

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica

**TUTORIAL Y MANUAL DE PRÁCTICAS
DEL SISTEMA NEUMÁTICO AMATROL B834-BA/B835-A**

TESINA PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA:

FERNANDO SÁNCHEZ JIMENEZ

Diplomado 2007

Asesor: M.C. Gerardo Villegas Rosas

Enero 2020

Índice

1.- Introducción	8
2.- Justificación	9
3.- TUTORIAL Y MANUAL DE PRÁCTICAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO AMATROL B834-BA/B835-A	10
3.1- Parte Teórica.....	10
3.1.1 Antecedentes históricos	10
3.1.2 Conceptos generales de la neumática	17
3.1.3 Principios físicos y leyes de los gases	20
3.1.4 El aire atmosférico y sus propiedades.....	23
3.1.5 El aire comprimido y sus propiedades.....	23
3.1.6 Humedad en el aire comprimido.....	25
3.2.- APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA.....	26
3.2.1 Campo de aplicación de la neumática	26
3.2.2 Aplicaciones específicas de la neumática	27
3.2.3 Tecnología de vacío.....	28
3.2.4 Amplificador de fluido con inyección de aire	29
3.2.5 Sistema oleo neumático para avances lentos.....	29
3.3.- ALCANCES DE LA APLICACIÓN DE LA NEUMÁTICA, CRITERIOS DE SELECCIÓN	30
3.3.1 Alcance de los mandos neumáticos comparado con los mandos hidráulicos, eléctricos y electrónicos en función de la fuerza, movimiento y regulación	31
3.3.2 Alcance de la neumática comparado con la hidráulica y la electricidad en la transportación, acumulación de energía y costos.....	32
3.3.3 Estabilidad de la neumática a diferentes ambientes, tiempo de conmutación y velocidad de las señales en comparación con la electricidad y la electrónica.	33
3.3.4 Comparación entre la neumática e hidráulica con respecto a la temperatura de operación, sensibilidad, compresión, lubricidad y precisión.....	33
3.4.- INSTALACIONES NEUMÁTICAS.....	35
3.4.1 Introducción a las instalaciones neumáticas.	35
3.4.10 Línea local	49
3.4.2 Compresor de Aire (Generación de aire a alta presión).....	36
3.4.3 Función básica de un compresor.....	37
3.4.4 Criterios para definir el tipo de compresor /aire.....	38
3.4.4.1 Calidad del aire.	38
3.4.4.2 Cantidad de aire (Capacidad).....	39

3.4.4.3 Nivel de presión.....	39
3.4.5 Características de los recipientes a presión y criterios de selección.	40
3.4.6 Redes de distribución de aire.	43
3.4.6.1 Red de aire cerrada.....	43
3.4.6.2 Red de aire abierta.....	44
3.4.6.3 Dimensión de tuberías y compensación en la pérdida de carga.....	45
3.4.7 Tratamiento de aire de acuerdo al uso.....	46
3.4.8 Acondicionamiento de una instalación de aire de una línea principal.....	47
3.4.9 Línea secundaria.....	48
3.5 DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS.....	49
3.5.1 Símbolos neumáticos de acuerdo a la DIN ISO1219-1, 03/96.....	49
3.5.2 Representación neumática por diagramas.....	50
3.5.3 Unidad de mantenimiento. Regulador -filtro-lubricador.....	50
3.5.3.1 Regulador de presión.....	50
3.5.3.2 Filtro.....	52
3.5.3.3 Lubricación.....	53
3.5.4 Introducción a las válvulas.....	54
3.5.4.1 Válvulas direccionales.....	55
3.5.4.2 Tipo de válvulas y su representación esquemática.....	56
3.5.4.3 Válvulas piloteadas de manera manual y mecánica.....	58
3.5.4.4 Válvulas de regulación.....	60
3.5.4.5 Válvulas de bloqueo.....	60
3.5.5 Actuadores neumáticos.....	60
3.5.5.1 Cilindros o actuadores lineales.....	61
3.5.5.2 Cilindro de simple efecto.....	62
3.5.5.3 Cilindro de simple efecto con retorno con resorte.....	62
3.5.5.4 Cilindro de doble efecto.....	63
3.5.5.5 Actuator rotativo: Motor.....	65
3.6 ORGANOS DE MANDO.....	66
3.6.1 Introducción a los órganos de mando.....	66
3.6.2 Elementos de control órganos de mando.....	67
3.6.2.1 Mando sensitivo.....	67
3.6.2.2 Mando por retención.....	68
3.6.3 Controles para mandos sensitivos y de retención.....	68
3.6.4 Mandos eletro-neumaticos.....	69

3.6.5 Mandos por programa.....	70
3.6.5.1 Mando secuencial.....	70
3.6.5.2 Mando Temporizado.....	70
3.6.6 Mandos Analógicos.....	71
3.6.7 Mandos Digitales.....	71
3.6.8 Mandos por enlaces lógicos.....	71
3.6.8.1 Lógica neumática.....	72
3.6.9 Mandos secuenciales en función del tiempo y del proceso.....	75
3.7.1 Catálogo de válvulas direccionales y sus tipos de control.....	76
3.7.2 Catálogo de válvulas de regulación, actuadores giratorios y elementos de servicio.....	78
3.7.3 Catálogo de cilindros.....	82
3.8 DESARROLLO Y DISEÑO DE SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	84
3.8.1 Definición del mando del sistema.....	84
3.8.1.1 Plano de situación.....	84
3.8.1.2 Diagrama por pasos, secuencia del proceso.....	85
3.8.1.3 Diagrama de mando, estado de los elementos.....	86
3.8.1.4 Diagrama de funciones.....	87
3.8.1.5 Diagrama de funciones con línea de señales.....	87
3.8.1.5.1 Línea de señales.....	87
3.8.2 Desarrollo de sistemas por método de GRAFCET.....	90
3.8.2.1 GRAFCET nivel 1.....	91
3.8.2.2 GRAFCET nivel 2.....	93
3.9 EJERCICIOS CON SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	94
3.9.1 Ejercicio: Dispositivo cargador.....	94
3.9.2 Ejercicio: clasificador de piezas metálicas.....	97
3.9.3 Ejercicio: Separador de paquetes.....	99
3.9.4 Ejercicio: Distribuidor vertical de ladrillos.....	101
3.9.5 Ejercicio: Máquina de marcaje.....	104
3.9.6 Ejercicio: alimentador dosificador con dos actuadores.....	106
3.9.7 Ejercicio: sujeción de moldes.....	110
3.9.8 Ejercicio: transportador con elevación y posicionamiento.....	113
3.9.9 Ejercicio: transportador con circuitos electro neumáticos.....	116

Índice de figuras

<i>Figura 1. Fundición de cobre en el antiguo Egipto.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Perforadora de aire comprimido utilizada en la construcción del túnel de Mont- Cenis.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3. Aplicaciones: taladro neumático, succión, sujeción y posicionamiento de piezas.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4. Gráfico de sobrepresión y subpresión P_e con respecto a la presión atmosférica.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5. Ley de Boyle-Mariotte.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Gramos de vapor dependiendo de la humedad relativa y absoluta del aire a 1 Atm en función de la temperatura.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7. Escala de vacío en función del valor de presión usada en la industria.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 8. Amplificador de fluido en dos estados.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Multiplicador de presión con combinación de aire y aceite.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10. Elementos en un sistema de distribución de aire neumático.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11. Tipos de compresores.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12. Compresor básico de un pistón.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Capacitancia en un sistema de presión.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14. Curva característica cambio de presión y flujo.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15. Elementos principales de un compresor de aire sujeto a presión.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 16. Red de aire con interconexiones.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 17. Red de aire cerrada.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18. Red de aire abierta.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19. Línea principal de suministro.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20. Línea secundaria de suministro.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 21. Sistema regulador.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. Esquema regulador de presión.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 23. Filtro de aire con su esquemático.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 24. Unidad de mantenimiento con su esquemático.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25. Clasificación de válvulas direccionales.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 26. Cadena de mando y de trabajo.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 27. Cilindro neumático.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 28. Aplicación de un cilindro de simple efecto en un robot de sujeción.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 29. Partes de un cilindro de simple efecto con retorno por resorte.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 30. Cilindro simple efecto extendido.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 31. Cilindro simple efecto retraído.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 32. Descripción física cilindro doble efecto.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 33. Esquema de un cilindro de doble efecto.....</i>	<i>64</i>

<i>Figura 34. Cilindro neumático.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 35. Motor neumático.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 36. Esquemático del motor neumático.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 37. Esquema neumático.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38. Máquina con sus elementos actuadores.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 39. Diagrama de pasos con respecto al tiempo.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 40. Diagrama de mando, estado de los elementos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 41. Diagrama de funciones, combinación de diagrama de pasos con respecto al tiempo y diagrama de mando.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 42. Líneas de señales básicas.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 43. Diagrama de funciones con línea de señales.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 44. GRAFCET nivel 1.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 45. GRAFCET nivel 2, conmutación de válvulas e interruptores de carrera.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 46. Diagrama tiempo-fase de dispositivo cargador.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 47. Diagrama desplazamiento-fase en función del tiempo.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 48. Esquema de dispositivo cargador con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 49. Diagrama desplazamiento-fase clasificador de piezas.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 50. Esquema de clasificador de piezas metálicas con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 51. Diagrama de desplazamiento y diagrama de función de un separador de paquetes.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 52. Esquema del separador de paquetes con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 53. Diagrama desplazamiento-fase y de funciones con líneas de señales de un distribuidor de ladrillos.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 54. Esquema de un distribuidor vertical de ladrillos con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 55. Diagrama desplazamiento fase con líneas de señales y máquina de marcaje.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 56. Condición AND y válvula de simultaneidad.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 57. Esquema máquina de marcaje con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 58. Diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales de alimentador dosificador.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 59. Esquema de control de dos actuadores de un alimentador dosificador.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 60. Diagrama desplazamiento fase con líneas de señales de un sujetador de moldes.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 61. Esquema de control del sujetador del molde con dispositivos neumáticos y actuadores.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 62. Plano de situación del sistema de elevación y posicionamiento.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 63. Diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales del sistema de elevación y posicionamiento.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 64. Diagrama funcional de la interacción entre válvulas y cilindros del sistema de elevación y posicionamiento.....</i>	<i>114</i>

<i>Figura 65. Esquema de control del circuito semiautomático del sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con sus dispositivos neumáticos y actuadores</i>	<i>116</i>
<i>Figura 66. Sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con circuitos electro-neumáticos</i>	<i>117</i>
<i>Figura 67. Diagrama de función y lista de asignación para la programación del PLC.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 68. Esquemático eléctrico de conexiones al sistema de entradas y salidas del PLC</i>	<i>119</i>
<i>Figura 69. Estado inicial de los conmutadores y contactos del sistema en reposo.....</i>	<i>120</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Cronograma de eventos de desarrollo de la neumática</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2. Relación entre unidades de presión</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Comparativo entre neumática, hidráulica, electricidad y electrónica en función de la fuerza, movimiento y regulación.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Alcance de la neumática en comparación con la hidráulica y la electricidad con respecto a los costos por transportación y acumulación</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5. Comparativo de la estabilidad y tiempo de conmutación.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6. Comparativo neumática vs hidráulica (Temperatura de operación, compresión, lubricidad, precisión y recuperación).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7. Válvulas de una y dos posiciones</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 8. Válvulas de dos posiciones piloteadas de manera manual y mecánica</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 9. Mandos sensitivos y por retención.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 10. Mandos de conmutación por contacto</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 11. Mandos por enlaces lógicos</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 12. Equivalente electrónico biestable o flip-flop, con la neumática.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 13. Equivalencias entre lógica booleana, circuito neumático y circuito eléctrico</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 14. Válvulas direccionales. Control eléctrico, por presión y combinado</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 15. Válvulas de regulación, actuadores giratorios y elementos de servicio.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 16. Cilindros.....</i>	<i>82</i>

1.- Introducción

La presente tesina tiene como antecedente el diplomado en mecatrónica orientado a sistemas neumáticos donde se hacen prácticas directas con manuales disponibles en la facultad, se identifica que el procedimiento de aprendizaje está muy acotado ya que solo se basa en la práctica establecida en los manuales con la aplicación directa con las demostraciones.

La finalidad del presente trabajo es proporcionar una manual con un enfoque más amplio para elaborar una práctica sustentada en conceptos más claros de diseño, para lo cual se incluyen los antecedentes históricos de la evolución tecnología de la neumática, conceptos generales y teoría de los gases para proporcionar al usuario información elemental para el buen entendimiento de la neumática.

Posteriormente se describe la aplicación y uso de la neumática en ciertas áreas tecnológicas para sustentar su factibilidad, alcance, criterios de selección mediante la comparación de los sistemas neumáticos con los sistemas hidráulicos, eléctricos y electrónicos en función de la fuerza, tipo de movimiento y/o regulación.

En los siguientes capítulos se pretende contribuir con información de las diferentes tecnologías en comparación con la neumática en cuanto a medio de transporte, acumulación de la energía y costos, poniendo a disposición del usuario información técnica que le permita definir si la neumática será la tecnología adecuada considerando la optimización de los recursos contra la efectividad de su uso, en cuanto a su velocidad de respuesta y tiempo de conmutación y estabilidad.

La sensibilidad, comportamiento contra la temperatura, compresión y precisión son determinantes para decidir por la tecnología neumática, es por esa razón que se proporciona un comparativo con la hidráulica ya que ambos son fluidos, pero difieren por mucho en esas características y se debe saber hasta dónde están acotados los alcances.

2.- Justificación

La importancia de la energía neumática como una fuente de energía limpia y con disponibilidad del aire como su fluido en grandes cantidades en el medio ambiente la hace indispensable hoy en día. La neumática es el tipo de energía más usada en las diferentes gamas de la industria manufacturera, no solo en el campo industrial ya que su uso se ha extendido en otro tipo de áreas como la medicina, minería y agricultura.

Se presenta información de instalaciones neumáticas con el propósito de que se pueda tener sustento técnico para la selección del tipo de instalación, integrando un catálogo de dispositivos neumáticos para contribuir en la selección de dispositivos idóneos para la implementación de la práctica. Se proporcionan los elementos básicos para el diseño, desde identificar qué tipo de órgano de mando se requiere implementar dependiendo del alcance del diseño: manual, semiautomático o completamente automático.

Para el diseño y desarrollo del sistema desde su concepción inicial se proporcionan la metodología principal que proporciona un procedimiento sistemático, incluyendo métodos como el GRAFCET y programación de PLC's en escalera.

3.- TUTORIAL Y MANUAL DE PRÁCTICAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO AMATROL B834-BA/B835-A

3.1- Parte Teórica

3.1.1 Antecedentes históricos

Aunque los rasgos básicos de la neumática están entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, fue hasta finales del siglo XVIII y durante todo el siglo XIX cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento a través de la mecánica de los fluidos que propició el entendimiento de la teoría neumática y sus reglas.

Los principios de la neumática ya eran utilizados por el hombre primitivo, por ejemplo, la primera aplicación del aire comprimido consistió en el soplado de las cenizas para reavivar el fuego. El aire empleado había sido “comprimido” en los pulmones, usándose un compresor natural.

