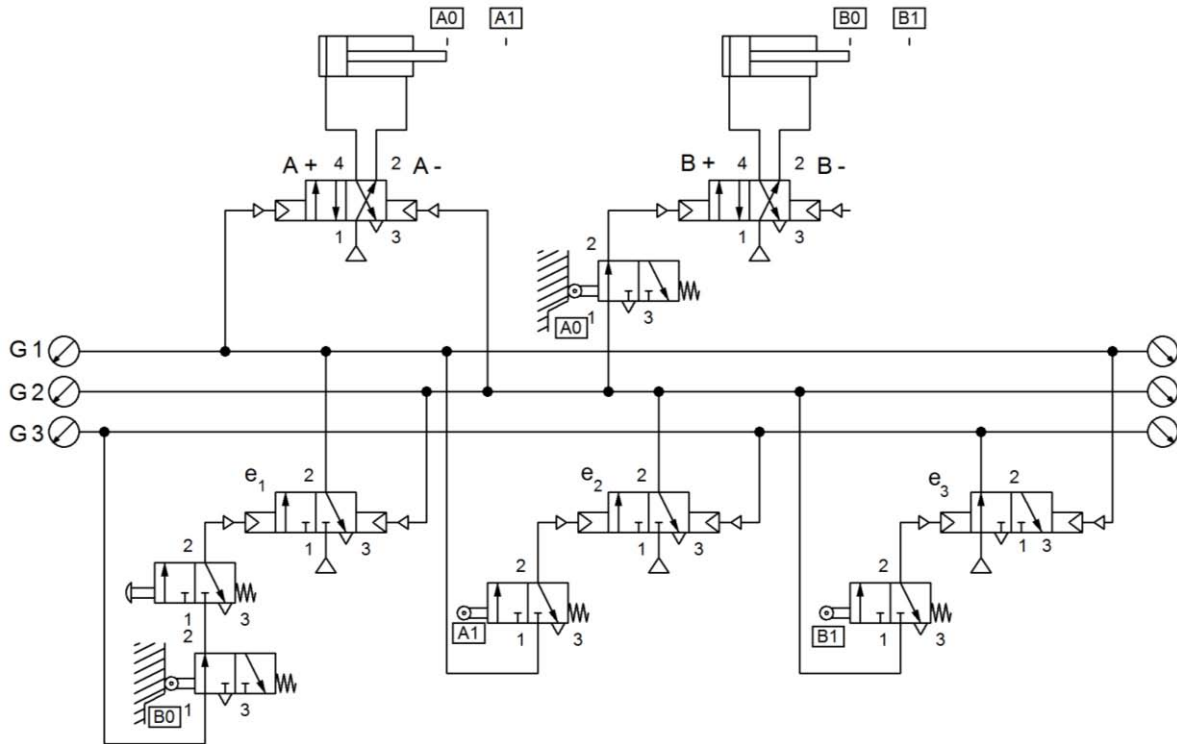


Figura 3.47.- Conexión de b_1 .

9. Finalmente se llega a B-, por ello se necesita conectar 3.1 a G3, para que así B llegue nuevamente a B- y así activar a b_0 , con lo que se concluye el ciclo y queda listo para empezar nuevamente. Figura 3.48.

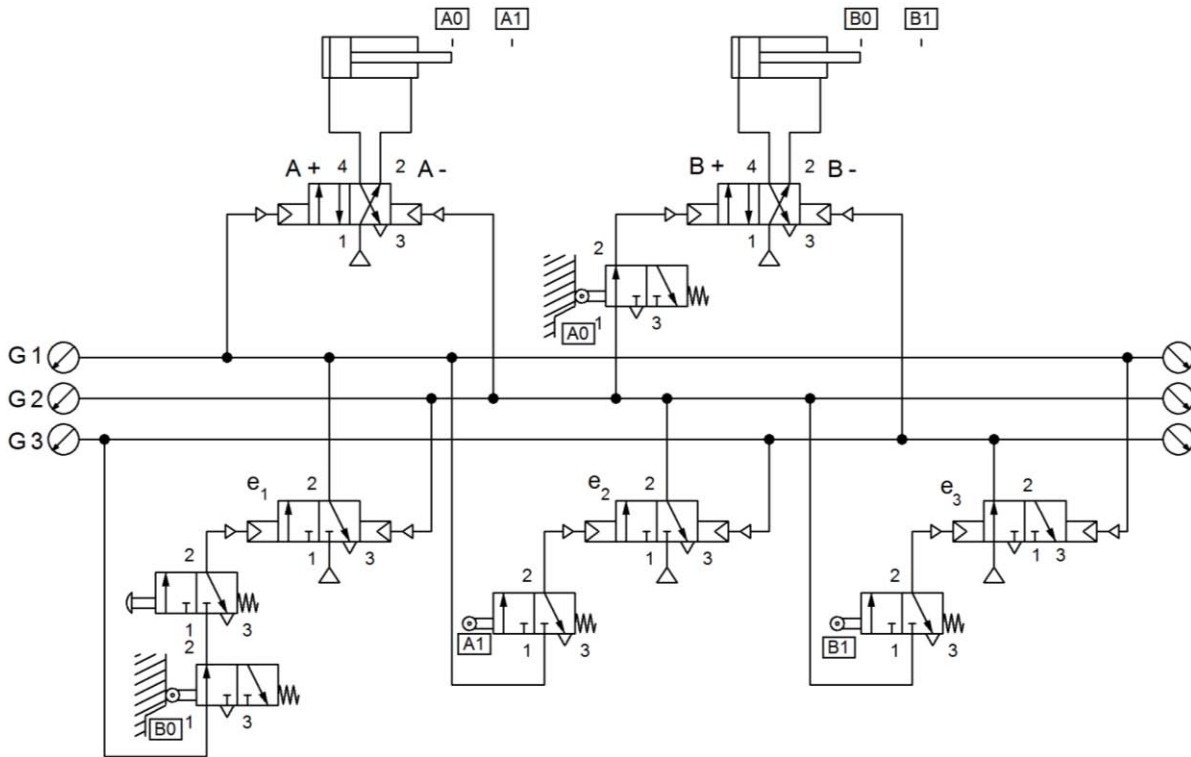


Figura 3.48.- Conexión de B-

Igualmente que con el método de cascada, es recomendable colocar válvulas de simultaneidad o AND, entre los grupos y los finales de carrera, para así tener aún más velocidad y seguridad, como lo muestra la figura 3.49.

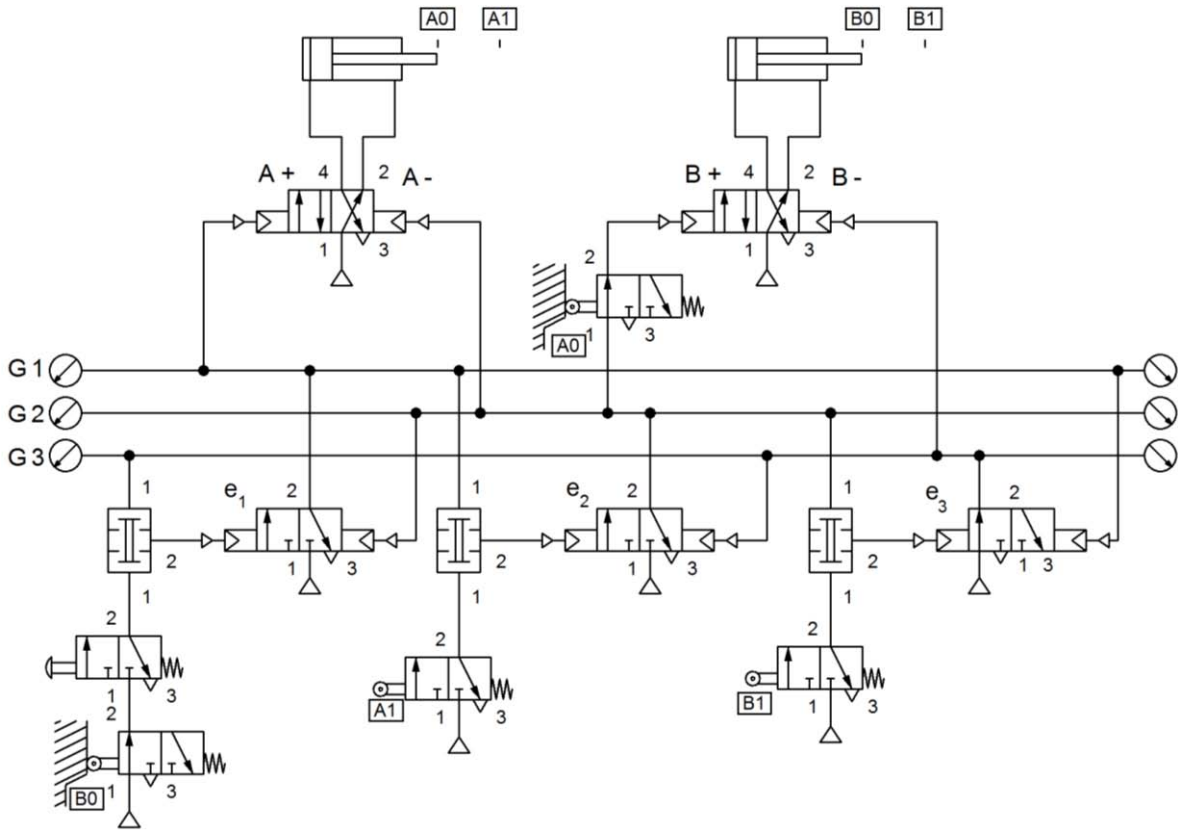


Figura 3.49.- Circuito con método paso a paso con válvulas AND.

Paso a paso máximo: a diferencia del paso a paso mínimo, este ocupa una salida o grupo para cada fase de la secuencia, es decir, para la secuencia A+A-B+B-, se necesitaran 4 válvulas de memoria conectadas en paralelo, tal y como se observa en la siguiente figura 3.50.

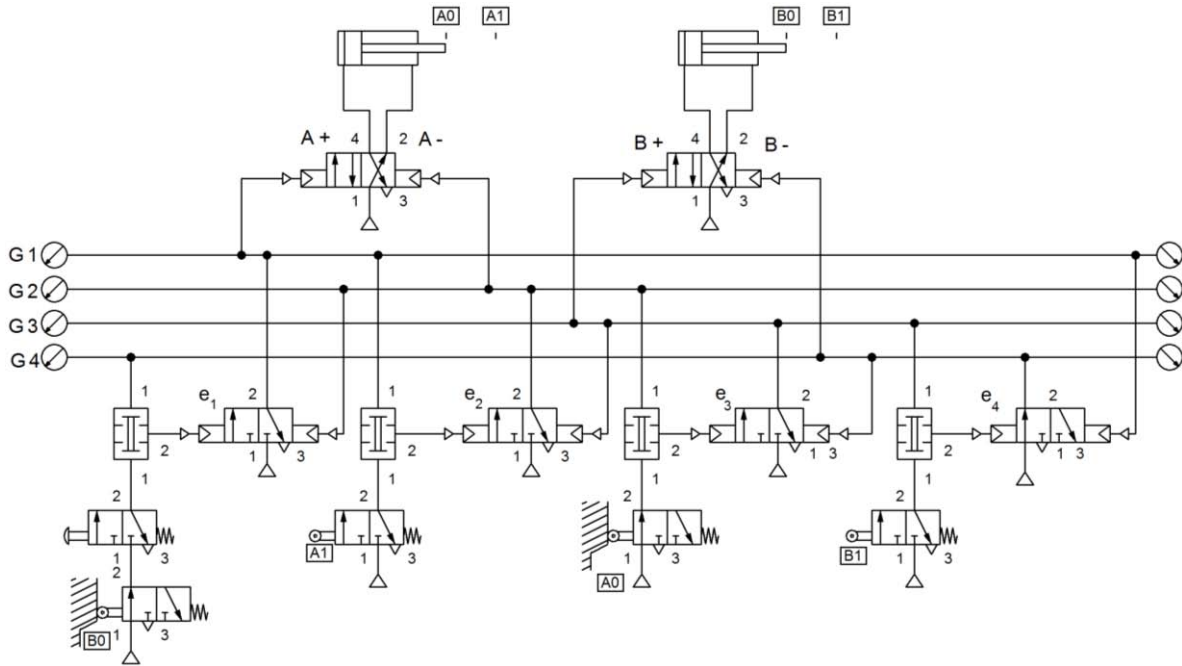


Figura 3.50.- Circuito con paso a paso máximo con la secuencia A+A-B+B-.

Pero la ventaja reside que si se quiere cambiar la secuencia a A+B+B-A-, solo se necesitaran realizar algunos arreglos como se muestra en la figura 3.51 al mismo sistema, además que se tiene una mayor uniformidad, ya que los finales de carrera son alimentados directamente de la red y todas las ordenes se toman directamente del grupo al que pertenecen.

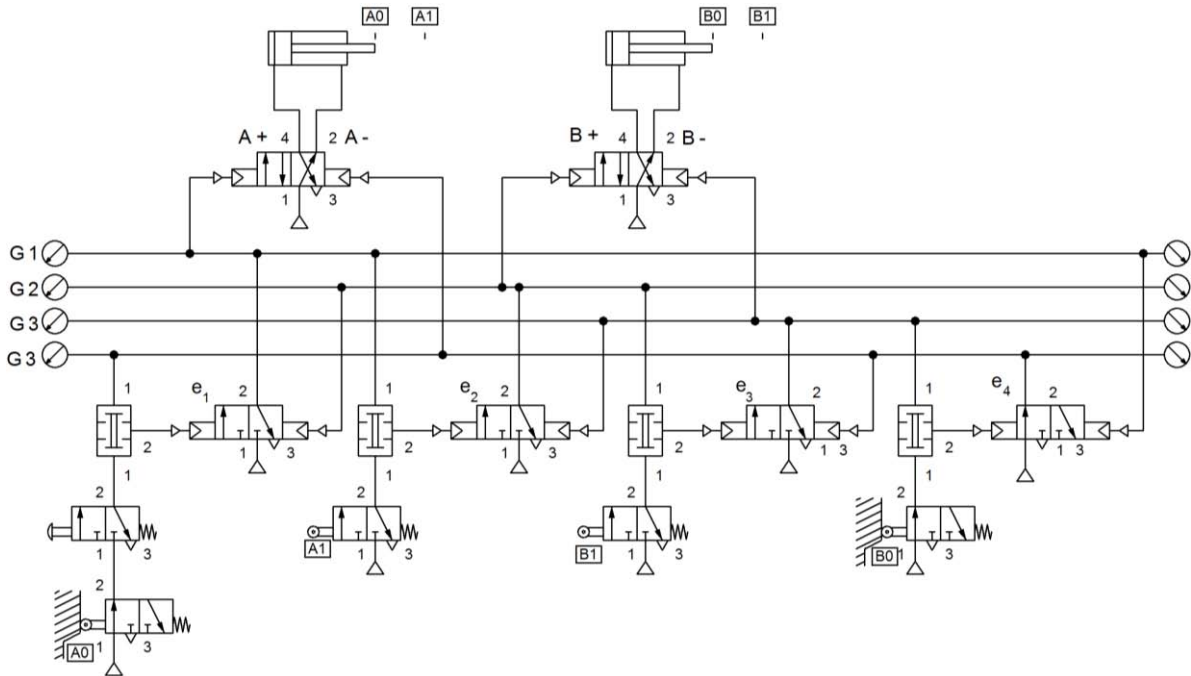


Figura 3.51.- Circuito con paso a paso máximo con la secuencia A+B+B-A-.

CAPITULO 4

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL BANCO NEUMATICO.

Para poder crear el banco de pruebas, primeramente se analizaron las practicas que se querían realizar en el banco, ya que se acordó en realizarlas lo más específicas posibles para cada tema que se investigó, ya que dichos temas son los que más se abordan y más se suelen utilizar para poder desarrollar un sistema neumático, debido a que ellos conllevan a realizar sistemas aún más complejos al momento de combinarlos. Las prácticas que se decidieron realizar fueron sobre el reconocimiento de los dispositivos, los circuitos básicos, y diferentes formas de realizar ciclos a través de varios métodos.