Un sistema de ventilación a base de presión son los pulmones, el volumen de ventilación pulmonar (volumen de aire inspirado o espirado) en cada respiración normal es de 500 ml, con una frecuencia normal de 12 ciclos por minuto, el promedio del volumen respiratorio es de 5 l/min , pero la capacidad pulmonar total es el volumen al que pueden dilatarse los pulmones con el mayor esfuerzo inspiratorio posible que es cercano a los 5.8 litros en un solo ciclo, por lo cual los pulmones son capaces de movilizar si se respira lo más rápido y profundamente que se pueda, entre los 15 a 30 segundos un volumen que equivale a 100 o más litros de aire por minuto, durante los 100 l/min o $6 \text{ m}^3/\text{h}$ se ejercen una presión de $0.02\sim 0.08 \text{ bars}$, pero el compresor humano resultó inadecuado cuando el hombre comenzó a fundir metales ($\sim 3.000 \text{ a. C.}$) para alcanzar temperaturas cercanas a los 1000°C se necesitó un compresor más potente. Los orfebres egipcios inventaron un método para la producción del aire comprimido que era necesario para fundir metales nobles tales como el cobre y el bronce. Para alcanzar la temperatura de fusión, se introducía oxígeno directamente al carbón vegetal incandescente soplando a través de varios

tubos hechos de caña con boquilla de barro (tubo-soplete) acondicionado con fuelles. Este método se utilizó en el Reino Medio (Egipto a. C. 2050 - 1750 a. C.), aunque hay testimonios escritos de que empezaron a emplear fuelles de piel desde el año 1500 a. C. Esto ocurrió cuando la fundición de la aleación de cobre y estaño (bronce) se convirtió en un proceso estable de producción, como quedó registrado en algunas tumbas egipcias, como se muestra en la Figura 1.

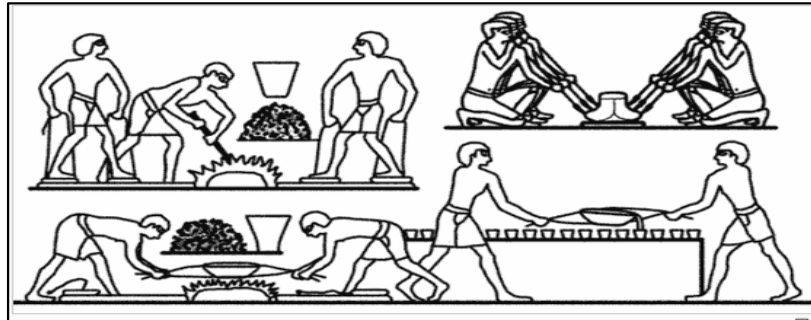


Figura 1. Fundición de cobre en el antiguo Egipto.

El término neumática tiene sus orígenes desde la antigüedad, el aire, uno de los cuatro elementos por los que los griegos fueron cautivados, parecía por su naturaleza volátil y transparente la más fina expresión de la materia. Era considerado por ellos algo similar a lo que entendían por alma. En griego, la palabra “pneuma” significa “alma” y en consecuencia la técnica que utiliza el aire como medio de transmisión de energía se llamó neumática.

El padre de la neumática así considerado por sus estudios y su construcción de máquinas bajo el concepto del uso de aire fue el griego Ktesibios que construyó los primeros cañones de aire comprimido alrededor del año 260 *a. C.* Para ello además de una cuerda tensada, utilizaba aire que era comprimido en un cilindro.

A partir de entonces el aire se usó de varias maneras, en algunos casos, tal como se presenta en la naturaleza, en movimiento, el viento (energía eólica) fue transformado en energía mecánica mediante los molinos de viento, permitiendo diversas acciones, como mover molineras. Por otra parte, quizás la navegación a vela fue la más antigua forma de aprovechar este tipo de energía. Los fuelles de pie fueron usados hasta el año 1762, en el que empezaron a ser reemplazados por el cilindro soplante de John Smeaton, accionado por la rueda de un molino. Al aumentar la

capacidad de los hornos de fundición, los fuelles convencionales se quedaban cortos, y el cilindro de Smeaton, aunque tosco, resultaba efectivo. Cuando John Wilkinson inventó una taladradora para hacer cañones con torneados interiores de precisión, se hizo posible la fabricación de máquinas soplantes y de vapor. La primera máquina soplante de la historia salió de manos del mismo Wilkinson e instalada en su fábrica de Wilby, en Shropshire, en 1776. Este fue el primer prototipo de todos los compresores mecánicos.

El compresor de Wilkinson funcionaba a una presión de alrededor de 1 *bar*, y elevaba la temperatura hasta el máximo permitido por las articulaciones mecánicas de cuero que eran utilizadas para controlar las válvulas de madera.

En el siglo *XIX* se comenzó a utilizar el aire comprimido en la industria de forma sistemática, en herramientas neumáticas, como martillos y correo neumáticos (por succión), son un ejemplo de estas aplicaciones. Esto generó problemas técnicos como pérdidas de carga y fugas debido a los materiales de los tubos (en algunos casos, de cerámica). Fue en el año de 1857, durante la construcción del túnel de Mont-Cenis, el cual media 13.6 *km* de longitud, cuando los ingenieros constataron que por medios manuales se tardaría en terminar el túnel alrededor de 30 años, por lo cual decidieron utilizar el invento de George Law, una perforadora de aire comprimido con presiones de hasta 6 bares que permitía alcanzar velocidades de avance de dos metros diarios, en comparación a los 0.6 metros que se obtenían con los medios tradicionales. Figura 2.

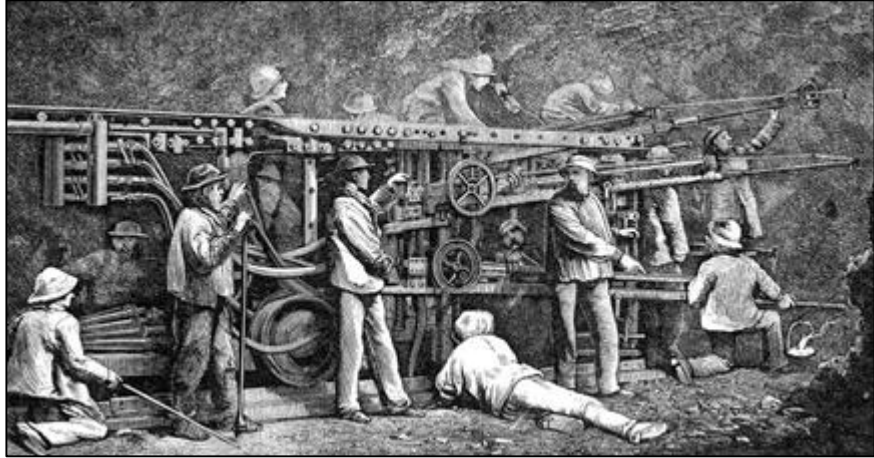


Figura 2. Perforadora de aire comprimido utilizada en la construcción del túnel de Mont- Cenis

El ingeniero y jefe del proyecto, Germain Sommeiller, decidió instalar a cada lado del túnel compresores del tipo de agua para refrigerar el aire dentro de los cilindros, con esto se evitaba la “barrera del calor” en los materiales. Es importante hacer notar que, por cada 9 perforadoras de roca en servicio, había 54 en reparación debido a las altas tensiones mecánicas. Cuando se terminó el túnel, más de 7 *km* de conducción neumática había sido instalada desde una de las bocas, con lo que quedó demostrado que se podían avanzar grandes distancias de perforación utilizando aire comprimido, posteriormente se utilizaría el mismo concepto de máquina para el túnel de Hossac al oeste de Massachusetts en 1875.

Por la repercusión que tuvo el túnel de Mont-Cenis, muchos otros proyectos neumáticos fueron llevados a cabo, como ejemplo en el año de 1880 se inventó el primer martillo neumático. Pero el proyecto de mayor envergadura fue realizado en el año de 1888, en Francia, donde el ingeniero austriaco Víctor Popp, obtuvo permiso para utilizar el sistema de alcantarillado y montar una red de aire comprimido en toda la ciudad de París. Popp había instalado una planta de 1500 *KW* que suministraba aire comprimido a más de 7 *km* lineales de tuberías al que se unían otros 50 *km* de líneas secundarias. La planta suministraba aire a una presión de 6 *bares*. En el año de 1891, la potencia instalada ya era de 18000 *KW*.

Desde entonces, los industriales europeos trabajaron incansablemente en toda clase de inventos y patentes relacionadas con el aire comprimido.

La incorporación de la neumática en mecanismos y en la automatización comienza a mediados del siglo *XX*. Sólo a partir del año de 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en procesos de fabricación.

Es cierto que ya existían algunas aplicaciones y ramas de explotación (en la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles con el uso de frenos de aire comprimido), pero la irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria se inició hasta que llegó a hacerse más necesaria la exigencia de una automatización y racionalización de los procesos de trabajo.

A pesar de que esta tecnología fue rechazada al principio debido en la mayoría de los casos a la falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de su aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido, dada su versatilidad, facilidad de manejo y control, motivo por el que en todas las ramas industriales el uso de aparatos neumáticos sea imprescindible. El aire presenta connotaciones muy importantes desde el punto de vista de su utilización y ha sido empleado en importantes funciones cuya evolución histórica hasta finales del siglo *XIX* se resume brevemente en la siguiente tabla 1

Tabla 1. Cronograma de eventos de desarrollo de la neumática

Fecha	Evento	Origen
260 a. C	Catapulta neumática	Ktesibios (Grecia)
1500 a. C	Fuelle de mano y pie	Orfebrería antigua
1762	Cilindro soplante	John Smeaton (UK)
1776	Compresor mecánico	John Wilkimson (UK)
1857	Perforadores neumáticos	G. Sommeiller (Mont Cenis)
Mayo 1865	Correo neumático	Victor Popp (Paris)
1869	Freno de aire de ferrocarril	Westinghouse
1874	Correo neumático de Viena	Austria
1875	Correo neumático de Berlín	Alemania
1888	Relojes neumáticos	Victor Popp (Paris)
1891	Compresor de dos etapas	Riedler
Mayo 1950	Aplicación neumática en la industria	

Como se muestra en la tabla anterior el uso del aire comprimido continúa en expansión de la neumática, simultáneamente con la involución de la utilización del vapor y la entrada en acción de la energía eléctrica. Hubo grandes disputas entre partidarios y detractores de ambas tecnologías, aunque fue esta última la que acabó imponiéndose de manera global. Aun así, en nuestros días la neumática es una parte

importante de la industria moderna (Figura 3), ya que en casi toda la maquinaria se usa energía por transmisión neumática, algunas de sus aplicaciones y usos incluyen:

Manufactura:

- Robots.
- Transportadores de posición.
- Prensas de estampado.
- Dispositivos de sujeción.

Transporte:

- Frenos de camiones.
- Dispositivos de control para automóviles.

Construcción:

- Trituradoras de rocas.
- Taladros neumáticos.



Figura 3. Aplicaciones: taladro neumático, succión, sujeción y posicionamiento de piezas.

3.1.2 Conceptos generales de la neumática

Todas las maquinarias requieren una fuente de energía, así como un medio de transmisión en su punto de operación, dependiendo el tipo de aplicación los diseñadores tienen que valorar la factibilidad del tipo de tecnología a usar, por lo cual los tres métodos para la transmisión de energía más comunes son mecánicos, eléctricos y fluidos.

La energía neumática es distribuida, transmitida y controlada a través de un fluido presurizado, este puede ser gas o líquido. Existen dos ramas primarias de energía por fluido: la hidráulica la cual usa un líquido usualmente aceite y la neumática la cual usa un gas, usualmente aire. Al usar la neumática es necesario el conocimiento de ciertos principios físicos como:

- Los diferentes conceptos de presión: atmosférica, relativa y absoluta.
- Las diferentes leyes de los gases y la ecuación general de los gases ideales.
- Las propiedades de la mezcla de gases y los conceptos asociados con el aire comprimido, como la humedad.

Presión

La presión es la acción de una fuerza aplicada a una sección de área. El resultado es el cociente entre la fuerza normal aplicada sobre un cuerpo y la superficie sobre la que incide.

De esta forma obtenemos la siguiente fórmula fundamental.

$$P = \frac{F}{s} [Pa]$$

La unidad de presión en el sistema internacional es el Pascal (En honor a Blaise Pascal, 1662). En la tabla 2 tenemos las equivalencias entre diferentes unidades de presión.

Tabla 2. Relación entre unidades de presión

Unidades de presión							
	Pascal (Pa)	bar (bar)	Milibar (mbar)	Atmósfera Técnica (at)	Atmósfera (atm)	Torr (Torr)	Libra-fuerza Por pulgada cuadrada
1 Pa	1 N/m ²	10 ⁻⁵	10 ⁻²	1.0197 x10 ⁻⁵	9.8692x10 ⁻⁶	7.5006 x10 ⁻³	145.04x10 ⁻⁶
1 bar	100 K	-----	1000	1.0197	0.98692	750.062	14.5038
1 mbar	100	10 ⁻³	-----	0.0010197	0.00098692	0.75006	0.014503774
1 at	98066.5	0.980665	980.665	-----	0.96784	735.56	14.223
1 atm	101325	1.01325	1013.25	1.0332	-----	760	14.696
1 torr	133.322	1.3332 x10 ⁻³	1.3332	1.3595 x10 ⁻³	1.3158 x10 ⁻³	-----	19.337 x10 ⁻³
1 psi	6894	68.948 x10 ⁻³	68.948	70.307 x10 ⁻³	68.046 x10 ⁻³	51.715	-----

Debemos conocer los diferentes conceptos relacionados con la presión, el primero de ellos es la presión atmosférica, que es la presión ejercida sobre todos los cuerpos por la atmósfera contenida alrededor de la tierra. Torricelli, experimentalmente determinó que a nivel del mar la atmósfera ejerce la misma presión que una columna de Mercurio de 760 mm de altura.

Para poder tener valores de presión definidos, a pesar de las variaciones climatológicas, la norma DIN ha definido un valor de presión de referencia. La presión atmosférica normal a nivel del mar comprende 1013 mbar (equivalente a 760 mm de Hg). La atmósfera estándar es definida por la organización internacional de aviación civil de la siguiente manera: la presión y temperatura a nivel del mar es de 1013.25 milibares y 288°K (15°C). También se tiene la presión absoluta, que es la que soporta un sistema con respecto al cero absoluto. Se dice que existe sobrepresión si la presión absoluta es mayor que la presión atmosférica y depresión si ésta es menor. La sobrepresión y depresión es la presión relativa. Se debe tener en cuenta que tanto la presión absoluta (P_{abs}) como la presión relativa (P_{rel}) están en función de la presión atmosférica (P_{atm}), ver figura .

Así la presión imperante en la superficie terrestre es denominada presión atmosférica (P_{atm}) o presión de referencia, la presión mayor a este valor es denominado

sobrepresión ($P_{rel} > 0$), mientras la presión inferior a ella se denomina sub-presión ($P_{rel} \leq 0$), la diferencia de presión se calcula según la siguiente fórmula:

$$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm}$$

La presión atmosférica no es constante debido a que el valor cambia según la altitud y las condiciones climatológicas.

La presión absoluta P_{abs} es el valor relacionado al valor cero (al vacío), es la suma de la presión atmosférica más la sobrepresión o subpresión. En la práctica suelen utilizarse sistemas de medición de la presión que solo indica el valor de la sobrepresión P_{rel}

El valor de la presión atmosférica P_{atm} oscila alrededor de 1 bar (100Kpa).

En neumática es usual relacionar todos los datos sobre el aire al llamado estado normal, el cual según la norma DIN 1343 es un estado determinado por la temperatura normal y la presión normal de un material sólido, líquido o gaseoso.

Estado normal:

- Temperatura normal $T_n = 273.15^\circ K$ o $T_n = 0^\circ C$
- Presión normal $P_n = 101325 Pa$ o $P_a = 1.01325 bar$

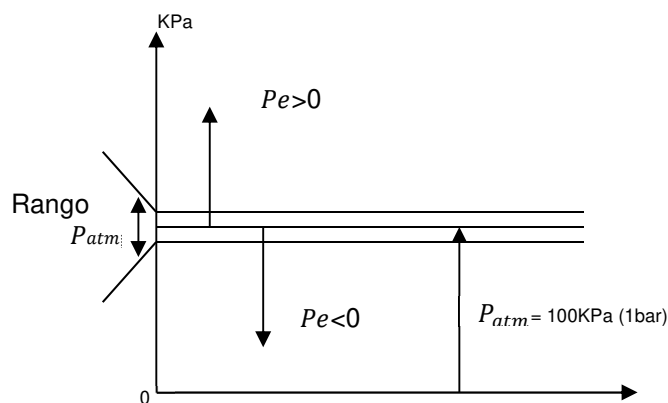


Figura 4. Gráfico de sobrepresión y subpresión P_e con respecto a la presión atmosférica

El valor de la unidad de presión $1 Pa = 1 \frac{N}{m^2}$

$$1 bar = 10^5 Pa$$

1 Pa corresponde a la presión que ejerce una fuerza perpendicular de 1 N sobre una superficie de 1 m².

3.1.3 Principios físicos y leyes de los gases

Las condiciones de un gas se definen mediante tres variables de estado que son: presión absoluta (P), volumen específico (V) y temperatura absoluta (T). Cuando se conocen dos de ellas queda determinada la condición del gas, debido a la relación que existe entre ellas. Se llegó a ésta conclusión a través de la experimentación y las leyes que se enuncian a continuación:

Ley de Boyle-Mariotte

El aire puede ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión). Bajo las condiciones de una línea isotérmica, es decir a temperatura constante los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a las que son sometidas.

El producto de volumen y presión absoluta es constante para una determinada masa de gas.

$$(P_1)(V_1) = (P_2)(V_2) = \text{constante}$$

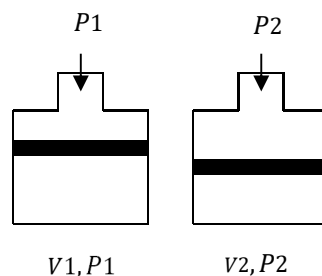


Figura 5. Ley de Boyle-Mariotte

Ley de Pascal

La ley enuncia que la presión de aire es la misma en cada punto de un contenedor, este concepto fue descubierto por el francés llamado Blaise Pascal, y es conocido como la ley de Pascal.

Ley de Gay-Lussac

Esta ley dice que el volumen de una masa gaseosa es proporcional a la temperatura absoluta, mientras que no se modifique la presión; el aire se dilata a presión constante, una temperatura de $273\text{ }^{\circ}\text{K}$ y un calentamiento de $1\text{ }^{\circ}\text{K}$ en un $\frac{1}{273}$ de su volumen, esto considerando que es una transformación adiabática.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

V_1 = Volumen en T_1 , V_2 = Volumen en T_2 y $V/T = \text{constante}$

La variación del volumen ΔV es:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{V_1(T_2 - T_1)}{T_1}$$

Ley de Dalton (de las presiones parciales)

La presión de una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales de los gases constituyentes. La presión parcial es la que ejercería cada gas si ocupara él solo el volumen de la mezcla.

Ley de Amagat

El volumen de una mezcla de gases es igual a la suma de los volúmenes parciales de los gases constituyentes. El volumen parcial es la que ocuparía cada gas si tuviera la presión de la mezcla.

Ley de Avogadro

Asegura que en un proceso a presión y temperatura constante (isobaro e isoterma), el volumen de cualquier gas es proporcional al número de moles presente, de tal modo que:

$$\frac{(P1)(V1)}{(T1)(n1)} = \frac{(P2)(V2)}{(T2)(n2)}$$

Si T es constante y P es constante la fórmula resultante es:

$$\frac{V1}{n1} = \frac{V2}{n2} = \text{constante}$$

Donde $n1$ y $n2$ son los números de partículas (Moles)

Ley General de Los Gases

La composición química del aire comprimido, hace que lo podamos tratar como un gas ideal. Si usamos las leyes anteriormente descritas y las combinamos, a través de desarrollos matemáticos, llegaremos a la siguiente fórmula:

$$\frac{P_o V_o}{T_o} = \frac{PV}{T} = \text{constante}$$

La fórmula es la general para los gases ideales. Sustituyendo todas las leyes en una misma fórmula y teniendo en cuenta que un *mol* de gas en condiciones estándar ocupa un volumen de 22,4 litros, se puede demostrar que tenemos:

$$PV = nRT$$

Donde P es la presión absoluta en atmósferas, V el volumen en litros, n el número de moles, R constante e igual a $0.082 \frac{(atm)(l)}{(K)(mol)}$ y T es la temperatura en grados Kelvin. (5)

3.1.4 El aire atmosférico y sus propiedades

La Composición de la atmósfera, obviando la contaminación existente en cada zona, es (porcentaje en volumen): nitrógeno (N_2 , aprox. 78%), oxígeno (O_2 , aprox. 21%) y trazas de otros compuestos, como dióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón. Son una mezcla de gases que alrededor de dieciséis lo conforman, aunque el N_2 y el O_2 ocupan el 99% de su volumen. El aire pesa 1.2928 gr/l a $273^\circ K$ a presión atmosférica. Tanto su densidad como la velocidad del sonido varían con la temperatura y con la presión. Es compresible y cumple con una aproximación aceptable para las leyes para los gases ideales. Esta es quizás una de las propiedades más importantes ya que permite manejar los cambios termodinámicos del aire en situaciones reales.

Hasta aquí la teoría está referida al aire seco, pero normalmente en la naturaleza el aire se presenta asociado al vapor de agua, que se comporta como un gas más en la mezcla. Para cada presión y temperatura el aire puede contener una cantidad de agua en forma de vapor. Si se supera esta cantidad, el vapor se condensa y precipita; esto será fundamental a la hora de acondicionar y comprimir el aire. En el apartado siguiente se presenta un ejemplo visual de la condensación del agua, para calcular esta cantidad de vapor disponemos del diagrama psicrométrico.

3.1.5 El aire comprimido y sus propiedades

La falta de cohesión es característica del aire, es decir existe una ausencia de fuerza entre las moléculas y este comportamiento sigue siendo usual en la neumática, como todos los gases, no tiene forma definida, su forma cambia a la más mínima fuerza y ocupa el volumen máximo disponible.

La temperatura de operación efectiva de los sistemas neumáticos es de $5^\circ C$ a $60^\circ C$ ($41^\circ F$ a $140^\circ F$), sin embargo, puede operar en los rangos de $0^\circ C$ a $200^\circ C$, los sistemas neumáticos son insensibles a los cambios de temperatura, a diferencia de los

sistemas hidráulicos, en donde la fricción de los fluidos provocada por la viscosidad depende en gran parte de la temperatura lo cual lo hace operar en el rango de 20°C a 70°C.

Los sistemas neumáticos no corren el riesgo de explotar o incendiarse a diferencia de los hidráulicos, adicional a esto tenemos las siguientes características del fluido usado en la neumática:

- Abundante: está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- Transporte: el aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
- Almacenable: no es necesario que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- Temperatura: el aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- No recuperación: no requiere instalaciones especiales para la recuperación del fluido de trabajo (aire).
- Constitución simple de los elementos actuadores: que implica precios económicos.
- Velocidad: Permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).
- A prueba de sobrecargas y golpes de ariete: los elementos de trabajo neumáticos pueden llegar hasta su parada completa sin riesgo de sobrecargas.
- Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las características adversas.
- Preparación: el aire atmosférico comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes). Desde el punto de vista microscópico, el aire presenta impurezas que, para su uso satisfactorio, deben eliminarse.
- Compresible: con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.

- Fuerza: el aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 KPa (7 bares), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de $20,000$ a $30,000 \text{ N}$ (2000 a 3000 KPa). Para masas superiores se debe recurrir a la hidráulica.
- Escape: el escape de aire (descarga a la atmósfera del aire utilizado) produce ruido. Se evita considerablemente con materiales insonoros y silenciadores. Cabe aclarar que el aire de descarga podría estar contaminado y que por lo tanto no puede recuperarse.
- Costos: el aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).
- Los movimientos de los actuadores neumáticos no son rigurosamente regulares ni constantes debido a la calidad elástica del aire. Estas inexactitudes van en aumento en la medida en que la velocidad de dichos elementos se hace más lenta.

3.1.6 Humedad en el aire comprimido.

Al comprimir el aire en grandes cantidades se produce condensación del vapor de agua, dependiendo en gran medida de la temperatura y el porcentaje de humedad relativa $\%HR$, que es la proporción máxima de cantidad de agua que puede contener el aire, rebasando este porcentaje la humedad adicional pasa a la fase de condensación, como se muestra en la Figura 6.

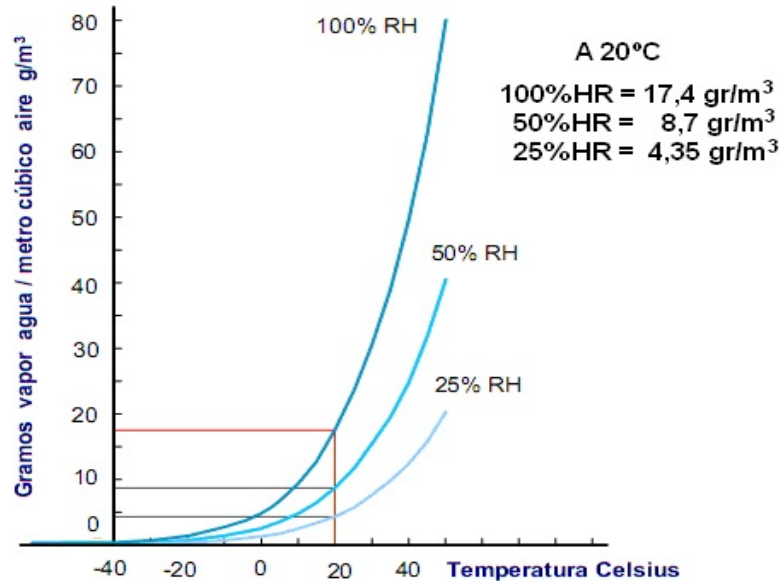


Figura 6. Gramos de vapor dependiendo de la humedad relativa y absoluta del aire a 1 *Atm* en función de la temperatura

3.2.- APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA

3.2.1 Campo de aplicación de la neumática

La progresiva sustitución de la energía humana por la energía neumática, hidráulica o eléctrica responde sobre todo al intento de minimizar costes de producción y automatizar los procesos industriales. De este modo, la neumática se ha convertido en un elemento imprescindible en la automatización de la producción en todos los sectores industriales, sin embargo, la neumática tiene ciertas limitaciones:

Los sistemas neumáticos no operan arriba de 150 *Psi*, lo que implica que solo tiene sus usos y aplicaciones para ciertas fuerzas, así también el movimiento de los actuadores no es tan liviano debido a la compresión del gas causado por los sistemas neumáticos a diferencia de los sistemas hidráulicos que son más livianos.

Los sistemas neumáticos y los hidráulicos tienen las mismas ventajas, por ejemplo: los actuadores pueden ser detenidos sin dañarlos, el movimiento del actuador puede ser lineal o rotatorio y su velocidad es de fácil control.

Los sistemas neumáticos tienen ventajas adicionales en comparación de los sistemas hidráulicos:

- Alta velocidad: pueden ser obtenidas altas velocidades con los sistemas neumáticos.
- No es sucio: los sistemas neumáticos no tienen fugas de aceite y tienen un mejor acoplamiento a las aplicaciones como en las ramas textiles o electrónicas.

Las áreas de aplicación más comunes son:

- Industria del automóvil, aeronáutica, ferroviaria, naval, aeroespacial, maderera.
- Refinerías e industrias petrolíferas y químicas, siderurgia, minería.
- Industrias de logística, máquinas de embalaje, imprentas y artes gráficas.
- Industria textil, del calzado, agroalimentaria, cárnica, producción de energía, robótica y construcción.
- Industrias de logística, máquinas de embalaje, imprentas y artes gráficas.

3.2.2 Aplicaciones específicas de la neumática

A continuación, mencionaremos aplicaciones específicas donde la neumática está incluida en equipos tanto de generación de fuerza, como de control, o bien de transportación que nos pueden ayudar y resolver problemas en procesos de alimentación de piezas, alineación, almacenamiento, clasificado, biselado, corte, prensado, separación, extracción, embutir, posicionamiento, sujeción entre muchos más.

Maquinaria y equipos con sistemas neumáticos:

- Elevadores, rampas, compuertas neumáticas, manipuladores neumáticos.
- Martillos, destornilladores, taladradoras, lijadoras, remachadoras.

- Armas de aire comprimido.
- Interruptores neumáticos.
- Frenos de aire comprimido en autos, trenes, autobuses y camiones.
- Máquinas de inserción.
- Sistemas de correo neumático.

3.2.3 Tecnología de vacío

La tecnología del vacío tiene una amplia aplicación en el campo industrial, científico y militar. Las aplicaciones más comunes comprenden la evaporación, destilación, cristalización, secado, desodorización y enrarecimiento. El vacío se aplica especialmente para eliminación de gas o condensado de un producto que por determinadas circunstancias no pueda ser sometido a temperaturas elevadas. El uso del vacío, con frecuencia, aumenta rendimientos y reduce tiempos de un proceso dependiendo el nivel de vacío requerido va a ser la presión requerida, ver figura 7.

El vacío es una condición de los gases cuando están a una presión menor que la atmosférica. En la tecnología del vacío, la presión atmosférica normal se considera igual a 1.013 bares .

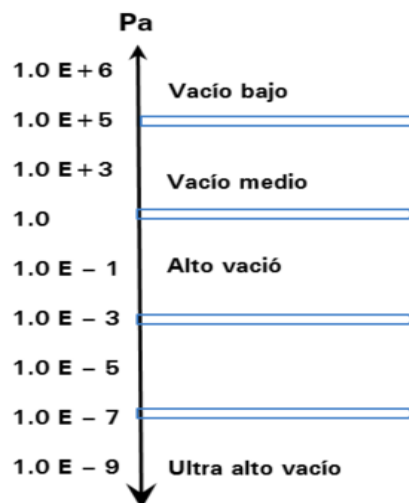


Figura 7. Escala de vacío en función del valor de presión usada en la industria

3.2.4 Amplificador de fluido con inyección de aire

El concepto de funcionamiento de un amplificador de fluidos es el siguiente: una fuente fluida (aire generalmente) entra por un orificio. La presión aplicada en los orificios $C1$ y $C2$ desvía el chorro, generando un ciclón para que este salga por $O1$ u $O2$. Debido a que la presión necesaria en los terminales C para la deflexión es mucho menor que la generada por el chorro, obtenemos una ganancia, con lo que tenemos un amplificador, ver la figura 8.