4.1. Dispositivos neumáticos del banco

Para las primeras prácticas necesitaríamos pocos dispositivos, aunque para las últimas se necesitarían algunos elementos adicionales, de ese modo, para la realización de las primeras se necesitaban los elementos siguientes:

- Cilindros de simple y doble efecto.
- Válvulas 3/2 de botón NA y NC.
- Una unidad de mantenimiento.
- Distribuidor.
- Válvulas 5/2 monoestables y biestables.
- Válvula 5/2 con botón selector.
- Válvulas 3/2 de rodillo.
- Válvula de secuencia.
- Válvulas lógicas (OR y AND)
- Manómetro y regulador.
- Manguera.



Figura 4.1.- Dispositivos neumáticos Festo.

En el momento en que la Facultad decidió apoyarnos, nos proporcionó todo lo anterior de la marca Festo Didactic (figura 4.1), por lo que también se obtuvo la placa perfilada, la cual facilita la correcta colocación de los dispositivos neumáticos en ella, de una forma rápida y fácil, de ese modo, ya se tenía el material suficiente para la realización de las 4 primeras prácticas, pero aun así hacían falta algunos elementos más para las últimas 3 prácticas, por ello nos vimos en la necesidad de comprar los elementos mostrados en la figura 4.2 para la complementación de las prácticas y que son:

- Válvulas 5/2 biestables.
- Válvulas 3/2 accionadas magnéticamente.
- Válvulas OR.
- Conexiones T.
- Manguera neumática de 4 mm.



Válvula 5/2 biestable. Válvula 3/2 magnética. Válvula OR. Conexión T.

Figura 4.2.- Dispositivos neumáticos.

4.2. Colocación de placa perfilada

En el momento en que se tuvo la mayoría de los dispositivos requeridos, fue necesario una mesa en donde colocar la placa, para que en ella fueran puestos los elementos para cada práctica, por lo que nos facilitaron una mesa que se encontraba en el laboratorio LIME 2 (figura 4.3).



Figura 4.3.- Mesa.

Dicha mesa, se limpió y revisó para encontrar alguna falla, y solo se encontró que le hacía falta ajustar algunas pijas; así que solo restaba encontrar la forma de cómo colocar la placa perfilada sobre ella de una manera en la que no se moviera o se deslizara. Para ello fue necesario comprar algunos tornillos cabeza de coche de 3/8" (figura 4.4), los cuales atravesarían la mesa y se fijarían en algunas de las ranuras de la placa perfilada (figura 4.5).



Figura 4.4.- Tornillo cabeza de coche.



Figura 4.5.- Placa perfilada de aluminio.

A la mesa se le hicieron seis barrenos para que pudieran pasar los tornillos que sostienen a la placa, tal y como se observa en la figura 4.6.



Figura 4.6.- Perforación de la mesa.

Posteriormente, se colocó la placa en la mesa para que de esa forma quedara fija, ya que así se aseguraba que la placa no se vería afectada por perforaciones o algún otro método para fijarla. Posteriormente pasamos a pintarla, debido a que esta tenía muchas manchas y estaba muy rallada, así que elegimos los colores oro y azul para pintarla, pero primeramente nos aseguramos de cubrir la placa para así no pintarla (figura 4.7).



Figura 4.7.- Protección de la placa al pintar.

4.3. Prueba de las prácticas.

Después de haber pintado la mesa, se realizaron las prácticas para asegurarnos de que todo estuviera en orden, es decir, que funcionara todo de acuerdo a los diagramas que hicimos para cada práctica. El aire comprimido que se usó para la realización de las pruebas fue obtenido del LIME 2, en donde se solicitó que encendieran el compresor y así usar el aire que llega al Laboratorio de Tecnología de Materiales

Las practicas desarrolladas fueron tomadas de acuerdo a los temas más comunes que se encuentran a lo largo de los libros de neumática, como son los circuitos básicos para el funcionamiento de los actuadores, el uso de las válvulas lógicas, ciclos automáticos, ciclos automáticos a través de métodos como el de cascada y paso a paso; por lo que teníamos que asegurarnos que funcionaran. Aunque los circuitos que se realizaron para las prácticas se probaron primero en el programa de Festo llamado FluidSIM y funcionaron correctamente, se optó por probar cada una de ellas, además de que nos aseguramos de que todo el material funciona correctamente y también adaptamos algunas conexiones para tomar de la tubería el aire comprimido.

Probamos los circuitos de la practica número 2, debido a que la practica 1 es solo reconocimiento de los componentes, y todos los circuitos funcionaron como se tenía previsto, esto se ve en la figura 4.8, en donde se prueba el primer diagrama de la practica 2.

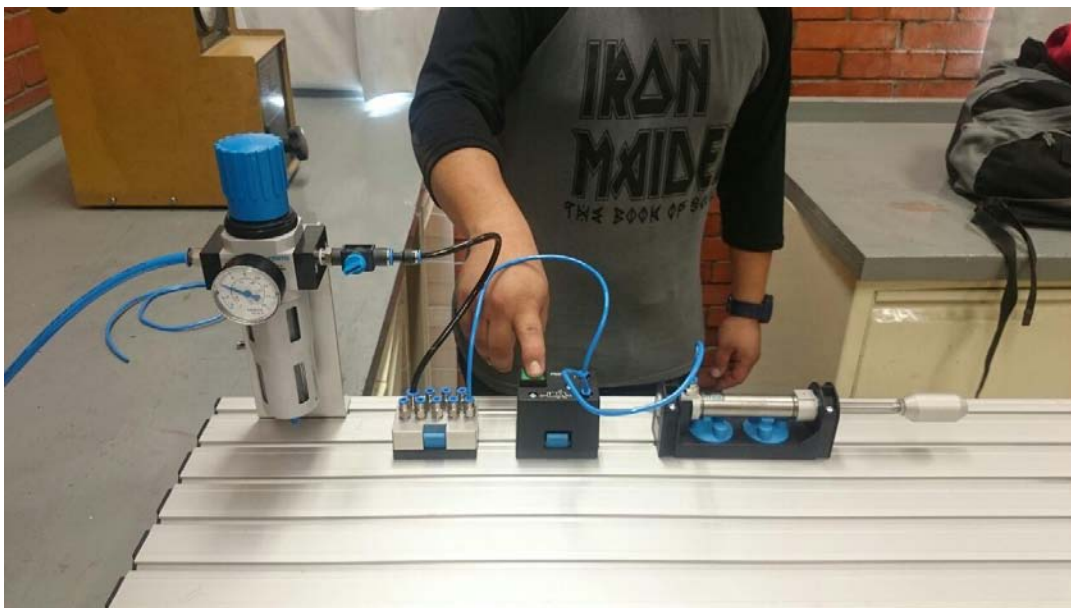


Figura 4.8.- Probando el diagrama 1, practica 2.

Y al ir probando los demás circuitos de la practica 2, se cortaron y adaptaron las mangueras a una distancia en que se pudiesen manejar fácilmente, ya que de lo contrario se pueden enredar, o al estar demasiado largas y se llegaran a desprender de alguna conexión con aire, estas pueden zangolotearse y dar ligeros golpes, por lo que como se puede ver en la figura 4.9, las mangueras están de buen tamaño para los circuitos propuestos.

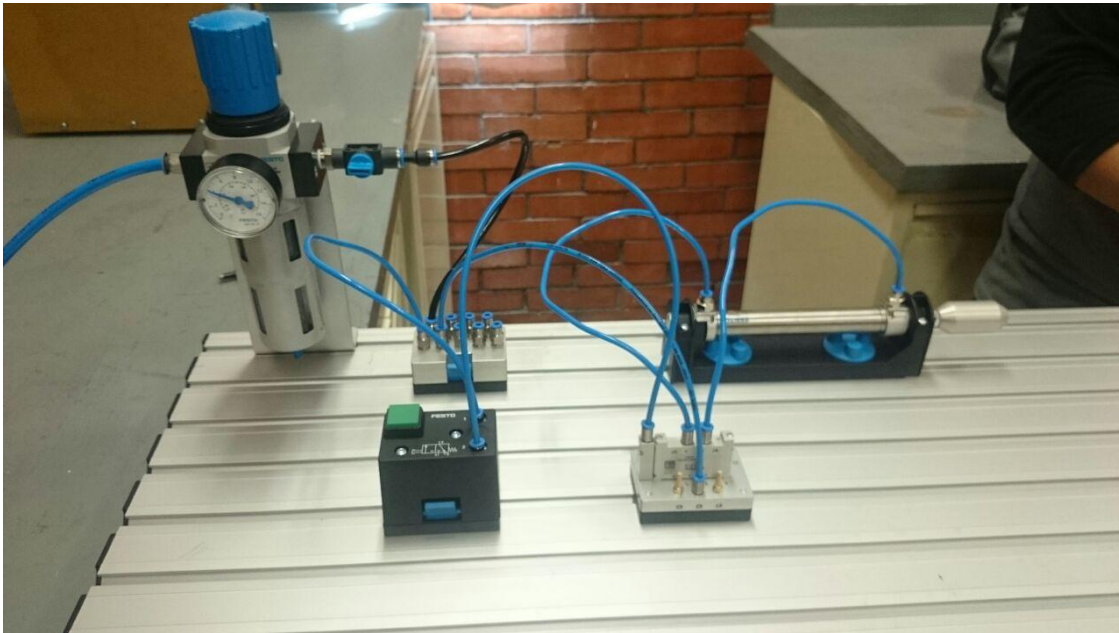


Figura 4.9.- Diagrama 4, practica 2.

Luego, se probaron los circuitos de la practica 3, en donde también no hubo ninguna anomalía con los diagramas, solo que tuvimos que improvisar un tapón para una vía de una válvula, debido a que se usa como una válvula 3/2 la válvula 5/2, como se observa en la figura 4.10, en el diagrama 2 de la practica 3.

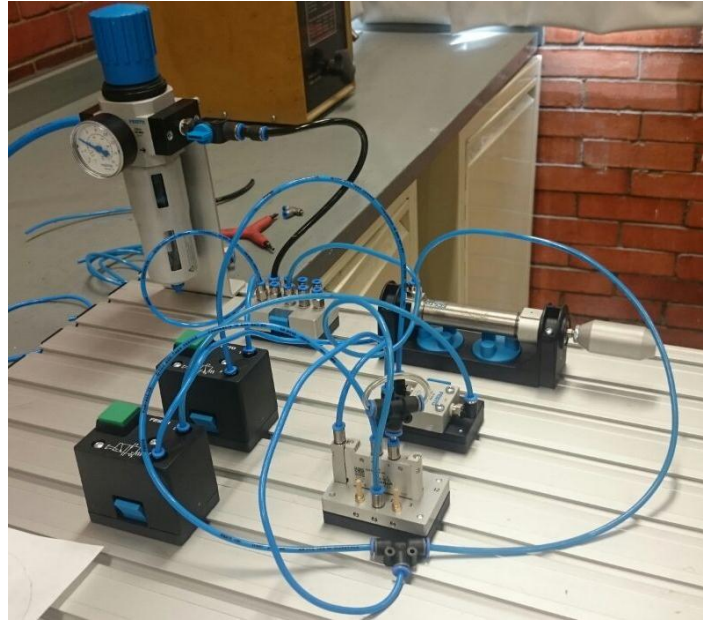


Figura 4.10.- Diagrama 2, practica 3.

Se prosiguió con la practica 4, en donde ya se usaron los finales de carrera, tanto las válvulas de rodillo como las magnéticas, y aquí nos aseguramos de que estas válvulas funcionaran correctamente, además que también nos cercioramos de que funcionaran en el ciclo que diseñamos, además, también se usó la válvula de secuencia. Esto se puede ver en las figuras 4.11, 4.12 y 4.13.

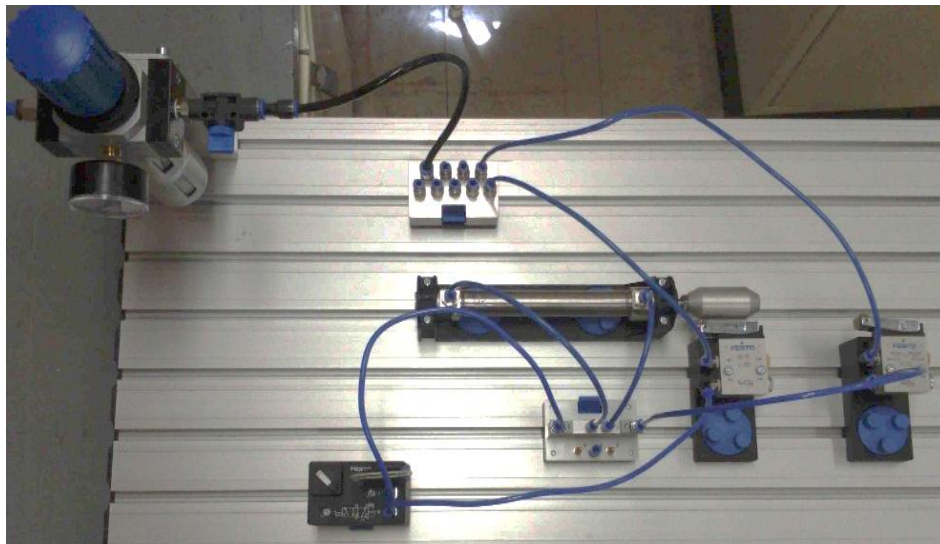


Figura 4.11.- Diagrama 1, practica 4.

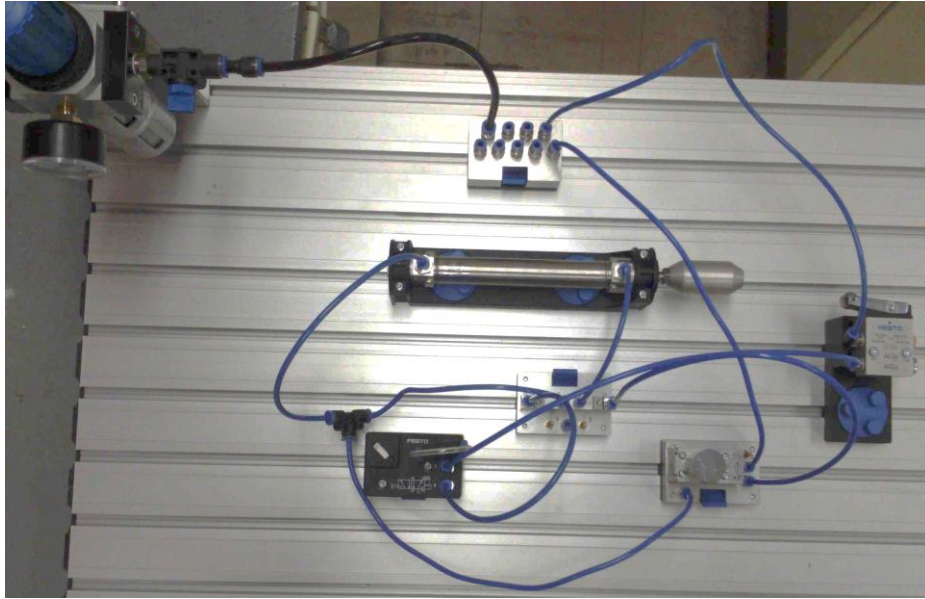


Figura 4.12.- Diagrama 2, practica 4.

En el diagrama 3 de la practica 4, hubo que usar algunas reducciones, debido a que la válvula que se consiguió tiene una conexión más grande, pero no hubo mucho problema con ello, tal y como se muestra en la figura 4.13.