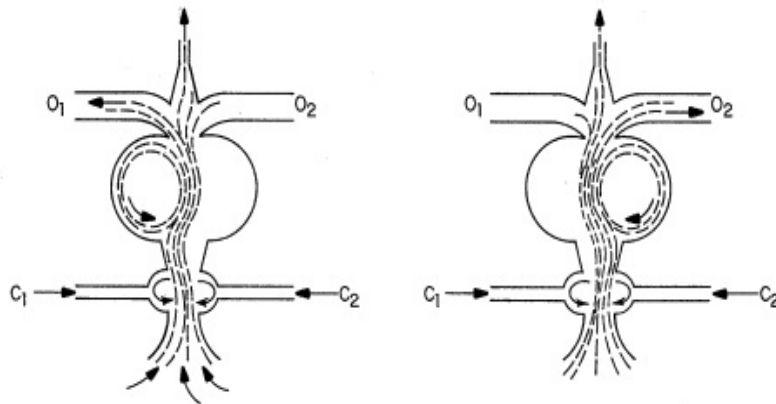


Figura 8. Amplificador de fluido en dos estados

3.2.5 Sistema oleoneumático para avances lentos

La desventaja en la neumática cuando se requieren avances lentos es la inestabilidad de la compresibilidad del aire, que repercute de mayor o menor grado en los avances lentos. El avance en un sistema neumático donde el aire es estrangulado con demasiada intensidad a causa de un avance particularmente lento genera que el émbolo se mueve a sacudidas en el cilindro porque siempre debe establecerse la presión para el movimiento del émbolo. Así el rozamiento de los elementos obturadores elásticos es mayor que la fuerza del émbolo, el cilindro se detiene hasta que la presión se establece de nuevo. El "tirón" del émbolo puede medir menos de un

milímetro o varios centímetros, ocasionando que no se conserve una velocidad de avance constante desde el principio hasta el final de la carrera. En sistemas donde se requieren avances lentos de precisión y presión de salida elevadas en comparación de la presión neumática se puede corregir usando dos fluidos diferentes: aire y aceite, esto último llamado hidráulica, que complementa a la neumática, distinguiéndose tres sistemas distintos: convertidor oleo neumático, cilindro de freno de aceite y transformador de presión, es decir, un convertidor con cambios de sección, ver figura 9.

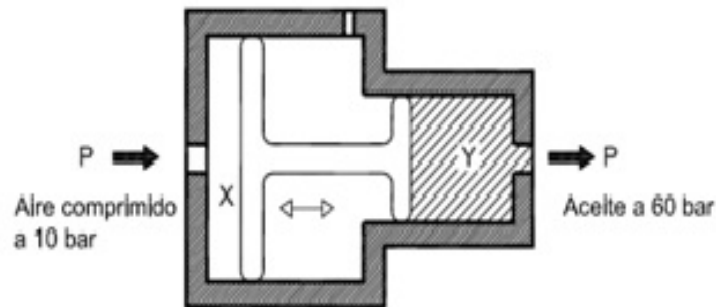


Figura 9. Multiplicador de presión con combinación de aire y aceite

3.3.- ALCANCES DE LA APLICACIÓN DE LA NEUMÁTICA, CRITERIOS DE SELECCIÓN

En el diseño de maquinaria o sistemas de control se pueden usar diferentes tecnologías, pero dependiendo el área de aplicación, costos y eficiencia de deben tener criterios bien definidos para su selección, a continuación, se muestran los criterios y comparación de la neumática con las tecnologías disponibles que son compatibles, en estas tablas se compara tanto los alcances físicos, costos, eficiencia en toda la cadena de suministro y almacenamiento, así como la eficiencia en la aplicación.

3.3.1 Alcance de los mandos neumáticos comparado con los mandos hidráulicos, eléctricos y electrónicos en función de la fuerza, movimiento y regulación.

Para el comparativo del alcance físico de las tecnologías compatibles para aplicaciones donde se requiere fuerza lineal, giratoria, movimiento lineal y giratorio, así como la capacidad regulatoria se tiene a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Comparativo entre neumática, hidráulica, electricidad y electrónica en función de la fuerza, movimiento y regulación

<i>Característica</i>	<i>Neumática</i>	<i>Hidráulica</i>	<i>Electricidad</i>
Fuerza lineal	Fuerza limitada por la presión neumática y las dimensiones del cilindro (Diámetro). Protegido contra sobrecargas. Festo B96.	Protegido contra sobrecargas con presiones hasta 600 bar, generando fuerzas de hasta 3000 KN (Grandes fuerzas mediante presión elevada).	Fuerzas bajas, no seguro en sobrecargas, mal rendimiento, consumo de energía en vacío.
Fuerza giratoria	Pleno par de giro con fácil inversión de sentido, sin consumo de energía ineficiente, velocidad que depende de la carga.	Par alto con baja velocidad. Pleno par de giro también en reposo, con alto consumo de energía.	Par de giro bajo en reposo.
Movimiento lineal	Ejecución sencilla, gran aceleración y velocidad 1.5 m/s en promedio.	Ejecución sencilla y fácil regulación, velocidad de 0.5 m/s promedio.	Caro y complicado por la transformación a energía mecánica, recorridos cortos con electroimanes, elevadores, motores lineales. Festo B96
Movimiento giratorio u oscilante	Motores con velocidades altas, elevados costos de funcionamiento, bajo rendimiento, movimiento	Motores y cilindro giratorio con velocidades más bajas que la neumática, buen rendimiento. Festo B96	Buen rendimiento en accionamientos giratorios como motores síncronos, de corriente alterna y directa.

	giratorio por transformación mediante piñón y cremallera. Festo B96		
Capacidad de regulación	Regulación sencilla de la fuerza manipulando la presión y velocidad a través de la cantidad, también en gamas de velocidad bajas.	Regulable en fuerza y velocidad, con exactitud en zona lenta.	Posible solo bajo ciertas condiciones, costo elevado.

3.3.2 Alcance de la neumática comparado con la hidráulica y la electricidad en la transportación, acumulación de energía y costos.

Para el comparativo de los costos de transportación y su acumulación se muestra resumida a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Alcance de la neumática en comparación con la hidráulica y la electricidad con respecto a los costos por transportación y acumulación

Característica	Neumática	Hidráulica	Electricidad
Acumulación de energía y transporte	A gran escala es posible sin coste, fácilmente transportable (1000 m) y en acumuladores de aire a presión.	Es limitada con medios auxiliares como gas o mediante acumulador de muelle, transportable hasta en 100 m.	Difícil y costosa.
Costes de energía	Comparación con electricidad elevada.	Comparación con electricidad elevada.	Mínimos costes de energía

3.3.3 Estabilidad de la neumática a diferentes ambientes, tiempo de conmutación y velocidad de las señales en comparación con la electricidad y la electrónica.

Para comparar la velocidad de procesamiento de las señales y tiempos de conmutación de la neumática en comparación con la electricidad y la electrónica se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Comparativo de la estabilidad y tiempo de conmutación

Característica	Presión normal neumática	Baja presión Neumática	Electricidad	Electrónica
Comportamiento y estabilidad ante influencia de diferentes ambientes	Sin perturbación a cambios ambientales. Con aire limpio gran durabilidad.	Sin perturbación a cambios ambientales. Sensible al aire sucio. Con aire limpio gran durabilidad.	Baja perturbación contra el medio ambiente como polvo, humedad, etc.	Muy sensible al medio ambiente, perturbación a campos electromagnéticos, humedad, polvo, impactos, vibraciones, gran durabilidad con protección contra estas perturbaciones.
Tiempo de conmutación	Mayor a 5 ms	Mayor a 1 ms	Mayor a 10 ms	Mucho menor a 1 ms
Velocidad de señales	Aprox.10-40 m/s	Aprox.100-200 m/s	Velocidad de la luz.	Velocidad de la luz.

3.3.4 Comparación entre la neumática e hidráulica con respecto a la temperatura de operación, sensibilidad, compresión, lubricidad y precisión.

A continuación, se muestra la comparación de la neumática con respecto a la hidráulica en la tabla 6.

Tabla 6. Comparativo neumática vs hidráulica (Temperatura de operación, compresión, lubricidad, precisión y recuperación)

Característica	Neumática	Hidráulica
Compresión	El aire y los gases son comprimibles.	No se comprime
Lubricidad	El aire no tiene la propiedad lubricante, contiene vapor de agua	El aceite funciona como fluido y Lubricante a la vez.
Temperatura de operación	Efectividad de operación a temperatura entre 5°C a 60°C (41°F a 140°F). Puede operar entre los Rangos de 0°C a 200°C. Festo B96	La fricción de los fluidos provoca viscosidad, depende en gran de la temperatura lo cual la efectividad y operación segura está en el rango de 20°C a 70°C. Festo B96
Sensibilidad a la temperatura	A prueba de explosión, poca sensibilidad a la temperatura, amplio rango de operación	A límites de temperatura alto riesgo de explosión, en caso de fuga riesgo de incendio, sensible a los cambios de temperatura
Exactitud en la precisión de posición a baja velocidad	A bajas velocidades es deficiente Salvo sin carga se puede alcanzar 1/10 mm.	Muy eficiente, puede conseguir precisión hasta 1 mm
Sistema de recuperación	No requiere porque usa aire	Siempre es necesario estos sistemas

3.4.- INSTALACIONES NEUMÁTICAS

3.4.1 Introducción a las instalaciones neumáticas.

Un sistema neumático usa presión de aire que es mucho más grande que la presión atmosférica. Esta alta presión de aire es creada por el incremento de la densidad del mismo aire en un contenedor cerrado. Esto es llamado compresión de aire y la maquinaria usada para llevarlo a cabo por medio de un sistema neumático llamado compresor de aire.

Adicionalmente se necesitan dispositivos básicos para el almacenamiento, limpieza, secado y distribución del fluido, en la figura 10 se muestra un sistema de distribución básico que se utiliza hoy en día en cualquier tipo de industria, parte de este capítulo es estudiar y analizar cada uno de las partes del sistema.

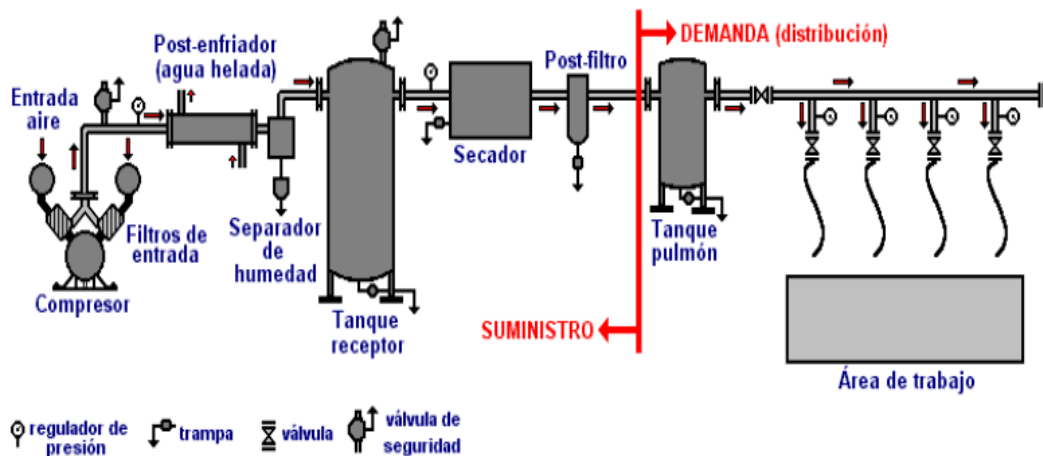


Figura 10. Elementos en un sistema de distribución de aire neumático

3.4.2 Compresor de Aire (Generación de aire a alta presión).

El aire comprimido no es más que aire atrapado en un mecanismo donde tendrá un incremento de presión por la reducción de su volumen con un proceso mecánico, y la máquina que realiza este trabajo se llama compresor, el cual se tienen dos tipos de desplazamiento positivo y los compresores dinámicos, como se muestra en la figura 11.

En un sistema donde se tiene que distribuir aire comprimido este se divide en el suministro y la demanda.

El suministro se identifica desde el motor del compresor, controladores y equipos de tratamiento de aire como son: el filtro, enfriador, secador, tanque de almacenamiento, etcétera.

La demanda está integrada por el distribuidor compuesto por las líneas principales, mangueras, reguladores, válvulas, lubricadores y el equipo neumático.

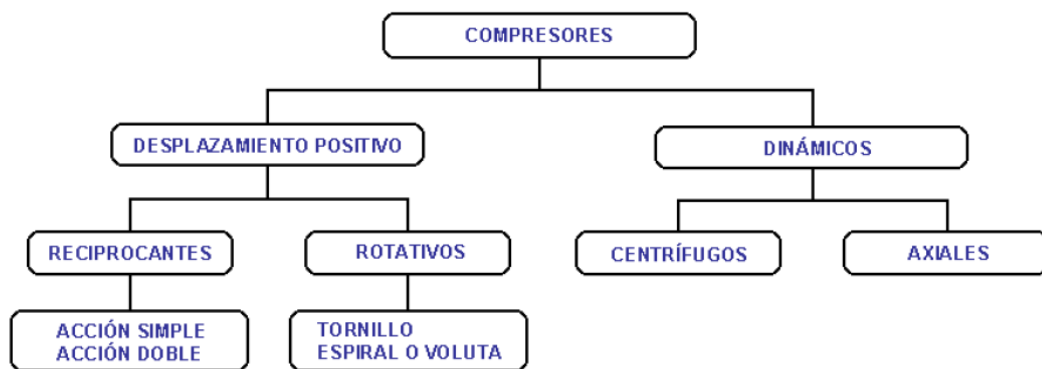


Figura 11. Tipos de compresores

3.4.3 Función básica de un compresor

El aire comprimido crea presurización de aire, reduciendo el volumen de aire. El compresor de aire más básico usado tiene uno o más pistones como lo muestra la figura 12, esto es para comprimir de manera individual volúmenes de aire de la atmósfera, después de que cada volumen de aire es comprimido, éste es expulsado al tanque de almacenamiento.

Para el entendimiento de este punto, el aire comprimido crea presión no flujo. Esto es justo lo opuesto de un sistema hidráulico donde la bomba crea flujo, no presión. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

El compresor recibe un gas o vapor a una presión P_i y la descarga a una P_s que es una presión superior.

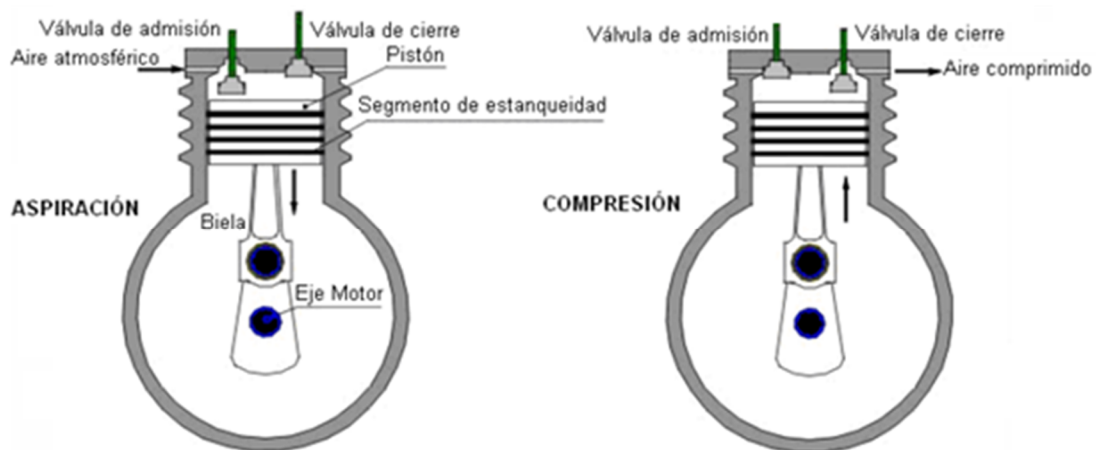


Figura 12. Compresor básico de un pistón

3.4.4 Criterios para definir el tipo de compresor y calidad del aire.

Para determinar el equipo que se debe seleccionar depende de tres factores que definen el tipo de equipo, el área de uso y la capacidad del equipo, estos factores son la calidad del aire comprimido, la cantidad y el nivel de presión de aire requerido para ser capaz de habilitar los equipos y la maquinaria a manipular, en función de la presión requerida.

Considerar el crecimiento a corto y largo plazo de su sistema para no sobredimensionar la capacidad que genere ineficiencia y costos extra por energía, ya que trabajará a carga parcial y el consumo de energía por unidad de volumen de aire producido incrementará costos, por lo que es preferible comprar compresores de menor capacidad con arranque secuenciado que solo operarán dependiendo la demanda y no con el pico de consumo.

3.4.4.1 Calidad del aire.

La calidad del aire la define el grado de humedad y contaminación (polvo o aceite) con la que se desea operar sin tener consecuencias o daños en los sistemas de suministro, o bien en los equipos finales, es claro que en entre más calidad se necesite más costoso será el equipo dentro de los 4 niveles de calidad de aire que se utilizan.

El aire para suministro en procesos de fabricación industriales: este puede tener cierto grado de impurezas o suciedad, así como humedad, por estas características puede ser empleado en herramientas neumáticas u operación de circuitos neumáticos.

El aire para instrumentos: en este caso se exige cantidades de humedad e impurezas moderadas, ya que se usa en laboratorios, sistemas de aplicación de pintura por rocío o en polvo, controles de climas, etcétera.

El aire para respiración: es libre totalmente de aceite y polvo, sin humedad, se usa en hospitales, consultorios dentales y recarga de equipos de sumersión.

El aire de proceso: tiene poca humedad y nula suciedad, es utilizado en la industria química, alimenticia, farmacéutica y electrónica. En este caso los compresores deben ser totalmente libres de aceite, o que tengan equipos adicionales de separación y filtración de aceite, en este caso los compresores rotativos tipo tornillo o los reciprocantes libres de aceite son los adecuados, pero debe considerarse el costo alto tanto para la adquisición como el mantenimiento.

3.4.4.2 Cantidad de aire (Capacidad).

Para la cantidad de aire se debe hacer un estudio en base a la suma del consumo promedio requerido por cada una de las herramientas y por la operación de cada proceso en toda la planta, tomando en cuenta los factores de carga de cada uno. Los picos de demanda se pueden satisfacer con tanques de almacenamiento llamados también tanques pulmón.

Se deben considerar también las variaciones de carga durante el tiempo total.

3.4.4.3 Nivel de presión.

El nivel de presión es definido a través de los requerimientos de cada herramienta que viene especificado y comprobado por el fabricante. Las presiones requeridas por los diferentes procesos deben ser especificadas por el ingeniero de procesos. Estos dos factores van a definir el nivel de presión requerida.

3.4.5 Características de los recipientes a presión y criterios de selección.

En la mayoría de los procesos industriales y controladores neumáticos se incluye flujo de un gas que puede ser el aire en recipientes a presión conectados por tuberías. Todos los recipientes a presión o depósitos operan de la siguiente manera: considere el sistema a presión de la figura 13. El flujo del gas a través de la restricción es una función de la diferencia de presión del gas $P_i - P_o$, este sistema de presión se puede caracterizar en términos de una capacitancia y una resistencia.

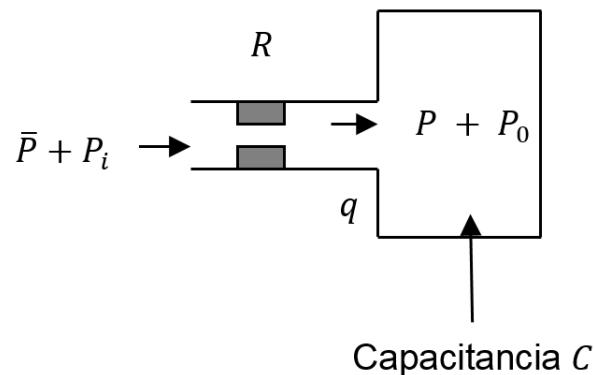


Figura 13. Capacitancia en un sistema de presión

$$R = \frac{\text{Cambio en la diferencia de presión lb/Pie}^2}{\text{Cambio en el flujo lb/seg}} = \frac{d(\Delta P)}{dq}$$

El cálculo de la resistencia R de la diferencia de presión contra flujo se realiza calculando la pendiente de la curva como se muestra en la figura 14.

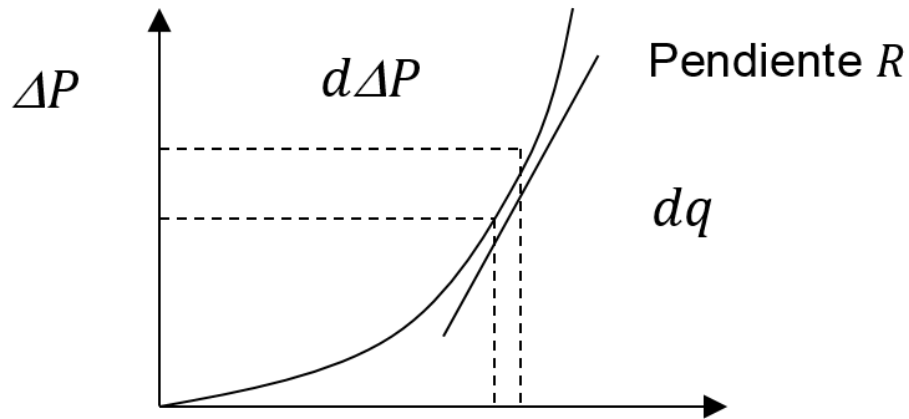


Figura 14. Curva característica cambio de presión y flujo

Donde: $C = \frac{dm}{dp} = \frac{Vdp}{dp}$

C = Capacitancia $lb - pie^2 / lbf$

m = Masa del gas en el recipiente lb

p = presión del gas lb/pie^2

V = Volumen pie^3

ρ = Densidad lb/pie^3

Dimensiones.

Las dimensiones de un recipiente se establecen según la capacidad del compresor, la regulación que se desea, presión de trabajo y variaciones estimadas en el consumo como se ilustra en la figura 15.

Así el capacitor o depósito sirve: para almacenar el aire comprimido y atender la demanda en picos de consumo; por la condensación que existe en el mismo se recogen los residuos de humedad y aceite.

El capacitor ayuda a compensar las variaciones de presión para mantener constante la presión requerida en las líneas, también evita los ciclos de carga y descarga cortos del compresor.

Elección del capacitor.

Para elegir el capacitor se debe considerar lo siguiente:

- Las regulaciones gubernamentales para recipiente o capacitor sujetos a presión.
- El tamaño está en función de la capacidad del compresor y el sistema de regulación.
- El ciclo de regulación no debe ser excesivo para evitar desgastes del compresor y el equipo eléctrico.
- El volumen del depósito debe ser de 6 a 1 con respecto al volumen del compresor en las mismas unidades.
- La diferencia entre la presión de carga y descarga no debe ser menor a los límites de 0.4 *bares* para cada etapa de descarga.
- En sistemas de arranque y paro automático el depósito debe ser seleccionado de acuerdo al consumo del sistema y la capacidad del compresor, con un máximo número de veces de arranque no más de 10 por hora en intervalos proporcionales. La diferencia de presión entre la parada y el arranque debe ser mayor a 1 *bar*.
- El depósito sujeto a presión se convierte inevitablemente en un recolector de humedad y aceite, por lo cual debe estar dotado de un dren ya sea manual u automático.
-

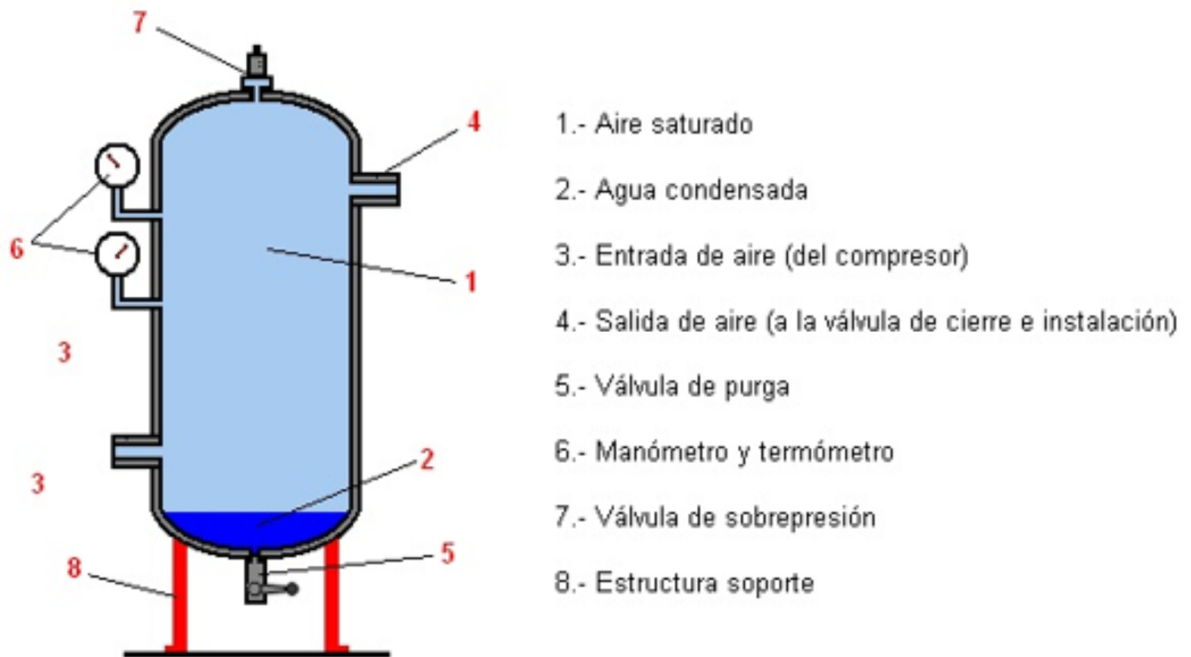


Figura 15. Elementos principales de un compresor de aire sujeto a presión

3.4.6 Redes de distribución de aire.

Las redes de distribución se dividen en dos tipos cerradas o abiertas, en ambos casos pueden tener interconexiones como se muestra en la figura 16, o bien pueden estar combinadas.

3.4.6.1 Red de aire cerrada.

La red neumática cerrada es la línea principal que distribuye el fluido en forma de anillo, para facilitar el mantenimiento, porque se pueden aislar ciertos tramos sin afectar el suministro a los otros ramales, con la desventaja en el cambio de dirección de flujo ya que dependerá de las demandas puntuales; el riesgo es inutilizar la función de los dispositivos ya que están definidos con una entrada y una salida concreta que con el cambio de flujo se verán afectados como lo ilustra la figura 17.

3.4.6.2 Red de aire abierta.

Básicamente es una sola línea principal de la cual se desprenden las líneas de servicio y secundarias, el problema que en el mantenimiento específico de un ramal puede suspender el flujo general deteniendo la operación de otros equipos, Figura 18.

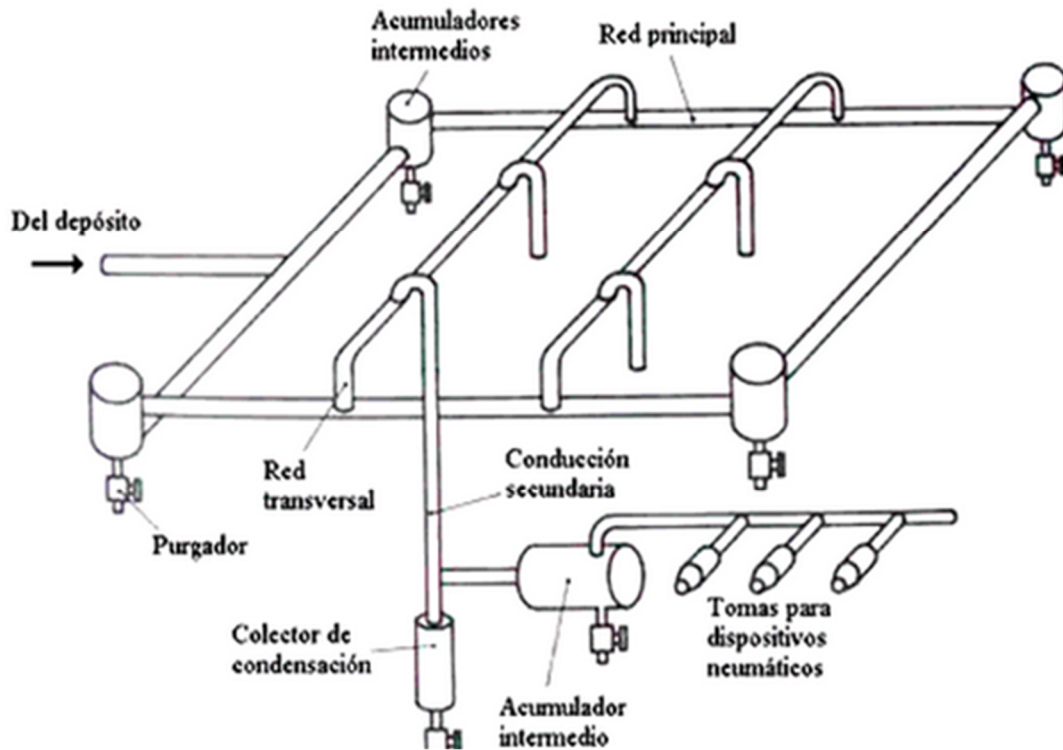


Figura 16. Red de aire con interconexiones

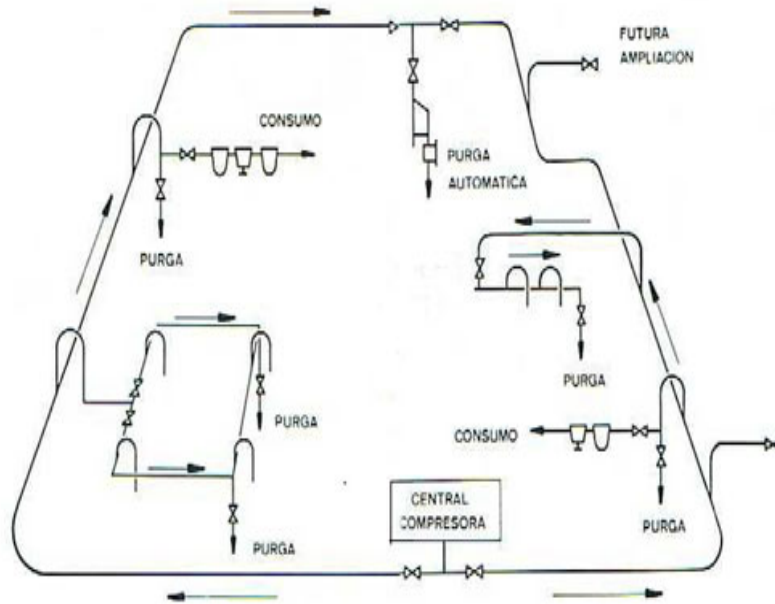


Figura 17. Red de aire cerrada

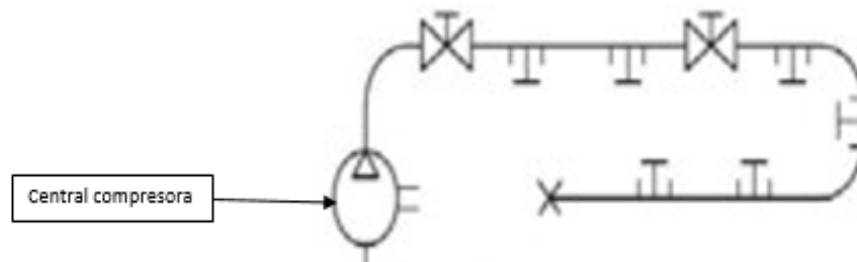


Figura 18. Red de aire abierta

3.4.6.3 Dimensión de tuberías y compensación en la pérdida de carga.

El diámetro de las tuberías debe ser elegido en base al caudal deseado, la longitud de la tubería, la presión del servicio, cantidad de estrangulamientos y la pérdida de presión admisible para que la diferencia entre el consumidor y el depósito no sobrepase los 10KPa (0.1 bar).