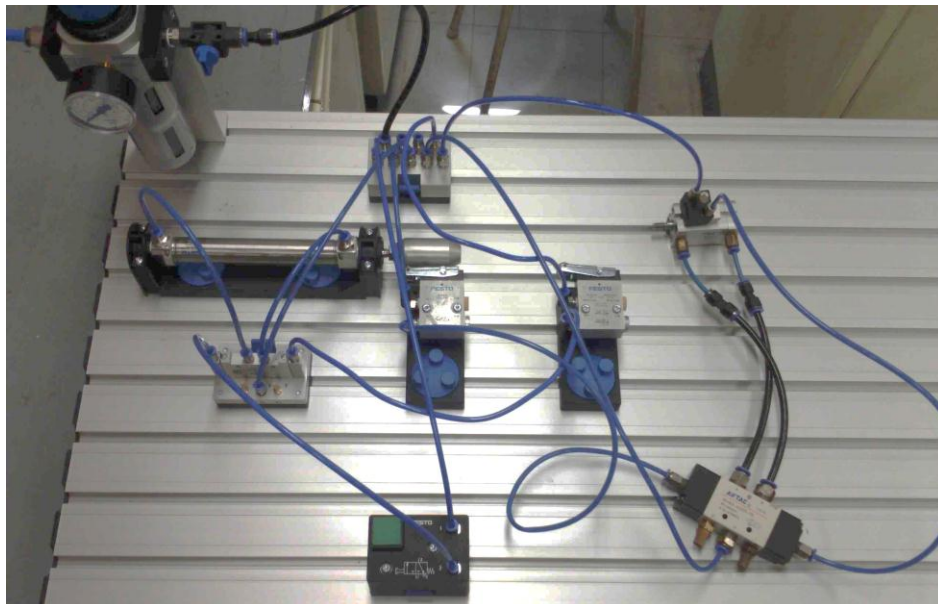


Figura 4.13.- Diagrama 3, practica 4.

Y así se prosiguió con las demás prácticas, en las que no hubo ninguna falla, por ello solo se muestran algunos diagramas en las figuras 4.14, 4.15 y 4.16.



Figura 4.14.- Diagrama 1, practica 5.

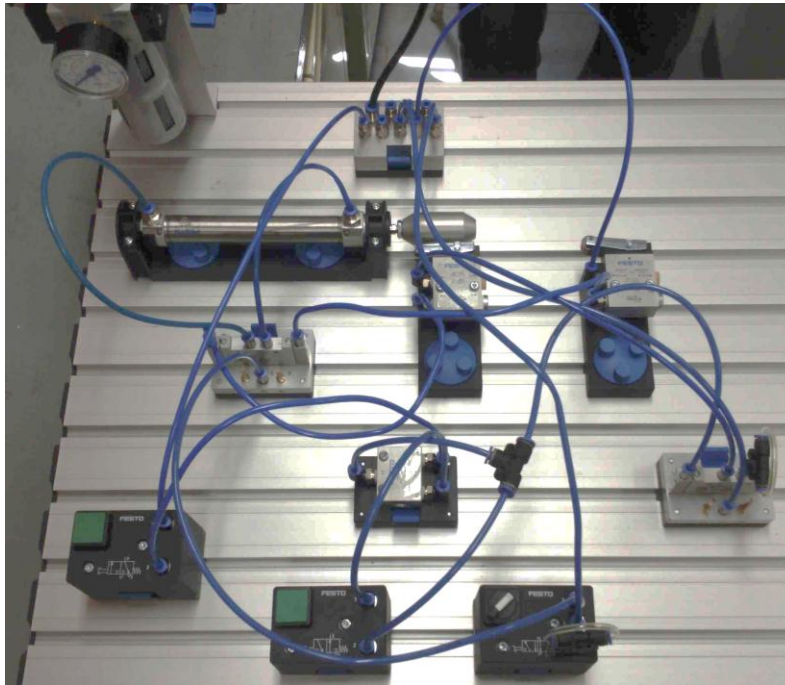


Figura 4.15.- Diagrama 1, practica 7.

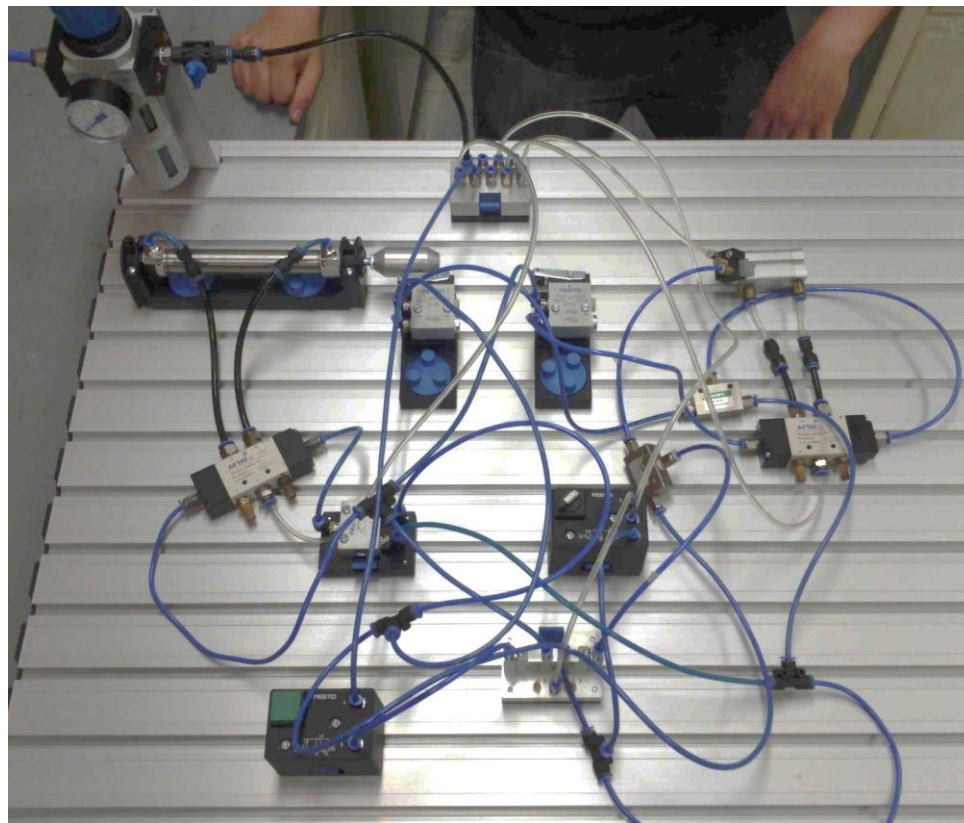


Figura 4.16.- Diagrama 2, practica 7.

CAPÍTULO 5.

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

Las practicas que se exponen a lo largo del capítulo se eligieron de acuerdo a la investigación que se realizó acerca de los temas que abordamos en los demás capítulos, ya que este tipo de temas son muy frecuentes encontrarlos en los libros sobre circuitos neumáticos, debido a que ellos son la base de sistemas más sofisticados.

El tema de la practica 1 se trata únicamente sobre el reconocimiento y familiarización con los dispositivos neumáticos que se tienen, debido a que los alumnos tienen primeramente que conocerlos físicamente, vincularlos con sus símbolos, conocer su funcionamiento, etc.

El tema de la practica 2 es sobre los diagramas más sencillos para sistemas neumáticos, esto es para que el alumno pueda aprender a conectarlos entre ellos, así como empezar a observar las funciones de cada uno de ellos.

El de la practica 3 es sobre el uso de la válvula lógicas, en este caso usamos válvula OR y AND, las cuales son ocupadas de distinta forma, para así operar los actuadores de alguna forma específica.

En la practica 4 se empiezan a ocupar los ciclos entre los actuadores, debido a que la mayoría de procesos necesitan más de un actuador, y estos a su vez necesitan ser trabajados en distinto orden, por lo que el alumno empezara a crear ciertos ciclos entre los actuadores, usando distintos tipos de válvulas.

El tema de la practica 5 se aborda el método de cascada, el cual ya es un método más complicado, debido a que el separa en grupos a los actuadores y sus respectivos movimientos, y este es también frecuentemente usado gracias a que se pueden realizar ciclos más complejos con sus válvulas colocadas en cascada. En la practica 6 se maneja otro método, el método paso a paso, el cual al igual que el anterior, sirve para realizar ciclos más complejos entre los actuadores, por lo que el alumno observara las diferencias entre ellos.

Finalmente en la practica 7 se aborda el tema del paro de emergencia, el cual le mostrada algunos tipos de paros de emergencia, ya que este tipo de paro es fundamental para cualquier tipo de sistema neumático, para así tener una cierta seguridad en su aplicación.

5.1.- Practica No. 1. Reconocimiento de componentes neumáticos.

OBJETIVO.

Que el alumno conozca físicamente y simbólicamente los elementos neumáticos a utilizar durante el curso.

INTRODUCCIÓN.

La neumática es muy usada en la industria y su popularidad se debe a que suele ser relativamente fácil su manejo e implementación, debido a que comúnmente un sistema neumático consta de elementos que son muy comunes, como actuadores, válvulas, un generador y alimentador de aire comprimido, mangueras, etc., de los cuales hay una gran variedad de tipos y sus funciones suelen ser muy diversas. Los elementos que conforman a un sistema neumático son muy diversos y variados en funciones y tamaños, ya que algunos realizan el mismo objetivo, pero su mecanismo es diferente. Comúnmente un sistema neumático consta de las siguientes partes, tal y como lo ilustra la figura 2.1, las cuales muestra los elementos principales de un sistema neumático.

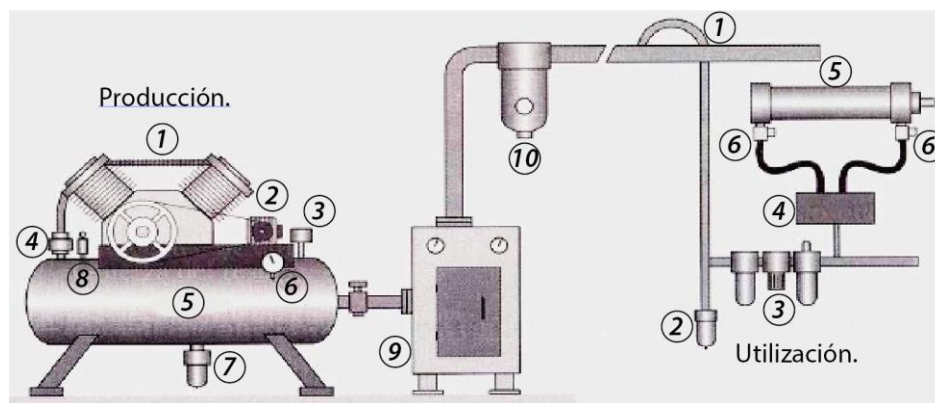


Figura 1.- Sistema neumático básico.

1.- Compresor.

2.- Motor eléctrico.

3.- Presostato.

4.- Válvula.

5.- Depósito.

6.- Manómetro.

7.- Purga automática.

8.- Válvula de seguridad.

9.- Secador de aire refrigerado.

10.- Filtro de línea.

1.- Purga del aire.

2.- Purga automática.

3.- Unidad de acondicionamiento del aire.

4.- Válvula direccional.

5.- Actuador.

6.- Controladores de velocidad.

Conceptos físicos.

Antes de explicar algunas propiedades y el comportamiento del aire a cierta presión, así como algunas leyes que rigen sus características, es necesario entender algunos fundamentos físicos básicos. En la tabla 1.1 se muestran diferentes unidades físicas, donde algunas son fundamentales, mientras que otras se derivan de estas unidades fundamentales:

Tabla 1.1.- Unidades Físicas.

<i>Unidades fundamentales.</i>		
Dimensión.	Unidad (SI)	Símbolo.
Longitud.	Metro (m)	<i>l</i>
Masa.	Kilogramo (kg)	<i>m</i>
Tiempo.	Segundo (s)	<i>t</i>
Temperatura.	Kelvin (K)	<i>T</i>
<i>Unidades derivadas.</i>		
Fuerza.	Newton ($N = kg \cdot m/s^2$)	<i>F</i>
Superficie.	Metro cuadrado (m^2)	<i>A</i>
Volumen.	Metro cúbico (m^3)	<i>V</i>
Caudal.	Metro cúbico sobre seg. (m^3/s)	<i>Q</i>
Presión.	Pascal ($Pa = N/m^2$) ó Bares (bar)	<i>P</i>

Válvulas distribuidoras: Las válvulas distribuidoras dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio del sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro.

Simbología de válvulas distribuidoras

<i>ISO 1219 Alfabética</i>	<i>CETOP Numérica</i>	<i>Función</i>
P	1	Conexión del aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Válvula normal cerrada: No permite el paso del aire en posición de reposo. Si se excita (acciona), permite circular el aire comprimido.

Válvula normal abierta: En reposo el paso del aire está libre y al excitarla (accionarla) se cierra.

Posición de partida: Movimiento de las partes móviles de una válvula al estar montada en un equipo y alimentarla a la presión de la red neumática.

Actuadores lineales: Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos de los cuales derivan construcciones especiales.

- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

MATERIAL Y EQUIPO.

- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Distribuidor de aire.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NC.
- Válvula 5/2 con interruptor selector manual.
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por un lado (monoestable).
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por ambos lados (biestable)
- Cilindro de simple efecto.
- Cilindro de doble efecto.
- Válvulas lógicas (OR y AND).
- Válvula de rodillo y magnética.

PROCEDIMIENTO.

Observe cada uno de los componentes de los que se dispone para la realización de las prácticas y dibuje sus símbolos.

- La unidad de mantenimiento se forma con los siguientes componentes en el orden siguiente: filtro de partículas, regulador
1. El filtro de partículas y agua limpia al aire de pequeñas gotas de agua y de componentes abrasivos (3).
 2. El regulador regula la presión de salida (1) y la visualiza en el manómetro (2).



Figura 2.- Unidad de mantenimiento.

Identifique físicamente las partes del filtro regulador que se encuentra en el laboratorio.

- Ahora veamos la siguiente válvula (Válvula 5/2 accionada neumáticamente por ambos lados (biestable)) y con ayuda del profesor identifique y coloque su simbología correspondiente según la *ISO 1219* alfabética.



Figura 3.- Válvula 5/2 biestable.

- La imagen siguiente muestra una válvula 3/2 accionada por pulsador, normalmente cerrada, identifíquela en el material del laboratorio y dibuje su símbolo



Figura 4.- Válvula 3/2.

- A continuación se muestra la válvula 5/2 con interruptor seleccionador, identifíquela en el materia y escriba las diferencias que tiene con la válvula mostrada anteriormente, escribálas en el espacio en blanco.



Figura 5.- Válvula 5/2.

- El manómetro es un dispositivo nos muestra la presión en los circuitos de control neumáticos el cual usaremos en las prácticas para verificar que la presión que estemos usando sea la adecuada para el correcto funcionamiento de nuestros dispositivos.



Figura 6.- Manómetro.

- Si se requiere cambiar la presión del aire se puede hacer con un dispositivo regulador de presión, ahora identifique físicamente el dispositivo regulador de aire.



Figura 7.- Regulador de presión.

- En la figura 8 se muestra la construcción interna de dos cilindros en sus etapas de trabajo, de los cuales de acuerdo a la imagen identifique cual es simple efecto y cual

es doble efecto, con ayuda del profesor identifique los 2 tipos de cilindros físicamente:

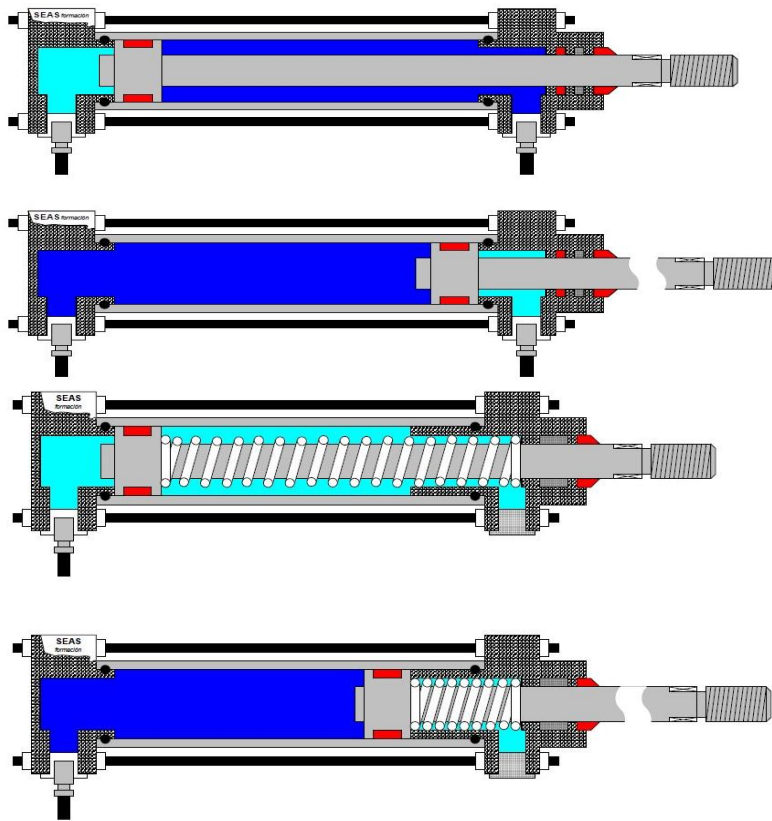


Figura 8.- Cilindros.

- Existen diferentes tipos de dispositivos mecánicos que nos sirven para identificar la final de carrera de un cilindro neumático, los cuales pueden ser como la válvula de rodillo y la válvula de accionamiento magnético. Identifique cada uno de estos.



Figura 9.- Dispositivos para final de carrera.

- Se tienen también algunas válvulas lógicas, las cuales nos ayudan a realizar mandos más específicos en un sistema neumático, como son las válvulas OR y AND. Identifique las diferentes válvulas que se tienen en el laboratorio.



Figura 10.- Válvulas lógicas.

CUESTIONARIO.

- 1.- Defina lo que es fuerza, presión, temperatura, y sus ecuaciones, en caso de la temperatura sus escalas
- 2.- ¿Cuántos tipos de compresores de desplazamiento positivo existen y cuáles son?
- 3.- ¿Qué es una válvula normalmente cerrada y una normalmente abierta?
- 4.- Dibuje los símbolos de las válvulas siguientes
 - Válvula 3/2 NA,
 - Válvula 5/2 monoestable.
 - Válvula de accionamiento magnético.
 - Válvula de rodillo abatible.
- 5.- ¿Para qué nos sirve la unidad de mantenimiento?
- 6.- Mencione 10 partes de un sistema neumático.

5.2.- Practica No. 2. Conexiones básicas de actuadores.

OBJETIVO.

Conocer físicamente algunos elementos neumáticos y su correcta conexión y funcionamiento.

INTRODUCCIÓN.

Todo sistema neumático debe de contener los elementos que se describen a continuación para poder asegurar el buen rendimiento y uso del mismo sistema, ya que de lo contrario disminuirá la vida útil de cada elemento presente.

Producción de aire comprimido. La producción del aire comprimido lo lleva a cabo el compresor, el cual puede ser de cualquier tipo: de émbolo, radial de paletas, compresor de tornillo, Rooths, turbocompresores, etc. , donde independientemente del tipo de compresor, este lo almacenara en un depósito para su uso inmediato o su uso posterior, ya que mientras el aire se encuentre presurizado, guardara su energía.

Acondicionamiento del aire comprimido. Para poder tener un aire comprimido de buena calidad, es necesario quitarle ciertas impurezas que trae consigo, por ejemplo partículas de polvo, aceite, humedad, etc., las cuales dañan a los elementos. Por lo anterior se colocan después de la salida del depósito postenfriadores y secadores, y posterior a estos se coloca una unidad de mantenimiento, esto para dar un tratamiento final del aire, el cual consta comúnmente de un filtro, de un regulador y en ocasiones de un lubricador.

Válvulas. Estos elementos son los que controlan el paso, el arranque, la parada, dirección y sentido del flujo del aire comprimido. Estas pueden funcionar ya sea como válvulas distribuidoras que es cuando gobiernan todo tipo de actuadores, o como válvulas de pilotaje que es cuando se emplean para gobernar de forma directa o indirecta a las válvulas distribuidoras.

Actuadores. Estos elementos son aquellos que usan el aire comprimido para poder realizar el trabajo final que se espera del sistema neumático, los más comunes suelen ser los cilindros neumáticos, de los cuales también existen una gran variedad, ya que hay cilindros de simple efecto, de doble efecto, cilindros de doble vástago, cilindros tándem, etc.

MATERIAL Y EQUIPO.

- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Distribuidor de aire.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NC.
- Válvula 5/2 con interruptor selector manual.
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por un lado (monoestable).
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por ambos lados (biestable)
- Cilindro de simple efecto.
- Cilindro de doble efecto.
- Mangueras.

PROCEDIMIENTO.

Primeramente se realizaran las conexiones de dos circuitos de un cilindro de simple efecto, donde cada circuito realizara la función de hacer avanzar el cilindro de simple efecto.

- 1.- Observe primeramente detalladamente el material que se usara, reconociendo del símbolo presente en cada uno de ellos y así saber que elementos son.
- 2.- Observe el primer circuito (Figura 1), en el cual usaran 4 elementos: cilindro de simple efecto, válvula 3/2, el distribuidor y la unidad de mantenimiento.

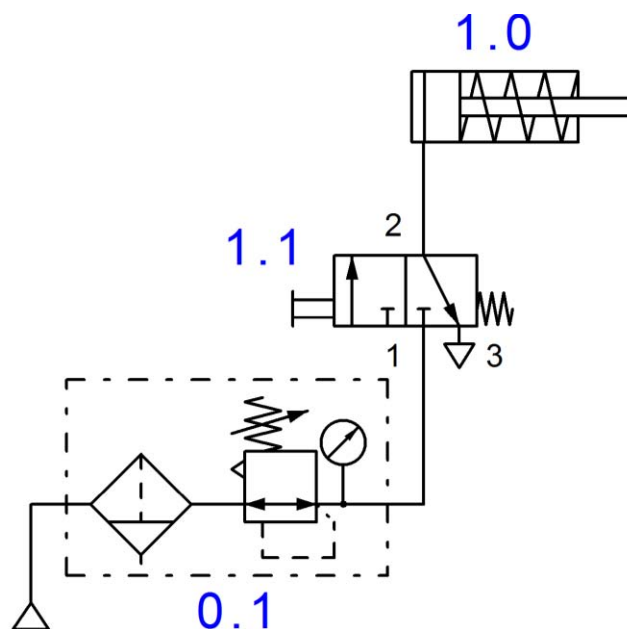


Figura 1.- Accionamiento del cilindro de simple efecto.

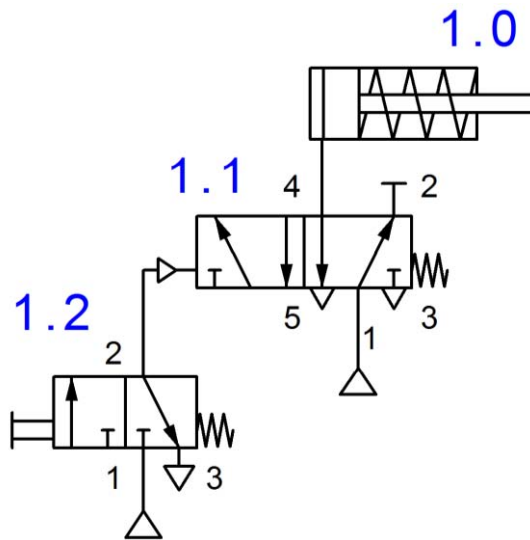


Figura 2.- Accionamiento con válvula monoestable.

3.- Para realizar el circuito primeramente coloque la unidad de mantenimiento en la placa perfilada en un extremo, para así posteriormente conectarla a la tubería de aire y fijar una presión de 6 bar, asegurando que su propia válvula este cerrada. Conecte la unidad de mantenimiento a la conexión común del distribuidor.

4.- Ahora coloque la válvula 3/2 y el cilindro de simple efecto en la placa perfilada, fijándose en que el vástago no se vea obstruido cuando sea el momento en que salga.

5.- Tome las mangueras y realice las conexiones como se observa en el diagrama, donde primeramente se conecta una toma del distribuidor a la entrada 1 de la válvula 3/2, y posteriormente la salida 2 de la válvula 3/2 hacia la conexión del cilindro de simple efecto. Abra la válvula de la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito pulsando la válvula 1.1.

6.- Ahora se armara el circuito de la figura 2, donde se utilizara una válvula 5/2 accionada neumáticamente por un lado. Ahora cierre la válvula de la unidad de mantenimiento y desconecte las mangueras, y coloque la válvula 5/2 monoestable.

7.- Conecte el distribuidor común del distribuidor a la unidad de mantenimiento (en el esquema ya no se representa la unidad de mantenimiento). Ahora conecte el distribuidor a la entrada de la válvula 3/2, después la salida 2 de válvula 1.2 a la válvula monoestable 1.1.

8.- Ahora conecte la entrada 1 de la válvula 5/2 (1.1) al distribuidor, fijándose que la válvula 5/2 se usara como una válvula 3/2 monoestable, ya que no se usara la vía 2, por ello colóquese

un tapón. Posteriormente conecte la salida 4 al actuador de simple efecto, abra la válvula de la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito accionando la válvula 3/2 (1.2).

Ahora se realizaran las conexiones de tres circuitos para el accionamiento de un cilindro de doble efecto.

1.- Desconecte y desmonte todos los elementos usados anteriormente, solo deje la unidad de mantenimiento cerrada y el distribuidor. Observe los siguientes circuitos e identifique cada elemento que se usara, los cuales son: cilindro de doble efecto, válvula 5/2 con interruptor selector manual, válvula 3/2, válvula 5/2 monoestable, válvula 5/2 biestable y el distribuidor.

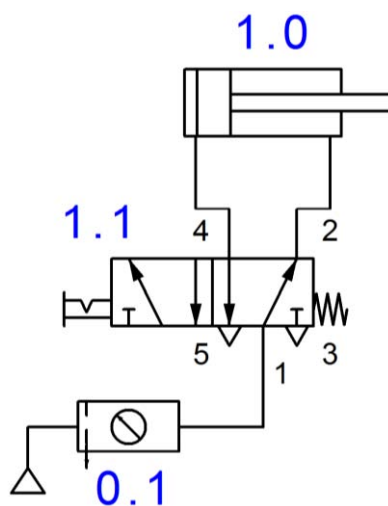


Figura 3.- Accionamiento del cilindro de doble efecto.

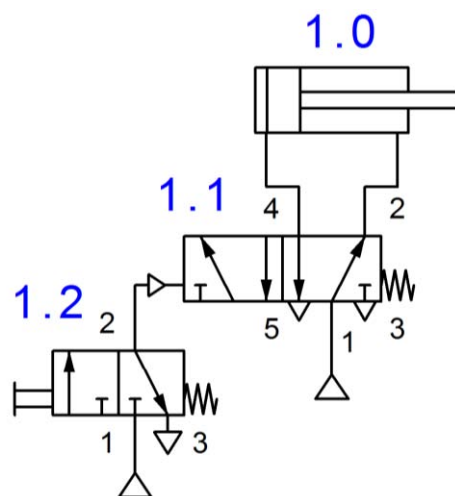


Figura 4.- Accionamiento con válvula monoestable.

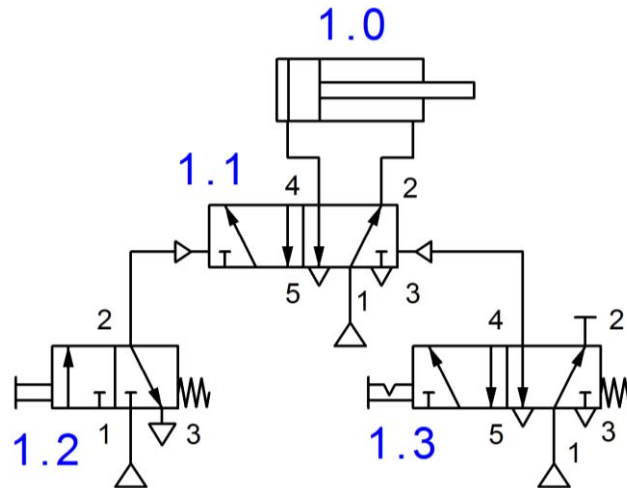


Figura 5.- Accionamiento con válvula biestable.

- 2.- Armé el circuito de la figura 3, por ello coloque la válvula 5/2 con interruptor selector y el cilindro de doble efecto en la placa perfilada.
- 3.- Conecte la unidad de mantenimiento con la vía 1 de la válvula 5/2, posteriormente 4 y 2 a las entradas del actuador, tal y como se muestra en la figura 1. Abra la válvula de la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito accionando la válvula 5/2 con interruptor.
- 4.- Ahora cierre la unidad de mantenimiento y desconecte todo lo anterior, coloque la válvula 5/2 monoestable y la válvula 3/2, para así conectar el circuito de la figura 4.
- 5.- Conecte la unidad de mantenimiento al distribuidor común, para así conectar el distribuidor a 1 de la válvula 3/2, así como también conectar la vía 2 de la válvula 3/2 a la válvula 5/2 monoestable.
- 6.- Ahora conecte la vía 1 de la válvula 5/2 al distribuidor; finalmente conecte 4 y 2 de la misma válvula hacia las entradas del actuador, tal y como se observa en la figura 4. Ahora pruebe el circuito abriendo la válvula de la unidad de mantenimiento y pulsando la válvula 3/2.
- 7.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte todo y quite solamente la válvula 5/2 monoestable y sustitúyala por la válvula 5/2 biestable y coloque la válvula 5/2 con interruptor, como se muestra en el esquema de la figura 5.
- 8.- Ahora conecte cada vía 1 de las válvulas al distribuidor. Conecte las válvulas 1.2 y 1.3 a la válvula biestable (1.1), tal y como se observa.

9.- Finalmente, conecte las vías 4 y 2 a las entradas del actuador de doble efecto, abra la válvula de la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito; note que para que conmute la válvula biestable no debe de existir presión en ambos lados de la válvula, por ello tome atención en la forma en que trabajan las válvulas 3/2 (1.2) y 5/2 (1.3).

CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Qué es la neumática?
- 2.- Defina lo que es presión y aire comprimido.
- 3.- ¿Para qué sirve cada uno de los componentes de la unidad de mantenimiento?
- 4.- ¿Qué es una válvula de control y una válvula distribuidora?
- 5.- ¿Cuáles son los tipos de actuadores que existen?
- 6.- Diseñe un circuito neumático para el siguiente problema: Se requiere un actuador de doble efecto, con dos botones, uno para el avance el cual debe ser lento y otro para el retroceso que debe ser más rápido de lo normal.

5.3.- Practica No. 3. Uso de válvulas OR y AND.

OBJETIVO.

Conocer el funcionamiento, uso y conexiones de las válvulas OR y AND.

INTRODUCCIÓN.

En un sistema neumático es muy común requerir seguridad, por más sencillo que sea el proceso, debido a que ciertos empleados suelen sufrir accidentes por simples descuidos y no por la falla de los equipos, o simplemente porque el proceso así lo requiere. Por lo anterior se suelen usar las válvulas de cierre, de entre las cuales están las válvulas OR y AND, teniendo sus propias aplicaciones cada una de ellas.

Las válvulas OR o válvulas selectoras son las que se usan para cuando se tienen dos flujos de aire provenientes de distintas fuentes y convergen en un mismo actuador, pero para que no se interfieran ambos flujos, se usan las válvulas OR, ya que estas permiten el paso del primer flujo que pase a través de ella, cerrándole el paso al flujo contrario. Las válvulas OR también se usan para cuando un actuador es accionado desde dos o más lugares diferentes, ya que así se asegura que una sola válvula gobierne dicho actuador, sin verse afectado por el accionamiento de las demás válvulas.

Las válvulas AND o válvulas de simultaneidad son las que se usan para cuando se precisan dos flujos de aire para que un actuador trabaje, es decir, es necesario que existan dos señales al mismo tiempo para que la válvula AND permita el paso el flujo de aire a través de ella. Estas son usadas para cuando se requiere que el trabajador tenga ambas manos ocupadas y alejadas del actuador al momento en que este trabaje, dando con ello una mayor seguridad.

MATERIAL Y EQUIPO.

- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Distribuidor de aire.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NC.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NA.
- Válvula 5/2 con interruptor selector manual.
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por un lado (monoestable).