3.4.7 Tratamiento de aire de acuerdo al uso.

Según la calidad de aire requerida se hace el acondicionamiento pertinente que va desde la elección del tipo de compresor hasta los dispositivos para el filtrado de humedad, impurezas y aceite; existe el sistema básico de tratamiento que es inherente a la propia instalación ya que el aire atmosférico lleva partículas que son perjudiciales para los equipos neumáticos y que los filtros del compresor no alcanzan a filtrar así como la humedad que se puede convertir en agua dañando también a los dispositivos.

Aire de planta.

Este puede estar sucio y húmedo relativamente, por sus características puede ser usado en herramientas neumáticas y para usos generales.

Aire para instrumentos.

El aire para instrumentos tiene una cantidad de suciedad y humedad moderada donde sí se rebasan estos límites pueden perder el control los procesos en los que se aplican. Se usan en control de climas, sistemas de pintura por rocío, aplicación de pintura en polvo, etcétera.

Aire de procesos libres de impurezas.

En este es nula la impureza y presenta poca humedad, se usa para la industria alimenticia, farmacéutica, electrónica, química, etcétera.

Aire para respiración.

En este es sin humedad, totalmente libre de aceite y polvo, se usa para recargar tanques de equipos de buceo, consultorios dentales, hospitales, etcétera.

El tratar el aire nos evitará desgastes, corrosiones y sobre todo alargar la vida de los dispositivos neumáticos en uso.

3.4.8 Acondicionamiento de una instalación de aire de una línea principal.

El compresor aspira aire, se inicia un proceso de compresión que siempre viene acompañado por un aumento de la temperatura y por ciertas modificaciones en la humedad relativa, densidad, etcétera. Para acondicionar previamente este aire, se utilizan componentes básicos para el primer acondicionamiento, ver figura 19.

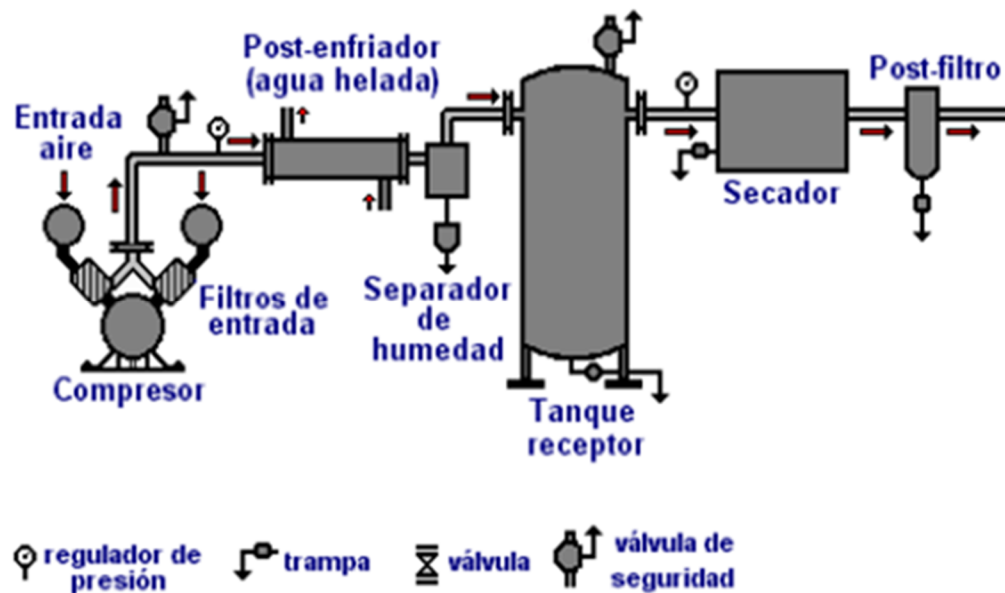


Figura 19. Línea principal de suministro

3.4.9 Línea secundaria.

En esta parte se acondiciona la línea según el grado de humedad requerido como se muestra en la figura 20, donde toda distribución antes de llegar a cada rama evacúa la condensación con equipos de drenado automático, si se requiere después del almacenamiento se puede agregar un sistema adicional de secado para retirar la mayor cantidad posible de agua, que aunque en la instalación principal ya existe un sistema igual, los secadores por refrigeración son capaces de secar el fluido hasta una temperatura de 17°C.

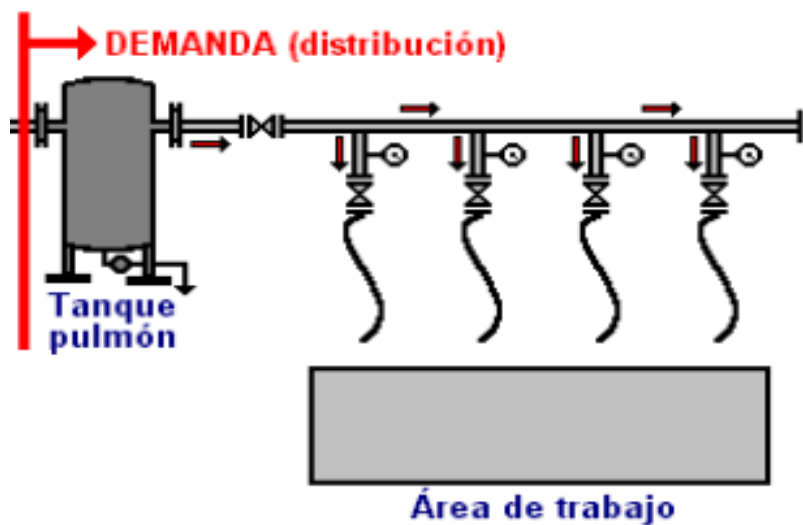


Figura 20. Línea secundaria de suministro

3.4.10 Línea local

En la línea local es donde se decide la calidad de aire requerida en la aplicación final respecto al grado de impureza de aceite, sólidos y humedad, aquí se pueden instalar filtros adicionales, drenes para prolongar la vida útil del equipo.

3.5 DISPOSTIVOS NEUMÁTICOS

3.5.1 Símbolos neumáticos de acuerdo a la DIN ISO1219-1, 03/96

La norma DIN ISO1219-1, 03/96, estandariza los símbolos gráficos para equipos neumáticos, es totalmente compatible con el estándar ISO, así la DIN ISO 1219-1 es la edición alemana para ISO estándar.

En los siguientes catálogos los símbolos están conforme a la norma ISO. Existen varios sistemas y convenciones relativos a los símbolos utilizados por todo el mundo, oficialmente reconocidos mediante figuras estándar, el más común es la norma ISO1219-1.

3.5.2 Representación neumática por diagramas

Un diagrama esquemático es una forma visual de manejo versátil donde a través de símbolos estándar se representa cada componente: un diagrama esquemático muestra todos los componentes de un circuito y sus interconexiones.

Excepto cuando se especifica, un diagrama esquemático muestra todos los componentes en su estado des-energizado. Las formas de los símbolos básicos son combinados entre ellos para formar símbolos de los diferentes componentes.

Los tres estándares más referenciados para la implementación en el desarrollo de los sistemas neumáticos son:

- National fluid power Association (N.F.P.A).
- American National Standards Institute (A.N.S.I).
- International Organization for Standardization (I.S.O).

3.5.3 Unidad de mantenimiento. Regulador-filtro-lubricador

3.5.3.1 Regulador de presión

La presión del sistema debe estar regulada según sea la necesidad, para controlar esta presión y adaptarla al nivel con la que se desea trabajar, se usan los dispositivos reguladores que permiten tener una presión constante a pesar de las fluctuaciones que pudiera tener la regulación del compresor.

El regulador de presión consiste en el cuerpo, retén, resortes, pistón y sistema de ajustes. El retén abre y cierra para proveer una correcta presión a la salida restringiendo el flujo de aire. Existen dos resortes, uno de ajuste y el otro que mantiene el retén cerrado; el ajuste se encuentra en la parte superior el cual cambia la compresión. El resorte el cual controla el nivel de presión en la salida, el pistón es fijado al

final del retén que provee una superficie para el empuje del resorte, como se muestra en la figura 21.

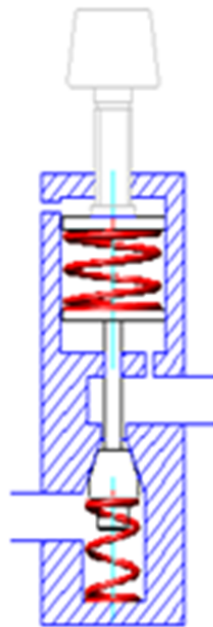


Figura 21. Sistema regulador

El dibujo esquemático que se muestra en la figura 22 tiene un símbolo que indica una válvula normalmente cerrada, donde la línea de flujo a través de la válvula conecta la entrada con la salida.

La línea punteada representa una línea piloto que se encuentra dentro de la válvula la cual censa la presión disminuida en la salida. El símbolo del resorte significa que se está oponiendo a la presión de salida, la flecha a través del resorte indica que la presión es fija y ajustable, finalmente el triángulo sobre el lado superior izquierdo indica que es un regulador.

Note que un gauge es mostrado en el regulador de presión, muchos reguladores son fabricados con un puerto para que sea fijado un gauge directamente en la válvula reguladora como lo muestra la figura 22.

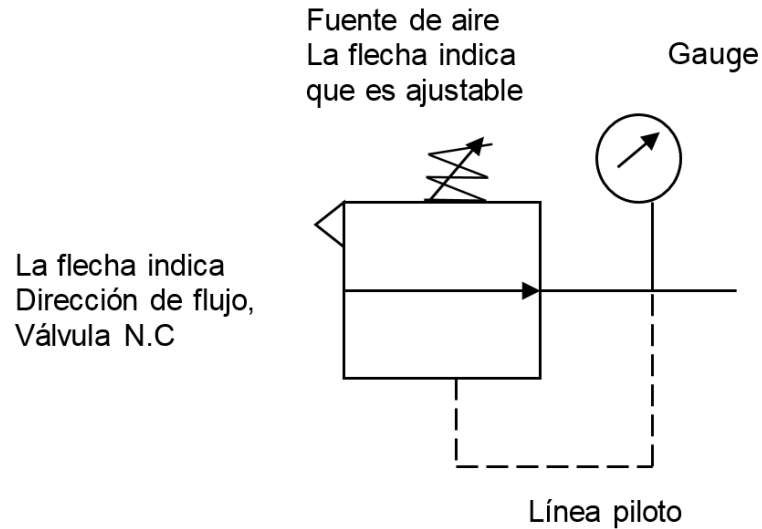


Figura 22. Esquema regulador de presión

3.5.3.2 Filtro

El aire comprimido que se utiliza en los sistemas neumáticos viene de la atmósfera. Esto significa que el aire que provee contiene partículas de polvo, cerca de un 80% de estas tienen un diámetro promedio de 2 micras (μm). Existen incluso partículas como las de los aerosoles de aceite con tamaños de $0.01 \mu\text{m}$. El tratamiento debe responder en forma directa a las necesidades de calidad de aire pretendido.

Componentes tales como los cilindros y válvulas tienen partes o piezas que sirven de reten que tienen que deslizarse hacia delante y hacia atrás, la suciedad entre estas piezas no permitirá que estas trabajen de manera normal.

Un filtro de aire es un dispositivo diseñado para limpiar el aire antes de que entre en los sistemas neumáticos. El filtro remueve pequeñas gotas de agua que pudiera tener la fuente de aire, todos los sistemas neumáticos deben ser instalados con uno o más filtros de aire, ver la figura 23.

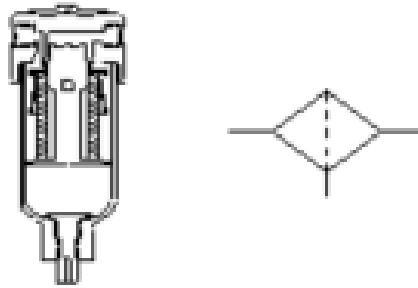


Figura 23. Filtro de aire con su esquemático

El único elemento en el filtro de aire que tiene movimiento es el propio aire, el cual entra dentro del filtro y golpea un deflector que hace girar al aire dentro del contenedor del filtro. El movimiento del aire manda las partículas pesadas contra los lados del contenedor, donde caen más allá del deflector quedando en el fondo, el aire entonces se arremolina en el filtro y el aire limpio pasa hacia la conexión de salida.

El agua que se colecta en el contenedor del filtro debe ser drenada antes de que sean alcanzados los niveles inferiores del dispositivo deflector.

3.5.3.3 Lubricación

El tener dispositivos neumáticos implica mantenerlos en óptimas condiciones, ya que son elementos mecánicos que además de su operación incluyen movimientos de sus componentes. Las unidades de lubricación cuentan con un dispositivo que eleva el aceite y lo incorpora pulverizado en la vena de aire. Esto se puede controlar externamente, la energía para hacerlo y la necesaria para su pulverización se toma de la energía del aire en circulación. Existen dos grupos de lubricadores que se distinguen por el tipo de niebla de aceite que producen: el estándar y el de micro-niebla.

Combinación de elementos de regulación-filtro-lubricación.

En la actualidad existen dispositivos que están integrados en un solo módulo el efecto de regulación, filtrado y lubricación, su nombre es la unidad de mantenimiento, ver la figura 24.