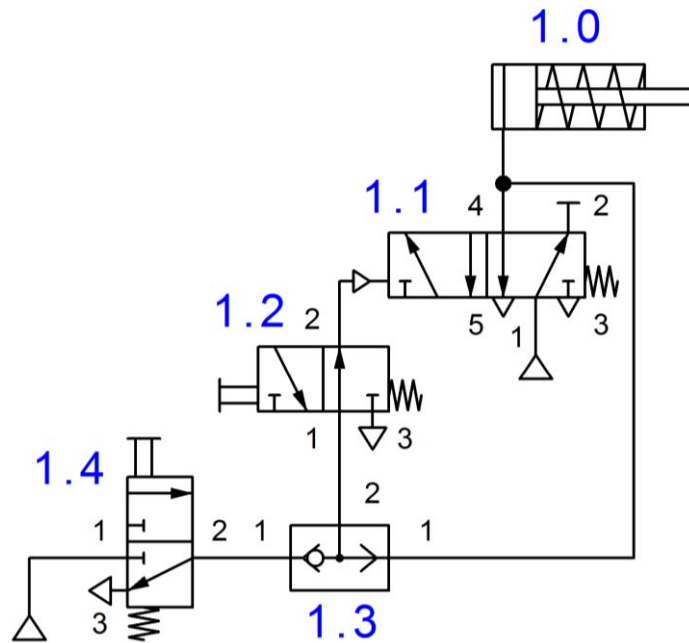


Figura 2.- Aplicación de válvula OR con cilindro de simple efecto.

2.- Coloque en la placa la unidad de mantenimiento y el distribuidor, conecte ambos elementos y fije una presión de 6 bar en la unidad de mantenimiento. También coloque las válvulas 3/2 NC (1.2), 5/2 con interruptor selector (1.3), OR (1.1) y el cilindro de simple efecto, de tal forma que no interfieran la carrera del cilindro.

3.- Conecte las vías 1 de 1.2 y de 1.3 al distribuidor, y posteriormente la vía 2 de 1.2 y la 4 de 1.3 a la válvula OR, tal y como se muestra en la figura 1. Conecte la vía 2 de la válvula OR al cilindro de simple efecto y abra la unidad de mantenimiento. Pruebe el circuito y observe el funcionamiento de la válvula OR.

4.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire de la placa todo lo anterior, solo deje la unidad de mantenimiento y el distribuidor. Observe el esquema de la figura 2 e identifique cada elemento que se usará.

5.- Coloque las válvulas 3/2 NC (1.4), 3/2 NA (1.2), 5/2 monoestable (1.1), OR (1.3) y el cilindro de simple efecto en placa, a una distancia segura entre los elementos. Conecte la vía 1 de 1.4 al distribuidor, posteriormente la vía 2 de la misma válvula hacia la válvula OR.

6.- Conecte la vía 2 de la válvula OR a la vía 1 de 1.2, posteriormente la vía 2 de 1.2 hacia la válvula monoestable, tal y como se muestra. Ahora conecte la vía 1 de 1.1 al distribuidor, tape la vía 2, y la vía 4 conéctela con la T, para así conectar una vía de la T al cilindro y la

otra a la válvula OR. Abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito, haciendo avanzar el cilindro pulsando la válvula 3/2 NC, y haciéndolo retroceder con la válvula 3/2 NA.

7.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire de la placa todo lo anterior, solo deje la unidad de mantenimiento y el distribuidor. Observe la figura 3 e identifique cada elemento que se usara. Coloque en la placa las válvulas 3/2 NC (1.4), 3/2 NA (1.2), 5/2 monoestable (1.1), OR (1.3) y el cilindro de doble efecto a una distancia segura entre ellos. Ahora conecte la vía 1 de 1.4 al distribuidor, así como su vía 2 a la válvula OR.

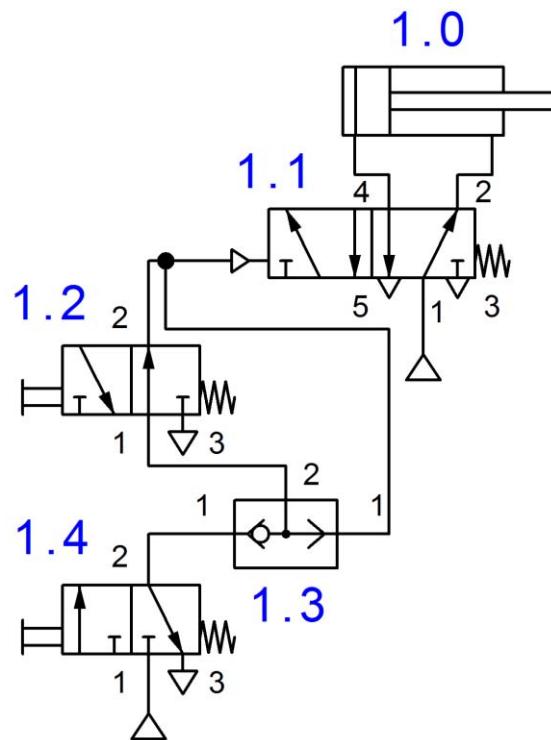


Figura 3.- Aplicación de válvula OR con cilindro de doble efecto.

8.- Ahora conecte la vía 2 de la válvula OR a la vía 1 de 1.2. Conecte la T a la vía 2 de 1.2, posteriormente conecte una vía de la T a la válvula 5/2 monoestable y la otra a la válvula OR, tal y como se muestra en la figura 3. Conecte la vía 1 de la 1.1 al distribuidor, así como sus vías 2 y 4 al cilindro de doble efecto, como se observa en la figura 3. Abra la válvula de la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito, donde la válvula 3/2 NC hace avanzar el cilindro, mientras que la válvula 3/2 NA lo hace retroceder.

Ahora, se realizarán dos sistemas para el uso de la válvula AND.

1.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire todos los elementos usados, solo deje la unidad de mantenimiento y el distribuidor. Observe el esquema en la figura 4 y determine que elementos se ocuparan.

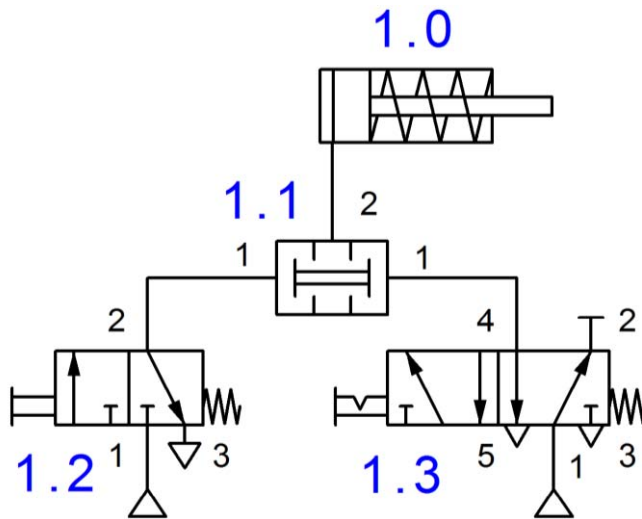


Figura 4.- Uso de válvula AND.

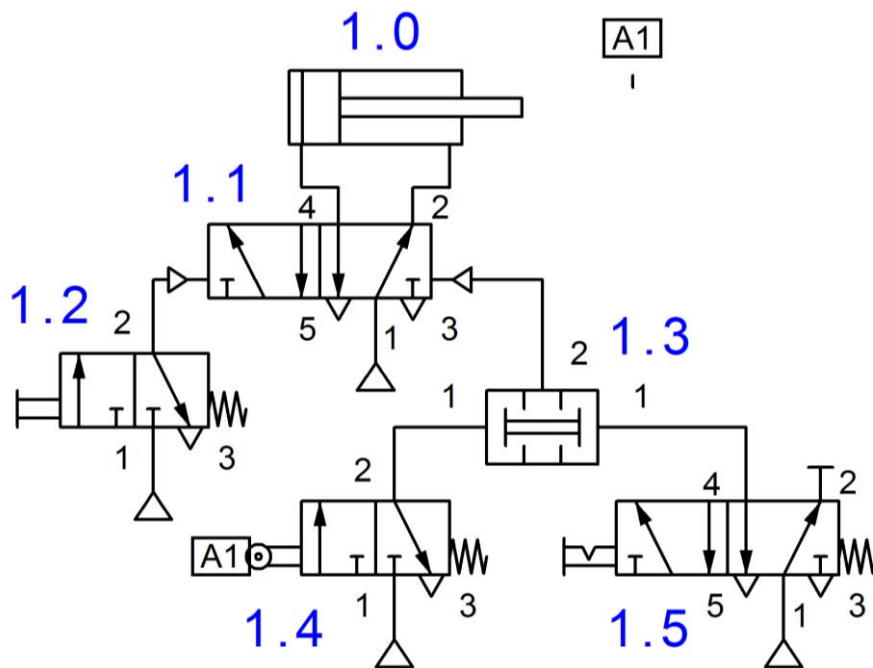


Figura 5.- Aplicación de la válvula AND.

2.- Coloque en la placa las válvulas 3/2 NC (1.2), 5/2 con interruptor selector (1.3), AND (1.1) y el cilindro de simple efecto a una distancia segura y cómoda entre los elementos. Conecte las vías 1 de 1.2 y de 1.3 al distribuidor. Ahora conecte la vía 2 de la válvula 1.2 y la vía 4 de 1.3 a la válvula AND, tal y como se muestra en la figura 4, finalmente conecte la vía 2 de 1.1 al cilindro de simple efecto. Pruebe el circuito, observando el funcionamiento de la válvula AND.

3.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire todos los elementos de la placa, solo dejando la unidad de mantenimiento y el distribuidor. Analice el esquema de la figura 5, e identifique los elementos que se necesitaran.

4.- Coloque las válvulas 3/2 NC (1.2), 5/2 con interruptor selector (1.5), biestable (1.1), AND (1.3), y de rodillo (1.4), también el cilindro de doble efecto en la placa, poniendo especial atención en la colocación de la válvula de rodillo, ya que esta debe ser activada por la leva del cilindro en el momento en que salga, por ello saque el vástago del cilindro a su máxima carrera y así colocar justo en ese lugar la válvula de rodillo.

5.- Ahora conecte las vías 1 de 1.1, 1.2, 1.4 y 1.5, al distribuidor. Conecte la vía 2 de 1.4 y la vía 4 de 1.5 a las vías 1 de la válvula AND, tal y como se observa en la figura 5. Conecte la vía 2 de 1.2 y la vía 4 de 1.3 a la válvula 5/2 biestable, después conecte las vías 4 y 2 de 1.1 al cilindro de doble efecto, tal y como se muestra en la figura 5. Abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito, observe que para que pueda regresar el vástago tiene que estar pulsada tanto la válvula de rodillo como estar activada la válvula 5/2 (1.5).

CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Cuáles son las válvulas de función lógica y para qué sirven?
- 2.- ¿Por qué se considera más seguro el circuito de la figura 2 que el mostrado a continuación, figura 6, a pesar que hacen lo mismo?

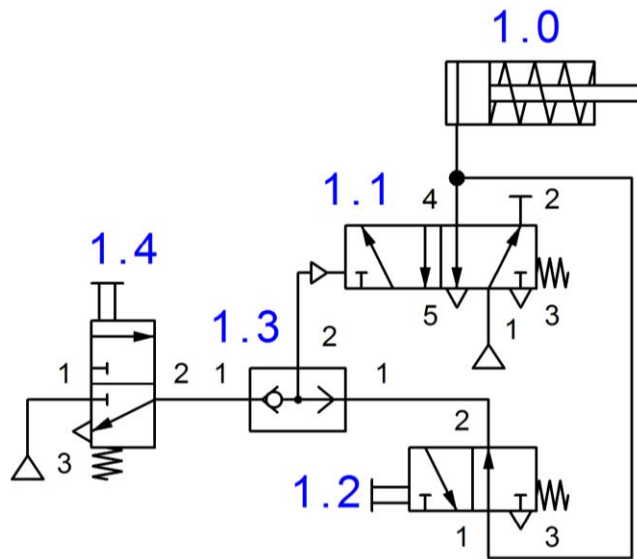


Figura 6.- Diagrama para la pregunta 2.

- 3.- ¿Cuál es la función de las válvulas de estrangulación y de las válvulas de escape rápido?
- 4.- Dibuje el circuito para el siguiente problema: deben marcarse unas balizas de mediciones topográficas con una franja roja. Puede elegirse entre 2 pulsadores para iniciar el movimiento de avance del cilindro que deberá ser lento. La carrera de retroceso también será iniciada con un pulsador con la condición de que el actuador haya alcanzado su final de carrera delantera.

5.4.- Practica No. 4. Ciclos automáticos.

OBJETIVO.

Conocer sistemas neumáticos en donde se realice un ciclo automático de un actuador, por medio de válvulas de rodillo y de secuencia.

INTRODUCCIÓN.

Comúnmente los sistemas neumáticos se suelen usar para crear ciclos automáticos, los cuales ocurren cuando se activa una válvula y esta comienza un ciclo en el cual los actuadores se accionaran en un cierto orden sin necesidad de activar manualmente otra válvula. Es posible crear estos ciclos únicamente con dispositivos neumáticos, como son con las válvulas de rodillo, los temporizadores, válvulas de secuencia, etc., dependiendo del uso que se quiera tener, se usarán el tipo de válvulas adecuadas para el ciclo, ya que algunas veces solo se quiere que los cilindros se posicionen en sus finales de carrera o en ocasiones se necesita que el actuador alcance una presión determinada o que mantenga esta presión un cierto tiempo.

Las válvulas de rodillo se suelen usar para cuando se requiere que el avance del vástago o de algún otro mecanismo de la señal para que esta válvula se active por medio del propio movimiento del mecanismo al llegar a un cierto punto y así seguir otro paso del ciclo. Las válvulas de secuencia no necesitan una señal mecánica como con las anteriores, si no que esta se basa a que cuando recibe una presión específica, esta se activara y dejara pasar esta presión a través de ella, lo que quiere decir que se activara después de un momento de haber recibido la presión, con lo que también se pueden realizar ciclos con ellas.

Para cuando se tienen ciclos, suele ser recomendable tener los diagramas de movimientos, ya que con ellos se puede observar más claramente los movimientos que realizaran los actuadores a lo largo del ciclo, debido que muestran en forma gráfica dichos movimientos, y estos pueden llegar a estar en función del espacio y la fase o del espacio y el tiempo.

MATERIAL Y EQUIPO.

- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Distribuidor de aire.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NC.
- Válvula 5/2 con interruptor selector.
- Válvula 3/2 accionada por rodillo NC.
- Válvula 3/2 accionada por rodillo en un sentido NC.
- Válvula 3/2 accionada magnéticamente.
- 2 Válvulas 5/2 accionadas neumáticamente por ambos lados (biestable).
- Válvula de secuencia.
- 2 Cilindros de doble efecto.
- Conexión en T.
- Mangueras.

PROCEDIMIENTO.

a) 1.- Observe el esquema de la figura 1 e identifique cada elemento que será usado. Coloque la unidad de mantenimiento y el distribuidor en la placa y realice las conexiones entre estos elementos, conectando la unidad de mantenimiento a la toma de aire y el distribuidor común a la unidad de mantenimiento. Fije una presión de 6 bar en la unidad de mantenimiento.

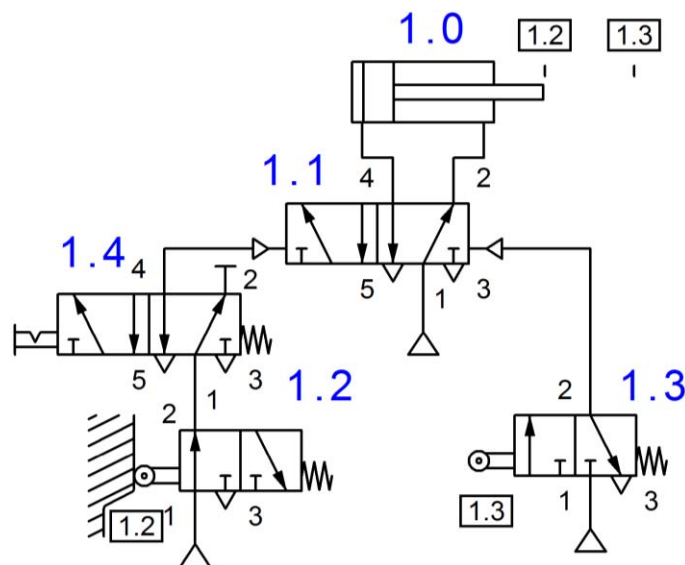


Figura 1.- Ciclo de un cilindro con válvulas de rodillo.

2.- Coloque todos los elementos necesarios en la placa: válvulas de rodillo (1.2 y 1.3), la válvula 5/2 con interruptor (1.4), la válvula 5/2 biestable (1.1) y el cilindro de doble efecto. La válvula 1.2 tiene que colocarse justo debajo de la leva del vástago retraído, por lo que tiene que quedar pulsada, mientras que la 1.3 tiene que estar al final de carrera del vástago de tal forma que esta sea activada cuando el vástago finalice su carrera.

3.- Conecte las vías 1 de 1.1, 1.2 y 1.3 al distribuidor. También conecte la vía 2 de 1.2 con la vía 1 de 1.4. Ahora conecte la vía 4 de 1.4 y la vía 2 de 1.3 a la válvula 1.1. Conecte las vías 4 y 2 de 1.1 al cilindro de doble efecto. Abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito pulsando 1.4.

b) 1.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire solo la válvula de rodillo 1.3 de la figura 1. Observe el esquema de la figura 2 e identifique la válvula de secuencia 1.2. Coloque la válvula de secuencia en la placa. Conecte la vía 1 de 1.2 al distribuidor, así como su vía 2 a la 1.1.

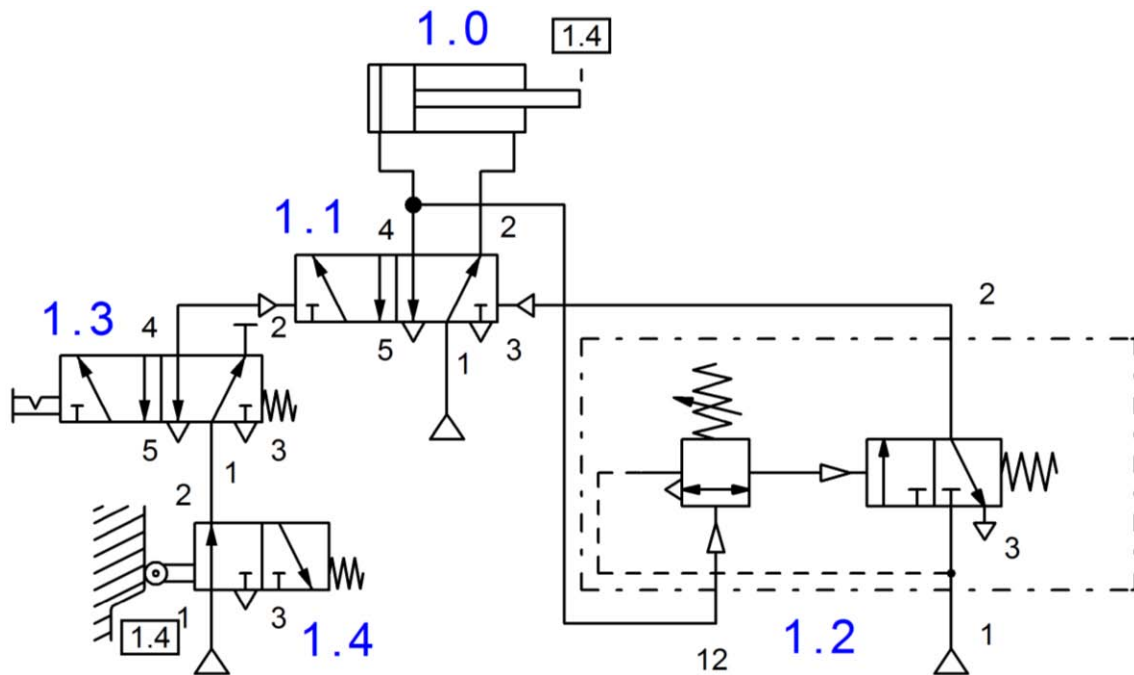


Figura 2.- Ciclo usando válvula de secuencia.

2.- Desconecte la vía 4 de 1.1 y conecte esta vía a la T, donde una vía de la T será conectada al cilindro de doble efecto y la otra será conectada a la vía 12 de la válvula de secuencia. Fije

en la válvula de secuencia una presión del tornillo de ajuste. Abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito, activado la válvula 1.3.

c) 1.- Cierre la unidad de mantenimiento, desconecte y retire todos los elementos, dejando solo el cilindro y la válvula biestable. Observe el circuito de la figura 3 e identifique todos los elementos que se usaran, así como verifique que secuencia deberán seguir los cilindros A y B al activar la válvula 1.2.

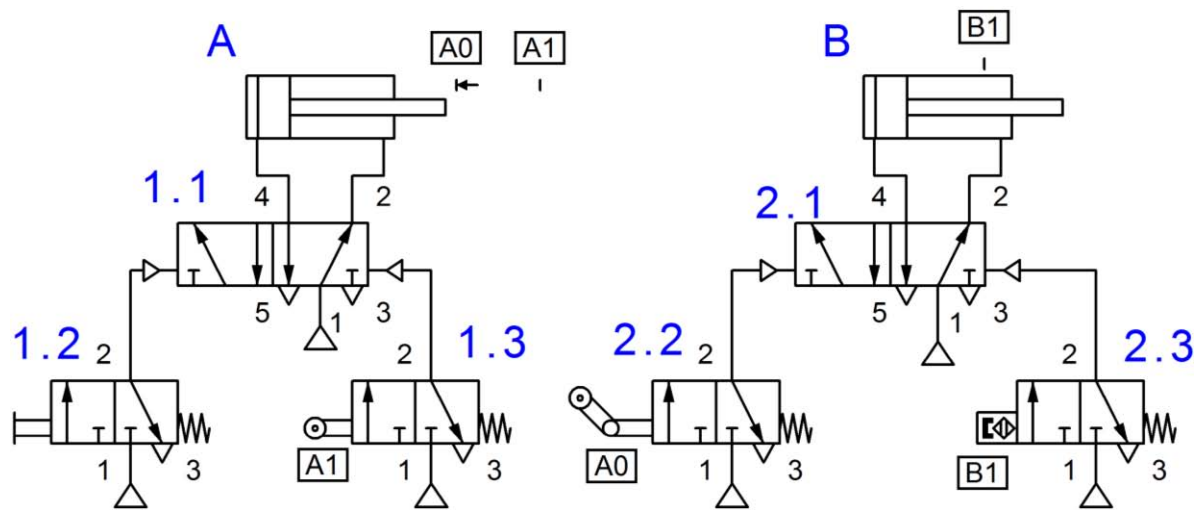


Figura 3.- Ciclo de dos cilindros de doble efecto.

2.- Coloque las válvulas 1.2 y 2.1, y los cilindros de tal forma que no se interfieran entre ellos mismos. Ahora coloque la válvula de rodillo 1.3 en el fin de carrera del vástago del cilindro A de tal forma que la válvula sea pulsada cuando el vástago finalice su carrera.

3.- Coloque la válvula 2.2 en el correcto sentido en que es activada al momento en que la leva del vástago regrese, además que no deberá estarla pulsando la leva cuando el vástago este retraído. También coloque la válvula 2.3 en el final de carrera del cilindro 2, de tal forma que 2.3 sea activada por la leva, cuando el vástago alcance su posición final.

4.- Ahora realice las conexiones siguientes: las vías 1 de todas las válvulas conéctelas al distribuidor, las vías 2 de 1.2 y 1.3 conéctelas a 1.1, así como las vías 2 de 2.2 y 2.3 a 2.1 (observe como coloca la válvula magnética al cilindro B, ya que esta debe estar encima del cilindro. Finalmente las vías 2 y 4 de 1.1 y 2.1 conéctelas a los cilindros A y B, respectivamente. Abra la unidad de mantenimiento y pulse la válvula 1.2, y verifique que los cilindros siguen la secuencia de A+ A- B+ B-.

CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Cuál es la función de una válvula de secuencia?
- 2.- ¿Por qué se ocupan las válvulas de rodillo accionadas en un sentido?
- 3.- ¿Dibuje el diagrama de movimiento para el circuito de la figura 3?
- 4.- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de usar solo elementos neumáticos para realizar sistemas neumáticos en comparación con los eléctricos o electrónicos?
- 5.- Realice los circuitos y sus diagramas de movimiento, como en la figura 3, para las siguientes secuencias usando válvulas de rodillo: A+ B+ B- A- ; A+ B+ C+ A- B- C-.

5.5. Practica No. 5. Método cascada.

OBJETIVO

Aprender a resolver circuitos neumáticos con el método cascada de forma física y observar la secuencia de éste circuito.

INTRODUCCION

El método cascada se usa para resolver circuitos neumáticos secuenciales de movimiento en uno o varios cilindros neumáticos, en los cuales, se repitan estados neumáticos.

Este método puede ser utilizado para eliminar condiciones de bloqueo que se pueda presentarse en un diagrama y tener un orden en todo el sistema de varios movimientos.

Cabe recordar para la realización del método cascada se tiene que identificar y ordenar los elementos de trabajo que estén en movimiento, como son cilindros y motores. Con letras mayúsculas y siguiendo el orden de A, B, C... etc. se van a ir identificando.

Se identifican los movimientos de trabajo que se presenten en el diagrama, se realiza el diagrama espacio-fase tomando como referencia la posición inicial o reposo teniendo en cuenta que, si el vástago sale, se va a identificar con el signo más (+); caso contrario, al entrar el vástago se va a identificar con el signo menos (-). En los motores se va a identificar si, el motor gira en sentido horario el signo correspondiente será positivo (+) y si el eje gira en sentido anti-horario su signo será negativo (-).

Para realizar este método se siguen estos pasos:

- El número de grupos menos 1 es igual al número de válvulas 5/2 (5 vías 2 posiciones) que se requieren en el sistema neumático.
- En un grupo no debe de haber un actuador saliendo o entrando al mismo tiempo.
- La primera acción de cada grupo se conecta directamente.
- Los elementos que se ubican por encima de los grupos se conectan en el circuito de potencia.
- Los elementos que se ubican por debajo de los grupos se conectan en el circuito de control.
- Las líneas de presión se dibujan tantas como grupos haya en la secuencia.

MATERIAL Y EQUIPO

- 2 actuadores de doble efecto.
- 3 válvulas 5/2 biestables.
- 2 accionamientos de rodillo.
- 2 accionadores magnéticos.
- 1 accionamiento por botón.
- Mangueras.
- Distribuidor de aire.
- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Conexión en T.

PROCEDIMIENTO.

1.- Observe el esquema de la figura 1 e identifique cada elemento que será usado. Coloque la unidad de mantenimiento y el distribuidor en la placa y realice las conexiones entre estos elementos, conectando la unidad de mantenimiento a la toma de aire y el distribuidor común a la unidad de mantenimiento. Fije una presión de 6 bar en la unidad de mantenimiento.

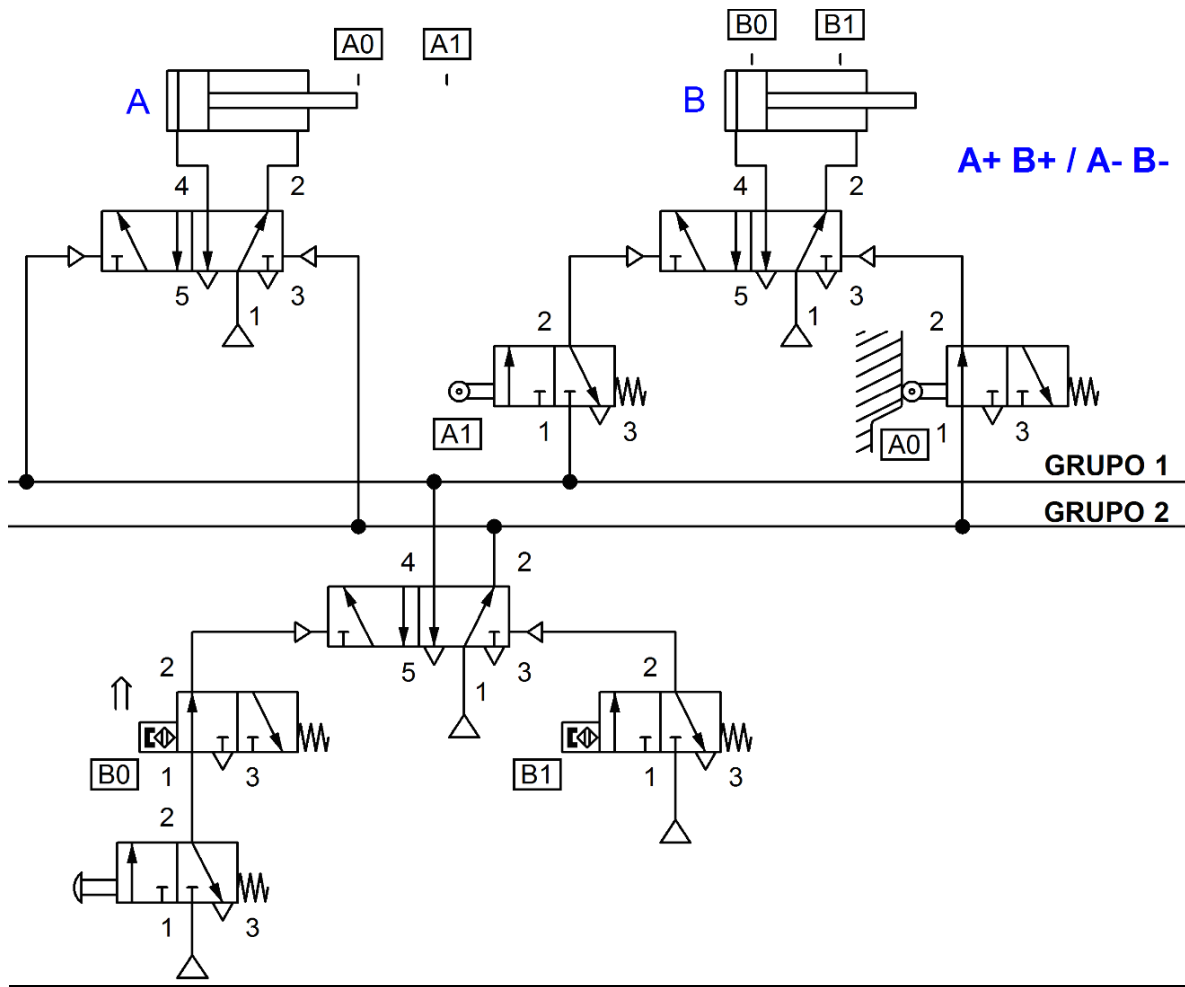


Figura 1.- Aplicación del método cascada con dos grupos.

2.- Coloque los elementos en la placa, ajustándolos para que no puedan moverse.

Coloque los dos actuadores en la parte superior de la placa, dejando un espacio para colocar los accionadores por arriba de los mismos.

Enseguida agregue los interruptores por rodillo en el actuador A y los accionadores magnéticos se colocarán en el actuador B. Los accionadores de rodillo y magnéticos se colocarán: uno en el punto inicial de la carrera y el segundo al final de la carrera, de esta manera podrá seguir la secuencia al inicio y al final de la carrera.

3.- Colocar dos válvulas 5/2 biestable debajo de cada actuador (actuador A y actuador B) alimentar las dos válvulas al distribuidor de aire.

Conectar la entrada 4 de la válvula 5/2 biestable del actuador A a la entrada del actuador que hará que salga el pistón (A0) y la entrada 2 de la válvula 5/2 biestable del actuador A a la entrada del actuador que hará que regrese el pistón (A1).

Conectar la entrada 4 de la válvula 5/2 biestable del actuador B a la entrada del actuador que hará que salga el pistón (B0) y la entrada 2 de la válvula 5/2 biestable del actuador B a la entrada del actuador que hará que regrese el pistón (B1).

4.-Se conectará el grupo 1: Utilizando una "T" conectar el pilotaje 14 del actuador A a la entrada 1 del accionador por rodillo A1 y con la misma línea conectarlo a la entrada 4 de la tercera válvula 5/2 biestable (alimentar la tercera válvula 5/2 biestable al distribuidor de aire).

5.- Se conectará el grupo 2: Utilizando una "T" conectar el pilotaje 12 del actuador A a la entrada 2 de la tercera válvula 5/2 biestable y con la misma línea conectarlo a la entrada 1 del accionador por rodillo A0.

6.-Conectar de la entrada 2 del accionador por rodillo A0 al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador B.

7.- Conectar de la entrada 2 del accionador por rodillo A1 al pilotaje 14 de la válvula 5/2 biestable del actuador B.