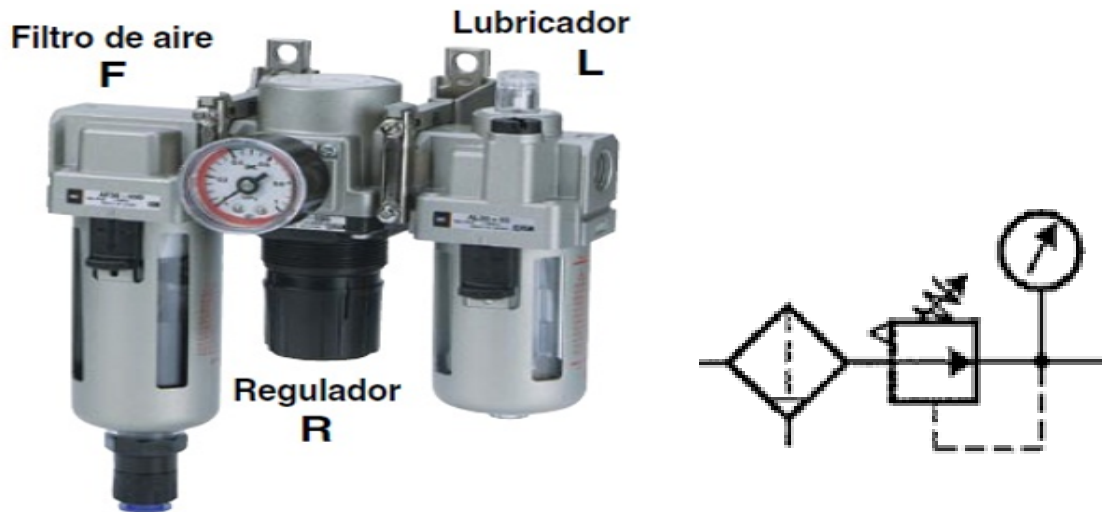


Figura 24. Unidad de mantenimiento con su esquemático

3.5.4 Introducción a las válvulas

En neumática quedan comprendidos los elementos mando y de trabajo unidos entre sí por tuberías, por lo que un equipo en esta área puede estar constituido por una o varias cadenas de mando empleadas para la resolución de un problema.

En estas cadenas de mandos pueden estar constituidas por las válvulas que actúan como elementos de mando y de trabajo. Las válvulas neumáticas controlan o regulan el paso del aire comprimido y su clasificación de acuerdo la norma DIN 24300 establece la siguiente división: direccionales o distribuidoras, de bloqueo, de presión, de caudal y de cierre.

3.5.4.1 Válvulas direccionales

Controlan el arranque, detención de la dirección del flujo neumático y con ello la dirección del movimiento y las posiciones de detención de los motores o cilindros. La identificación de las válvulas direccionales se realiza sobre la base de: su constitución interna, número de posiciones, número de vías (u orificios), accionamientos y talla (caudal, presión, temperatura, marca, etcétera).

Las válvulas según su tipo de función, ya sea por asentamiento o deslizamiento y el tipo de material de que está construida se pueden clasificar de la siguiente manera, ver la figura 25.

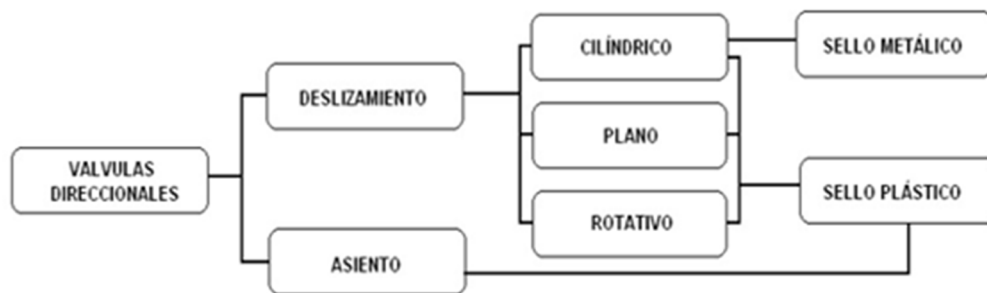


Figura 25. Clasificación de válvulas direccionales

Válvulas por asiento

Su apertura y cierre es por medio de obturadores en forma de placas, bolas, asentamientos cónicos y discos, con dos posiciones, son muy robustas y la estanqueidad del asiento se realiza con juntas elásticas que provocan poco desgaste, para este tipo de válvula según la construcción del tipo de obturador tenemos:

- De corredera: con émbolo móvil, encargado de obturar o liberar el paso del aire. La ventaja es que necesita poca energía para accionar la válvula aunque tenga que


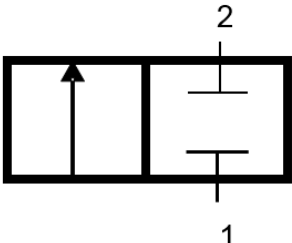
vencer al rozamiento por sus características constructivas.

- De disco: de accionamiento con activación manual, es un disco que se coloca manualmente sobre los orificios de paso del aire al accionar la palanca.
- De asiento: disponen en su constitución física de un obturador que se mueve en la misma dirección del aire. Se usan para caudales muy grandes o muy pequeños, para el resto de caudales se suele usar las válvulas de corredera.

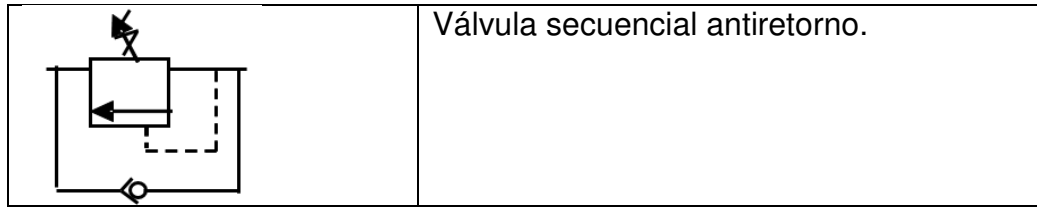
3.5.4.2 Tipo de válvulas y su representación esquemática

Las válvulas distribuidoras se representan por cajas. La cantidad de cajas yuxtapuestas indican las posibles posiciones, las vías quedan representadas por las entradas y salidas de las líneas interiores que atraviesan dichas cajas; el número de vías coincide con las encontradas al recorrer la válvula perimetralmente, ver la tabla 7.

Tabla 7. Válvulas de una y dos posiciones

Símbolo	Dispositivo
	Válvula
	Válvula de control direccional de dos vías, de posición normalmente cerrada.

	<p>Válvula de control direccional de dos vías. Posición normalmente abierta.</p>
	<p>Válvula de control direccional de tres vías. Posición normalmente cerrada.</p>
	<p>Válvula de control direccional de tres vías. Posición normalmente abierta.</p>
	<p>Válvula de control direccional de tres vías. Posición normalmente neutra.</p>
	<p>Válvula de seguridad.</p>
	<p>Regulador de presión.</p>
	<p>Válvula secuencial.</p>



3.5.4.3 Válvulas pilotadas de manera manual y mecánica

Para definir completamente una válvula a través de su símbolo, es necesario incorporarle la forma en que será accionada. Estos accionamientos pueden ser de tipo manual, mecánico, eléctrico, neumático y combinado. En las válvulas de la listada en la tabla 8 tenemos pilotadas de manera manual y mecánica.

Tabla 8. Válvulas de dos posiciones pilotadas de manera manual y mecánica

Símbolo	Dispositivo
	Válvula
	Válvula de seguridad.
	Regulador de presión.
	Válvula secuencial.

	<p>Válvula secuencial antiretorno.</p>
	<p>Válvula de 3/2 vías con pulsador, cerrada en reposo</p>
	<p>Válvula de 5/2 vías con selector.</p>
	<p>Válvula de 3/2 vías con rodillo, cerrada en reposo</p>
	<p>Válvula de 3/2 vías con pulsador, abierta en reposo</p>
	<p>Válvula de 3/2 vías con rodillo abatible, cerrada en reposo</p>

3.5.4.4 Válvulas de regulación

Son las válvulas para regular caudal y presión. En esta clase de válvula encontramos dos maneras diferentes de regular la cantidad de aire o fluido: por entrada o salida, según la actuación sobre el fluido entrante o saliente. Para controlar la velocidad de un cilindro, siempre se realiza mediante la regulación de salida, porque admite todo tipo de carga, mientras que por la entrada no sería posible. Las válvulas reguladoras de presión basan su funcionamiento en la deformación de una membrana que por un lado tiene la presión de entrada y por otro un resorte que se posiciona mediante tornillo para controlar la regulación.

3.5.4.5 Válvulas de bloqueo

Este tipo de válvulas tienen la peculiaridad de accionarse ante determinadas condiciones. Son válvulas con la capacidad de bloquear o permitir el paso del aire comprimido cuando se dan ciertas condiciones en el circuito y son:

- Anti retorno.
- De simultaneidad.
- De selección de circuito (selectoras).
- De escape.

3.5.5 Actuadores neumáticos

En neumática quedan comprendidos todos los elementos de mando y de trabajo unidos entre sí por tuberías, por lo que un equipo neumático puede estar constituido por una o varias cadenas de mando y de trabajo empleadas para la resolución de un problema, ver figura 26.

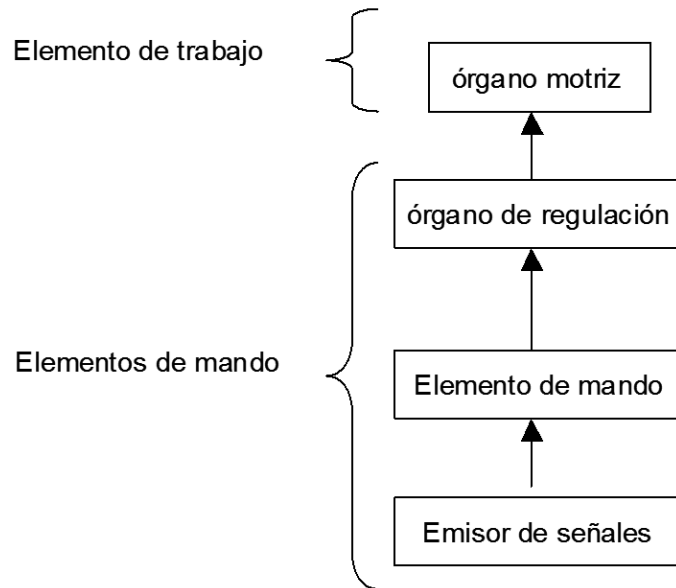


Figura 26. Cadena de mando y de trabajo

Existe una clásica división entre los elementos de trabajo basada en las posibilidades de actuación: los elementos o actuadores de acción lineal y los de acción rotativa.

3.5.5.1 Cilindros o actuadores lineales

Un cilindro neumático es un actuador que convierte la potencia de neumática a potencia mecánica en forma de movimiento rectilíneo, un cilindro típico es mostrado en la figura 27. Las aplicaciones comúnmente usadas donde se utilizan cilindros neumáticos para alta velocidad y movimiento en línea recta. Un cilindro neumático es un pistón con una flecha ensamblado dentro de un cuerpo cilíndrico.



Figura 27. Cilindro neumático

3.5.5.2 Cilindro de simple efecto

En un cilindro de efecto simple la potencia es generada por el compresor de aire solo en una dirección, para moverse en la otra dirección o retornar se necesita otro tipo de fuerza como la gravitacional de una carga o de un resorte. Estos cilindros son usados en aplicaciones donde la misma carga provoca que retornen o bien que la carga sea suficientemente ligera para que el resorte usado tenga la capacidad de retornar a la varilla o vástago. (9)

Un ejemplo de aplicación en un resorte de retorno con un cilindro neumático es en un robot sujetador mostrado en la figura 28. La presión es necesaria para crear una fuerza de sujeción, pero una fuerza para quitar la sujeción puede ser ejercida por un pequeño resorte dentro del cilindro.

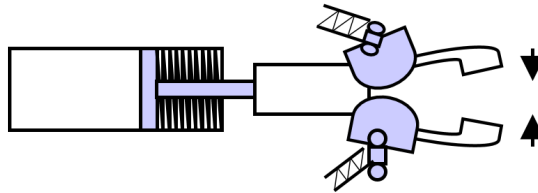


Figura 28. Aplicación de un cilindro de simple efecto en un robot de sujeción

3.5.5.3 Cilindro de simple efecto con retorno con resorte

Un cilindro de efecto simple con retorno por resorte se muestra en la figura 29. Este tipo de cilindro consiste en un ensamble de pistón con varilla que se mueve dentro de un cuerpo en forma de cilíndrica, con un puerto para la entrada de aire y salida, así como un resorte para el retorno del vástago o varilla cuando el cilindro es puesto en posición sin energía.

Los cilindros de simple efecto pueden ser hechos para dar potencia en cualquier dirección. Cuando son energizados para extenderse son llamados cilindros de efecto simple de modo extendido. Cuando son energizados para retractarse se llaman cilindros de simple efecto de modo retráctil.

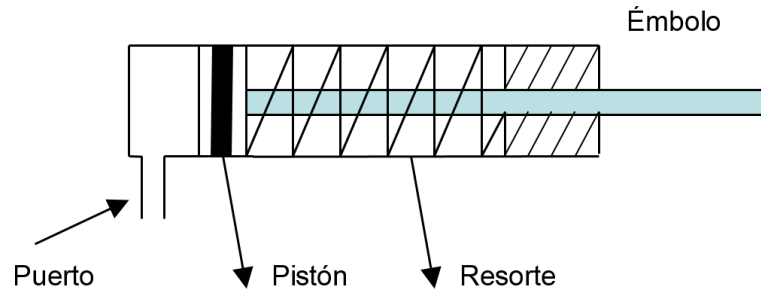


Figura 29. Partes de un cilindro de simple efecto con retorno por resorte

El símbolo esquemático para un cilindro de efecto simple con retorno por resorte es mostrado en las figuras 30 y 31.

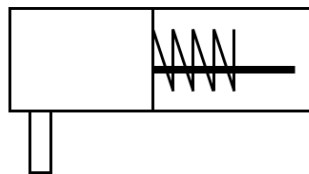


Figura 30. Cilindro simple efecto extendido

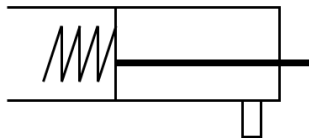


Figura 31. Cilindro simple efecto retraído

3.5.5.4 Cilindro de doble efecto

El cilindro más común es el doble efecto como los mostrados en las figuras 32 y 33, descripción física y esquema respectivamente.

En la figura 34 se muestra la fotografía de un cilindro típico de doble efecto. (9)

Este tipo de cilindro tiene dos puertos por los cuales puede fluir el aire. Cuando el aire fluye en el puerto A el émbolo se extiende y cuando fluye por el puerto B el émbolo del cilindro se retracta.

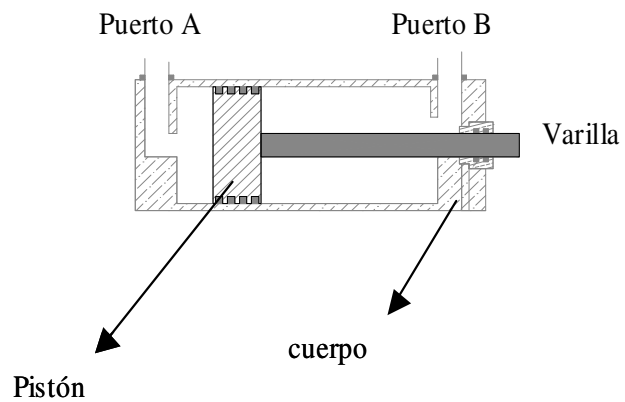


Figura 32. Descripción física cilindro doble efecto

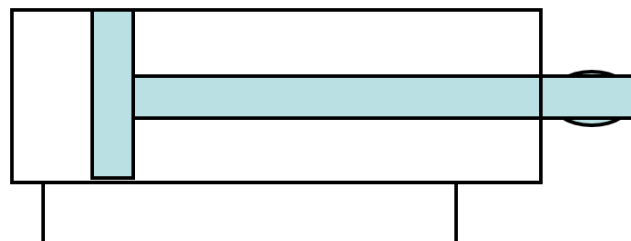


Figura 33. Esquema de un cilindro de doble efecto



Figura 34. Cilindro neumático

Otros tipos de cilindros son:

- Cilindros de doble vástago
- Cilindros tándem
- Cilindros de impacto
- Cilindros de giro

3.5.5.5 Actuador rotativo: motor

El motor neumático es un actuador que convierte el flujo de aire comprimido en movimiento rotacional. Este es usado en aplicaciones donde una fuerza de rotación baja es necesaria en la salida, por ejemplo: taladros neumáticos, motores para mezclar y tornos pequeños.