8.-Conectar del pilotaje 14 de la tercera válvula 5/2 biestable a la entrada 2 del accionador magnético B0.

9.-Colocar el accionador por botón NC y alimentarlo al distribuidor de aire: conectar la entrada 2 del accionador por botón a la entrada 1 accionador magnético B0.

10.- Conectar del pilotaje 12 de la tercera válvula 5/2 biestable a la entrada 2 del accionador magnético B1.

11.-Verificar que los cilindros sigan la secuencia A+ B+ / A- B-

CUESTIONARIO

- 1.- ¿Para qué sirve el método cascada?
- 2.- ¿Cómo funcionan los accionadores magnéticos?
- 3.- ¿Por qué son importantes los grupos en el método cascada?
- 4.- ¿Por qué los elementos de potencia van por encima de las líneas de presión y los elementos por debajo?
- 5.- Realiza un problema con el método cascada utilizando las válvulas “and” y/o “or”.

5.6.- Practica No. 6. Método paso a paso.

OBJETIVO

El alumno tendrá la capacidad de integrar componentes básicos de neumática aplicándolos en la metodología paso a paso. Observar una aplicación en la industria y así resolver problemas con el método paso a paso.

INTRODUCCIÓN

El método paso a paso es una técnica para el diseño de circuitos neumáticos, se basa en que para activar un grupo es necesario desactivar el grupo anterior, formando una secuencia. Este método es más utilizado que el método de cascada, ya que cuando hay más de dos válvulas en cascada, surgen pérdidas de presión. Dichas pérdidas de presión se corrigen con el método paso a paso.

Para poder diseñar un circuito neumático mediante el método de paso a paso se realizan los siguientes pasos:

1. Se establece la secuencia de movimientos a realizar.
2. Se separan las secuencias en grupos.
3. Se designan a cada grupo separado por siglas romanas.
4. Se hace el esquema del circuito.
5. Cada actuador estará controlada por una válvula 4/2 o 5/2 bi-estables.
6. Debajo de las válvulas de distribución, se ponen tantas líneas de presión como grupos tenga el sistema, enumerándolas con números romanos.
7. Debajo de las líneas de presión se ponen memorias (válvulas 3/2), tantas como grupos tenga el sistema. Todas las memorias comenzarán normalmente cerradas, a excepción de la válvula colocada hasta la derecha que estará normalmente abierta.
8. Las memorias van conectándose a las salidas de presión, tomando la salida de la primera memoria y se conecta a la línea de presión I, la segunda memoria a la línea de presión II y así sucesivamente. La última memoria que es la normalmente abierta, se conectará a la última línea de presión.
9. Cada memoria (excepto la de la derecha), será pilotada por la izquierda por la línea de presión o grupo anterior al que está conectada su salida.

10. Cada memoria (excepto la de la derecha), será pilotada por la derecha por la línea de presión o grupo que debe de desactivarla.
11. La válvula de la derecha será pilotada al revés, esto quiere decir que para pilotarla por la izquierda, se debe de conectar el grupo línea que la desactiva y para pilotarla por la derecha, se conecta el grupo o línea anterior al que esté conectada su salida.
12. Cada válvula distribuidora (4/2 o 5/2) estará pilotada por la línea de presión correspondiente a su grupo.
13. El primer grupo sólo necesita estar conectado a su línea de presión correspondiente, pero los demás grupos además de ser conectados a su línea de presión correspondiente, deben de ser conectados a la señal del grupo anterior para indicar que el movimiento del grupo anterior ha finalizado.
14. El primer movimiento de la secuencia se alimentará de la primera línea de presión y tendrá en serie el pulsador de marcha.
15. Si se repite un movimiento, deberá utilizarse válvulas de simultaneidad (AND) antes de la distribuidora correspondiente.

MATERIAL Y EQUIPO

- 3 actuadores de doble efecto.
- 3 válvulas 5/2 bi-estables (NA).
- 6 accionadores por rodillo o magnéticos (NC).
- 3 válvulas de simultaneidad (AND).
- 2 válvulas de memoria 3/2 (NC) y 1 válvula de memoria 3/2 (NA).
- 1 accionador por botón (NC).

PROCEDIMIENTO

1.- Observe el problema y esquema mostrado en la figura 1 e identifique cada elemento que será usado. Coloque la unidad de mantenimiento y el distribuidor en la placa y realice las conexiones entre estos elementos, conectando la unidad de mantenimiento a la toma de aire y el distribuidor común a la unidad de mantenimiento. Fije una presión de 6 bar en la unidad de mantenimiento.

Las tiras de chapa deben estar con una arista aguda, en uno de los lados con objeto de su mecanizado posterior.

La tira de chapa es colocada en el dispositivo y sujeta por el cilindro neumático A. El cilindro B corta con la cuchilla la tira de chapa. El cilindro A afloja la tira y el cilindro C la expulsa.

Nota: Al establecer la secuencia de trabajo, el cilindro A para sujetar la pieza lo hace en su movimiento de retroceso.

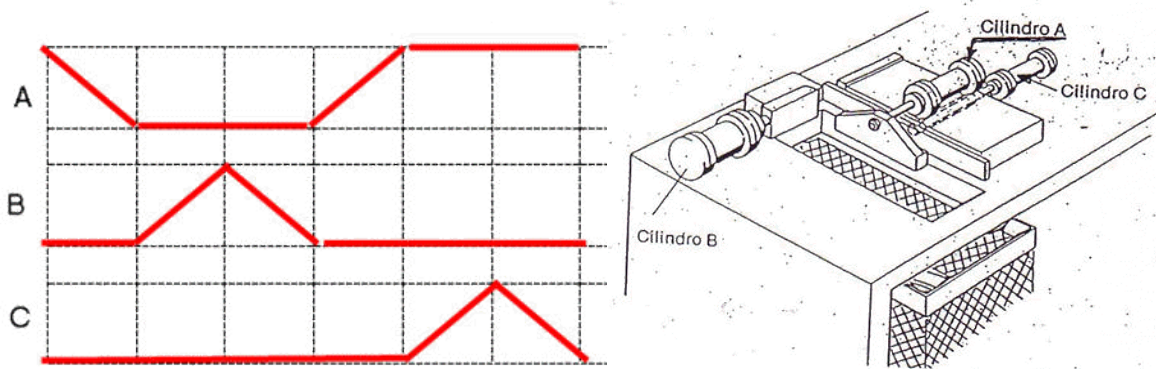


Figura 1.- Secuencia de los actuadores.

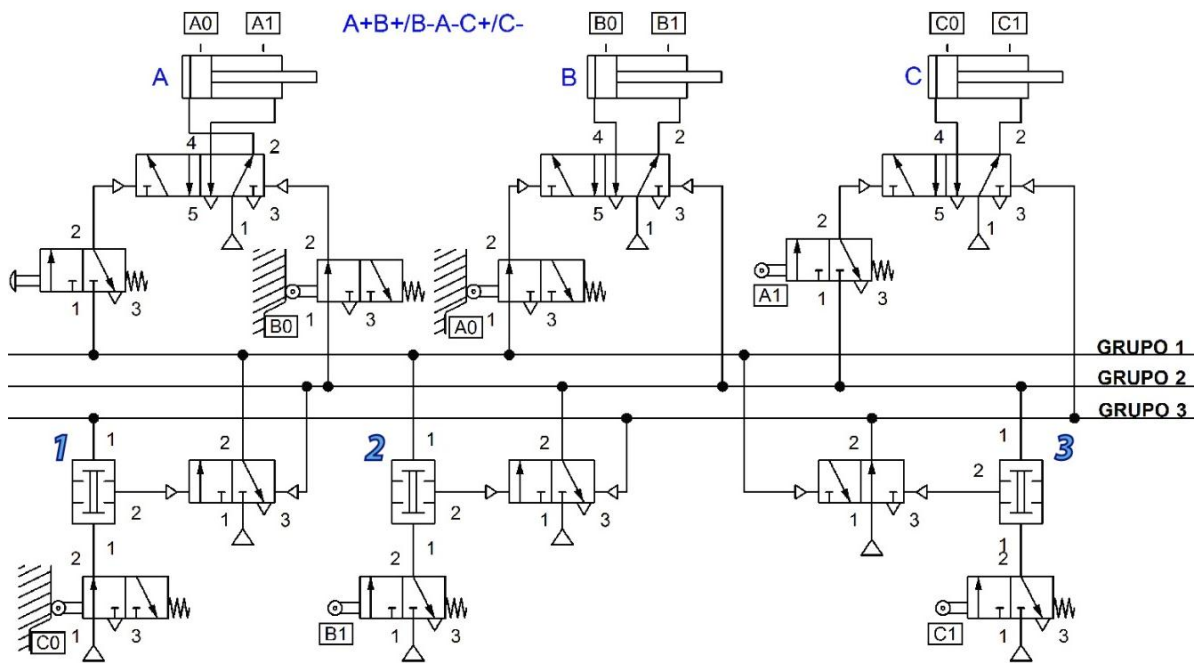


Figura 2.- Diagrama del método paso a paso con 3 grupos.

2.- Coloque los elementos en la placa, ajustándolos para que no puedan moverse.

Coloque los tres actuadores en la parte superior de la placa, dejando un espacio para colocar los accionadores por arriba de los mismos.

Enseguida, agregue los interruptores por rodillo en el actuador A y los accionadores magnéticos se colocarán en el actuador B y C. Los accionadores de rodillo y magnéticos se colocarán: uno en el punto inicial de la carrera y el segundo al final de la carrera, de esta manera podrá seguir la secuencia al inicio y al final de la carrera.

3.-Colocar tres válvulas 5/2 biestable debajo de cada actuador (actuador A, actuador B y actuador C) alimentar las tres válvulas al distribuidor de aire.

Conectar la entrada 2 de la válvula 5/2 biestable del actuador A a la entrada del actuador que hará que salga el pistón (A0) y la entrada 4 de la válvula 5/2 biestable del actuador A a la entrada del actuador que hará que regrese el pistón (A1).

Conectar la entrada 4 de la válvula 5/2 biestable del actuador B a la entrada del actuador que hará que salga el pistón (B0) y la entrada 2 de la válvula 5/2 biestable del actuador B a la entrada del actuador que hará que regrese el pistón (B1).

Conectar la entrada 4 de la válvula 5/2 biestable del actuador C a la entrada del actuador que hará que salga el pistón (C0) y la entrada 2 de la válvula 5/2 biestable del actuador B a la entrada del actuador que hará que regrese el pistón (C1).

4.- Conectar de la entrada 2 del accionador por botón al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador A.

5.- Conectar de la entrada 2 del accionador magnético B0 al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador A.

6.- Conectar de la entrada 2 del accionador por rodillo A0 al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador B

7.- Conectar de la entrada 2 del accionador por rodillo A1 al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador C.

8.- Se conectará el grupo 1: Utilizando "T's" conectar la entrada 1 del accionador por botón a la entrada 2 de la válvula 3/2 biestable con la misma conexión conectarla a la entrada 1 de la válvula de simultaneidad 2, entrada 1 del accionador por rodillo A0 y finalmente al pilotaje 12 de la tercera válvula 3/2 biestable, estas conexiones serán el grupo 1.

9.- Se conectará el grupo 2: Utilizando "T's" conectar el pilotaje 10 de la primera válvula 3/2 biestable (alimentarla al distribuidor de aire), la misma línea estará conectada con la entrada 1 del accionador magnético B0, entrada 2 de la segunda válvula 3/2 biestable, pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador B, entrada 1 del accionador por rodillo A1 y finalmente a la entrada 1 de la tercera válvula de simultaneidad, estas conexiones serán el grupo 2.

9.- Se conectará el grupo3: Utilizando "T's" conectar la entrada 1 de la primera válvula de simultaneidad, la misma línea estará conectada con la entrada 10 de la segunda válvula 3/2

biestable, entrada 2 de la tercera válvula 3/2 biestable y finalmente al pilotaje 12 de la válvula 5/2 biestable del actuador C, estas conexiones serán el grupo 3.

10.-Conectar la entrada 2 del accionador magnético C0 a la otra entrada 1 de la primera válvula de simultaneidad y la entrada 2 de la misma válvula de simultaneidad conectarla al pilotaje 12 de la primera válvula 3/2 biestable (alimentar la válvula de simultaneidad y la válvula 3/2 biestable al distribuidor de aire).

11.- Conectar la entrada 2 del accionador magnético B1 a la otra entrada 1 de la segunda válvula de simultaneidad y la entrada 2 de la misma válvula de simultaneidad conectarla al pilotaje 12 de la segunda válvula 3/2 biestable (alimentar la válvula de simultaneidad y la válvula 3/2 biestable al distribuidor de aire).

12.- Conectar la entrada 2 del accionador magnético C1 a la otra entrada 1 de la tercera válvula de simultaneidad y la entrada 2 de la misma válvula de simultaneidad conectarla al pilotaje 10 de la tercera válvula 3/2 biestable (alimentar la válvula de simultaneidad y la válvula 3/2 biestable al distribuidor de aire).

CUESTIONARIO

- 1.- ¿En qué se diferencian el método cascada con el método paso a paso?
- 2.- ¿Qué pasaría si resolvemos este mismo problema con el método cascada?
- 3.- ¿Con qué otro método se puede resolver este problema?
- 4.- ¿Qué pasaría si no le insertáramos las válvulas de simultaneidad?
- 5.- ¿Cuál es la diferencia entre el método paso a paso mínimo y método paso a paso máximo?
Describe cada uno.

5.7.- Practica No. 7.- Paros de emergencia.

OBJETIVO.

Conocer el funcionamiento y uso del paro de emergencia y el reset en los circuitos neumáticos.

INTRODUCCIÓN.

Ciertamente, el implementar un circuito neumático para poder automatizar algún proceso y facilitar algún trabajo, lleva consigo algunos riesgos al momento de hacer trabajar los actuadores, ya que estos pueden estar cerca de los trabajadores o de los productos que se manejen, o que puede suceder que ocurra alguna situación poco común donde el trabajador o algún producto se encuentre cerca de ellos y de esta forma ocurra un accidente, dejando atrapado al trabajador entre los actuadores, por ello se necesita tener un paro de emergencia que evite en lo más posible herir al trabajador en estas circunstancias.

Paro de emergencia sobre la alimentación del o de los actuadores: al momento en que este es activado, la alimentación de los actuadores se ve suspendida, dejándolos sin presión con la que puedan avanzar o retroceder, por lo que estarán libres de moverse; y para cuando se tengan condiciones seguras, se podrá normalizar el proceso al desactivar el paro de emergencia.

Paro de emergencia con restablecimiento a la posición inicial o RESET: cuando se activa este paro todos los actuadores y válvulas regresan al estado inicial, es decir, interrumpen el ciclo del sistema y lleva todo a la posición inicial, para que se lleve a cabo esto, se suelen usar válvulas OR en ciertos métodos, como en el paso a paso.

Paro de emergencia total: este es la combinación de ambos paros anteriormente descritos, y suele ocuparse una válvula 5/2, ya que una vía controlara la alimentación y la otra realizara el RESET del sistema.

MATERIAL Y EQUIPO.

- Válvula de cierre con filtro y regulador (Unidad de mantenimiento).
- Distribuidor de aire.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NA.
- Válvula 3/2 accionada por pulsador NC.
- Válvula 5/2 con interruptor selector.
- Válvula 3/2 accionadas por rodillo NC.
- Válvula 3/2 accionada por rodillo en un sentido NC.
- Válvula 5/2 accionada neumáticamente por un lado (monoestable).
- Válvula 3/2 accionada magnéticamente.
- 3 Válvulas 5/2 accionadas neumáticamente por ambos lados (biestable).
- 3 Válvulas OR.
- 2 Cilindros de doble efecto.
- Conexión en T y mangueras.

PROCEDIMIENTO.

a) Primeramente realizara un circuito en el que un cilindro de doble efecto realizara un ciclo, el cual será detenido con botón de paro, pero también contendrá un paro de emergencia. El cual es mostrado en la figura 1.

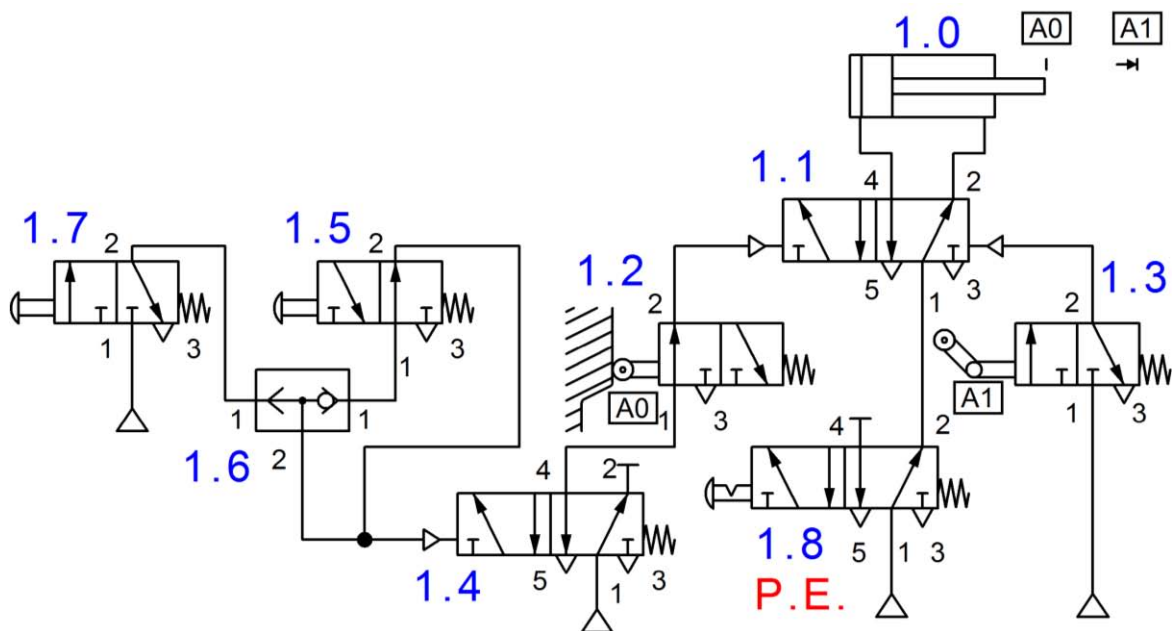


Figura 1.- Paro de emergencia en un solo actuador.

1.- Primeramente observe el esquema de la figura 1 e identifique cada elemento que será requerido para su construcción. Coloque la unidad de mantenimiento y el distribuidor en la placa y realice las conexiones que ya se han hecho anteriormente entre ellos. Fije una presión de 6 bar en la unidad de mantenimiento.

2.- Coloque todos los elementos necesarios en la placa, siempre tomando en cuenta la distancia y posición correcta entre el vástago del cilindro y las válvulas de accionamiento 1.2 y 1.3, ya que el cilindro tendrá que accionarlas correctamente. Como se observa, la válvula 1.7 es la que iniciara el ciclo y la 1.5 parara el ciclo una vez comenzado, las cuales van conectadas a la válvula OR, solo que observe la forma en que están conectadas las vías 2 de las válvulas 1.5 y 1.6 a través de una conexión T, y esta a su vez a la válvula 1.4.

3.- Ahora la válvula 1.4 va conectada a la válvula 1.2, y la válvula 1.2 a la válvula 1.1, esto a través de las vías que se muestran respectivamente. Ahora también la válvula 1.3 va conectada al otro pilotaje de la válvula 1.1. La válvula 1.8 actuará como paro de emergencia, ya que al presionarla estará suspendiendo la alimentación al actuador, por lo que va conectada a la válvula 1.1 como se muestra, y esta finalmente va conectada al actuador.

4.- Finalmente abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito, donde el comienzo es con la válvula 1.7, el paro es con 1.5 y el paro de emergencia es con 1.8.

b) Ahora se pasara a realizar el circuito que se muestra en la figura 2, el cual consta de dos actuadores realizando un ciclo con el método de cascada, solo que este tendrá un paro de emergencia.

1.- Desconecte todo lo anterior y retírelo de la placa, solo dejando la unidad de mantenimiento y el distribuidor. Identifique los elementos que se necesitaran para la figura 2, el cual estará en cascada. Diga cuál es el ciclo que deberán seguir los actuadores:_____.

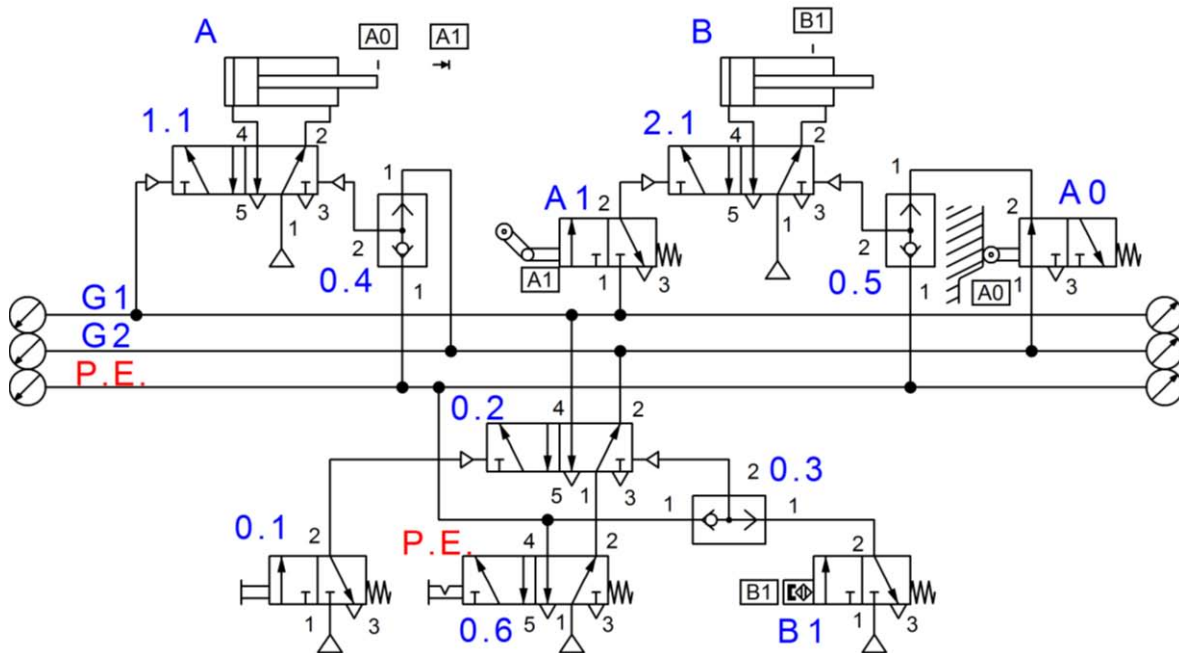


Figura 2.- Paro de emergencia en el método de cascada.

2.- Ahora coloque los actuadores a una distancia segura entre ellos y coloque la válvula 0.1, que será la que comience el ciclo. Coloque las válvulas 5/2, una será la 0.2, y las 1.1 y 2.1 serán las que controlen el movimiento de los actuadores, por lo que estas últimas colóquelas cerca de ellos. Conecte las válvulas 0.1 y 0.2. tal y como se observa.

3.- Ahora con una conexión T conecte la válvula 0.2 y la válvula 1.1, tal y como se observa en la figura 2. Conecte las vías correspondientes de la válvula 1.1 al actuador A y también la vía 1 al distribuidor. Tome una válvula OR (0.4) y conecte su vía 2 al pilotaje restante de la válvula 1.1., y a cada vía 1 conecte una conexión T.

4.- Coloque la válvula A1 en la posición indicada, y conecte su vía 1 a la T que proviene de la vía 4 de la válvula 0.2, así como su vía 2 al pilotaje de la válvula 2.1. Conecte las vías de la 2.1 al actuador B tal y como se observa, además de la vía 1 al distribuidor. También coloque la válvula B1 en la posición mostrada, y tome otra válvula OR (0.3) y conecte las vías 1 y 2 de cada válvula, como se observa en la figura 2.

5.- Ahora conecte la vía 2 de 0.3 al pilotaje restante de la válvula 0.2. Coloque la válvula 0.6, la cual será el paro de emergencia, y conecte una conexión T la vía 4 de 0.6, para así conectarla a las válvulas OR 0.3 y 0.4; conecte la vía 1 de 0.6 al distribuidor y además su vía 2 a la vía 1 de la válvula 0.2.

6.- Conecte la vía 2 de 0.2 a la T que viene de 0.4; además coloque en la placa la válvula A0 y otra válvula OR (0.5), las cuales conectara a través de sus vías 2 y 1, respectivamente, así como la vía 1 de 0.5 a la T que viene de 0.4 para el paro de emergencia, y la vía 1 de A0 a la otra T que viene de 0.4. Abra la unidad de mantenimiento y pruebe el circuito pulsando 0.1, y verificando la secuencia que siguen los actuadores. Además presione el paro de emergencia en cualquier momento de la secuencia y observe que sucede.

c) Ahora realice el circuito que satisfaga la siguiente secuencia: A+ A- B+ B-, el cual deberá ser hecho por el método de cascada, debe tener un paro de emergencia.

CUESTIONARIO.

- 1.- ¿Qué tipo de paro de emergencia se usó en la figura 2?
- 2.- Describa con sus propias palabras cada tipo de paro de emergencia que existe.
- 3.- Realice la misma secuencia que en la figura 2, solo que use el método de paso a paso, además de contar con el paro de emergencia total.
- 4.- Analice el esquema de la figura 3, describa como funciona y que secuencia siguen los actuadores y que tipo de paro de emergencia se usó y porque.

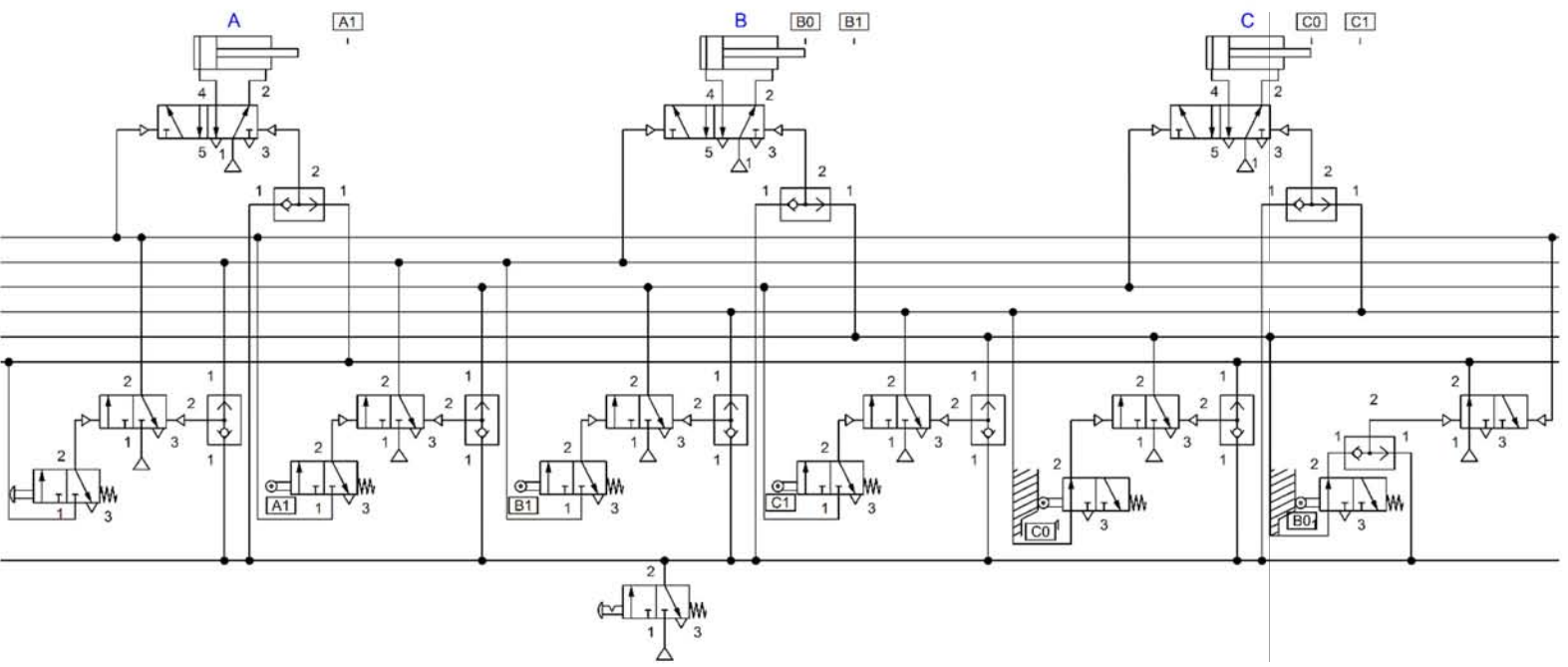


Figura 3.- Diagrama para la pregunta 4.

5.- Realice el esquema de la siguiente secuencia: A+ B+ B- C+ C- A- a través del método de paso a paso máximo con paro de emergencia total.

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- En muchas empresas se utiliza cada día más la neumática debido a que genera menos costos, el aire se obtiene del medio ambiente, que no genera costo, no es explosivo, utilizando circuitos neumáticos los sistemas pueden trabajar con mayor velocidad a un hidráulico, el aire no daña el equipo con los que trabaja y muchos más ejemplos, es por esto que es importante estudiar sistemas neumáticos.
- Antes de poder realizar prácticas con circuitos neumáticos es importante conocer sus componentes, para que sirve cada una, como funciona un sistema neumático, como es que funciona el aire. Para conocer todo esto se investigó la teoría para el conocimiento de un sistema neumático y lo que representa.
- Agradeciendo de manera infinita al apoyo proporcionado por la FES-Cuautitlán, especialmente al Departamento de Ingeniería de la Universidad, al equipo integrado se realizó la tesis “Banco de Pruebas Neumático Didáctico” pudiéndose establecer un sistema donde los alumnos podrán entender y resolver problemas neumáticos, y con esto, facilitarles la lógica en sistemas hidráulicos.
- Se puede ayudar a muchos alumnos de la universidad ya que en la industria se encuentran múltiples tipos de problemas similares a las practicas vistas en la tesis, de menor o mayor dificultad, observando y estudiando la tesis se podrá facilitar la resolución de problemas dentro y fuera de la universidad, principalmente en el área laboral.
- Esta tesis solo es el principio de un tema, ya que, sabiendo neumática básica podrán entender electroneumática y después de haber entendido estos dos temas de estudio podrán entender y manejar circuitos neumáticos mediante PLC, que es mayor el uso de éste en diversas empresas.
- Se escogió este tema de tesis debido a que en la universidad no se contaba con algún material didáctico para comprender mejor la materia neumática. Teniendo el banco de pruebas los alumnos podrán incrementar y comprender mejor sus conocimientos

acerca de la neumática y realizar problemas sobre éstos mismos en las industrias, poniendo en alto el nombre de la Universidad Nacional Autónoma de México.

BIBLIOGRAFÍA

1. Esteban García Mate y Jesús Peláez Vera, *Neumática industrial: diseño, selección y estudio de elementos neumáticos*, España, Editorial Inversiones Editoriales Dossat, 2002.
2. Antonio Creus Solé, *Neumática e hidráulica*, México, Editorial Alfaomega, 2007.
3. Werner Deppert, K. Stoll, *Aplicaciones de la neumática*, México, Editorial Alfaomega, 2001.
4. Antonio Guillen Salvador, *Introducción a la neumática*, México, Editorial Alfaomega, 1999.
5. Enrique Carnicer, *Sistemas industriales accionados por aire comprimido*, España, Editorial Paraninfo, 1997.
6. José Roldán Viloría, *Prontuario de neumática industrial: electricidad aplicada*, España, Editorial Paraninfo Thomson Learning, 2001.
7. Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, *Termodinámica*, Mexico, Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2012.
8. Virgil Moring Faires, *Termodinámica*, México, Editorial Limusa, 1994.
9. Miguel Carulla, *Circuitos básicos de neumática*, España, Editorial Marcombo, 1993.
10. Salvador Millan Teja, *Automatización neumática y electroneumática*, México, Editorial Alfaomega, 1996.
11. FESTO, *Neumática nivel básico*, Festo Didactic, 1993