Un motor neumático opera usando la presión de aire para crear una fuerza de rotación llamada torque de flecha de un motor, una vez que la resistencia de la carga puesta en la flecha del motor es superada, la flecha comienza a rotar. Cualquier presión de aire adicional más allá de la necesaria para iniciar la rotación determina la velocidad del motor (rpm), ver la figura 35.

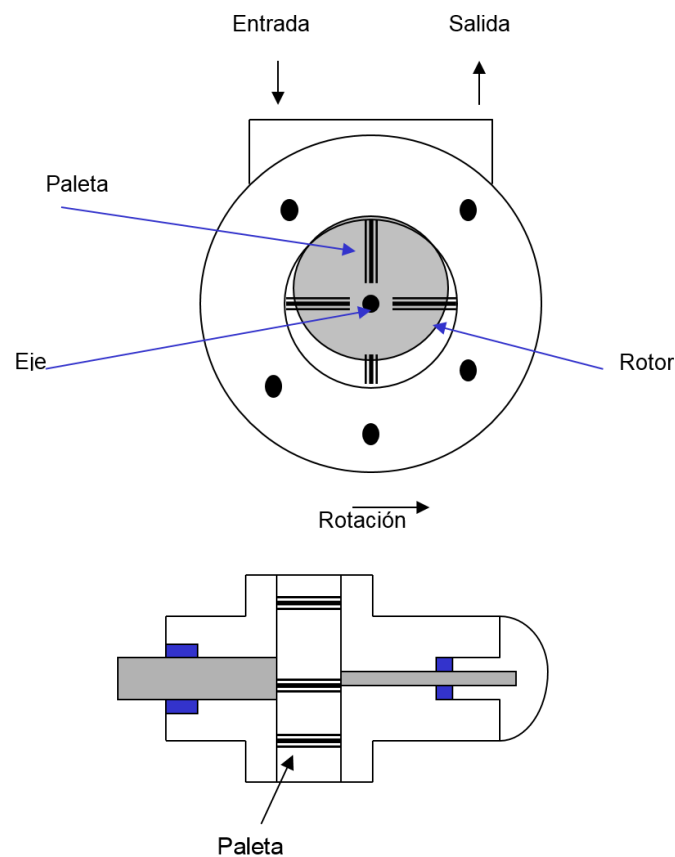


Figura 35. Motor neumático

Muchos de los motores neumáticos son diseñados para girar en una sola dirección y se llaman unidireccionales. Los motores que rotan en ambas direcciones también están disponibles y son llamados bidireccionales. Los símbolos esquemáticos para cada tipo son mostrados en la figura 36.

Note que en los esquemáticos de la figura 36 las flechas o triángulos están huecos, esto indica que lo interno es un gas, así como también la dirección de la flecha indica que el flujo es hacia el interior del motor.

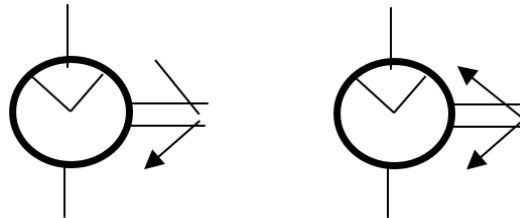


Figura 36. Esquemático del motor neumático

3.6 ÓRGANOS DE MANDO

3.6.1 Introducción a los órganos de mando

Un sistema de mando neumático con dispositivos como válvulas con vías y cilindros en una cadena donde se ejecutan varias funciones dependientes del mando se integran en sistemas órganos reguladores, de mando y emisores de señales independientes entre sí, representado en un esquema neumático con todos los elementos de un sistema completo y se puede dividir en tres elementos importantes:

- Elemento de información.
- Elemento de control o mando (Constituido por órganos emisores de señales y órganos de mando).
- Elemento de trabajo (órgano regulador y el de trabajo).

Ver figura 37.

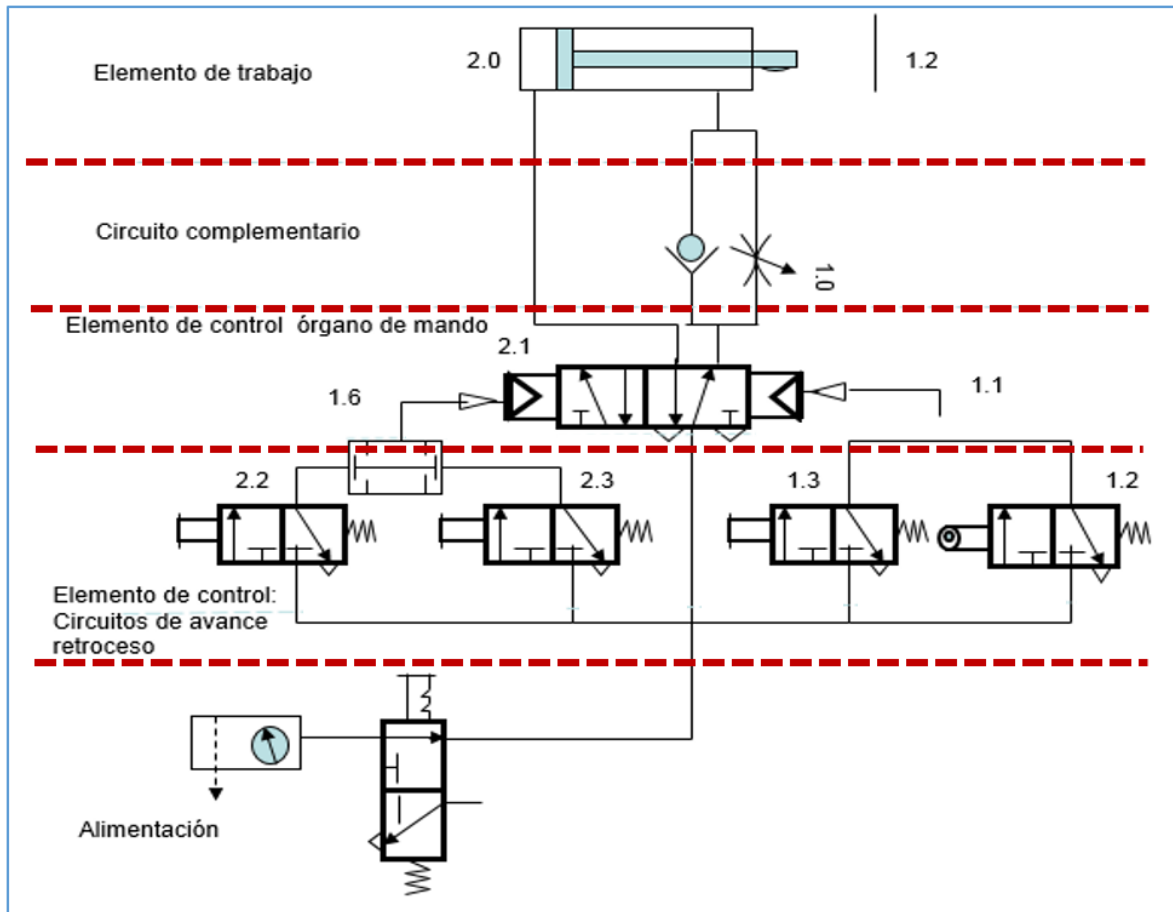


Figura 37. Esquema neumático

3.6.2 Elementos de control órganos de mando

En un sistema neumático el elemento de mando puede trabajar con bajas presiones para posteriormente ser amplificadas hasta la energía de trabajo, la amplificación tiene lugar en el órgano regulador. Independientemente de tipo de accionamiento un sistema neumático es la combinación de un órgano regulador y un órgano motriz, es importante marcar que con las válvulas de vías pueden mandarse distintos actuadores como cilindros, motores de aire comprimido.

3.6.2.1 Mando sensitivo

Entre la magnitud de salida y la magnitud de retroalimentación o piloto debe existir una relación específica siempre y cuando las interferencias externas no influyan, estos mandos no operan con memorias.

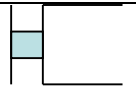
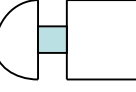
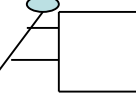
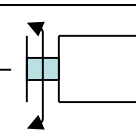
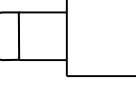
3.6.2.2 Mando por retención


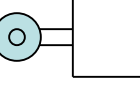
Al concluir la señal de activación y la señal piloto desaparece o se retira se mantiene el valor alcanzado o memorizado. Para que una magnitud de partida vuelva al valor inicial es necesario recurrir a una magnitud opuesta o diferente a la señal de activación, los mandos de retención siempre trabajan con memoria.

3.6.3 Controles para mandos sensitivos y de retención

Para mandos sensitivos y mandos por retención en sistemas neumáticos se cuenta con los siguientes tipos de control o mandos que pertenecen a esta gama, ver la tabla 9.

Tabla 9. Mandos sensitivos y por retención

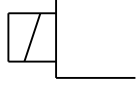
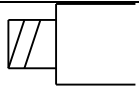
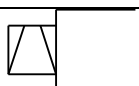
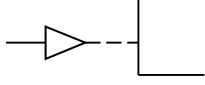
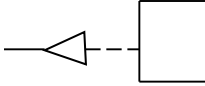
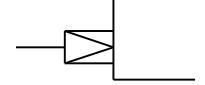
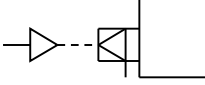
Métodos de control		
Descripción	Aplicación	Símbolo
Control manual	Símbolo general	
	Pulsador	
	Leva	
	Llave	
Control mecánico	Botón	

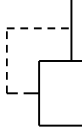
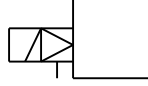
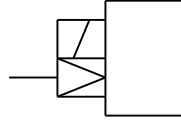
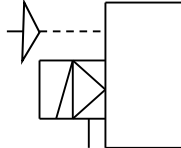
	Muelle	
	Rodillo	

3.6.4 Mandos electroneumáticos

Son mandos constituidos por sistemas de conmutación por contacto, en su conmutación las entradas son señales por sensores y en las salidas son convertidores o electroválvulas que al recibir la señal del sensor activan los actuadores neumáticos en un sistema básico de ciclo abierto, ver la tabla 10.

Tabla 10. Mandos de conmutación por contacto

Métodos de Control		
Descripción	Aplicación	Símbolo
Control eléctrico	Solenoides de un arrollamiento único	
	Solenoides con dos arrollamientos en la misma dirección.	
	Solenoides con dos arrollamientos en direcciones opuestas.	
Control por presión (pilotaje)	Piloto a presión	
	Piloto a expulsión	
Control por presión	Piloto a presión	
	Piloto a expulsión	

	Alimentación de piloto interno	
Control combinado	Solenoides con alimentación piloto externo	
	Solenoides o piloto interno	
	Solenoides con alimentación piloto externo o piloto independiente	

3.6.5 Mandos por programa

Este mando se desarrolla siguiendo un ciclo previsto y tenemos dos tipos: mando secuencial y temporizado.

3.6.5.1 Mando secuencial

El programa está memorizado en un medio de transmisión de programas el cual se encarga de ejecutar paso a paso el programa en función del estado del equipo. El programa puede ser de instalación fija o bien puede recuperarse mediante memorias electrónicas u otros medios de memorización.

3.6.5.2 Mando temporizado

Es un mando en función del tiempo donde las salidas son establecidas por una memoria de programa en función del tiempo. En consecuencia, los mandos dependientes del tiempo se distinguen por la presencia de un transmisor de programa y por la ejecución del programa, los transmisores pueden ser los siguientes:

- Árbol de levas.
- Disco de levas.

- Memoria electrónica.

3.6.6 Mandos analógicos

Estos mandos trabajan con señales analógicas. El procesamiento de las señales se efectúa principalmente mediante elementos funcionales de efecto constante.

3.6.7 Mandos digitales

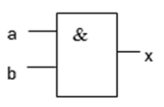
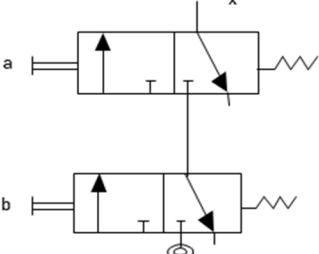
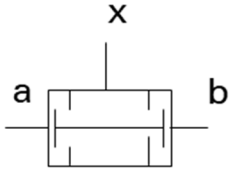
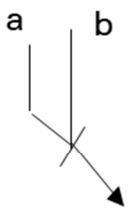
La información es representada mediante números adecuados para señales digitales. Las unidades funcionales son contadores, registros, memorias, unidades de computación y se consideran dentro de estos los mandos binarios que trabajan con señales del mismo tipo.

3.6.8 Mandos por enlaces lógicos

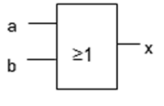
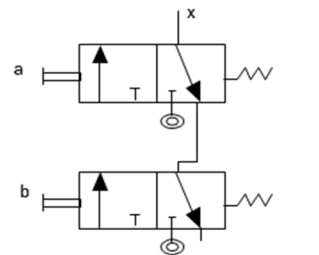
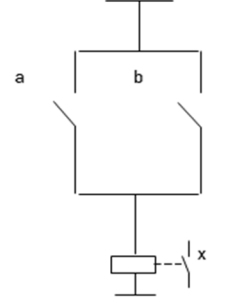
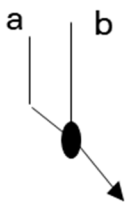
Se trata de un mando en el que las señales de entrada son determinadas por las señales de salida que son producto de operaciones lógicas como: *AND*, *OR*, *NOR*. Dentro del concepto de mandos de retención, lógicos, por programa, temporizado, etcétera entran los distribuidores neumáticos como elementos que interactúan dentro de los mandos antes descritos, teniendo compatibilidad con la lógica booleana, ver la tabla 11.

Tabla 11. Mandos por enlaces lógicos

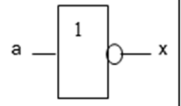
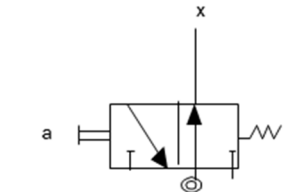
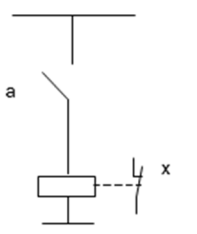
Función AND

Liga Binaria	Tabla de funciones	Distribuidor Neumático (3/2)	Opción adicional/válvula de simultaneidad	En Línea de señales															
$x = a \wedge b$ Símbolo 	<table border="1"> <tr><th>a</th><th>b</th><th>x</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	x	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1			
a	b	x																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

Función OR

Liga Binaria	Tabla de funciones	Distribuidor Neumático (3/2)	Eléctrico	En Línea de señales															
$x = a \vee b$ Símbolo 	<table border="1"> <tr><th>a</th><th>b</th><th>x</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	a	b	x	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1			
a	b	x																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	

Función Negada

Liga Binaria	Tabla de funciones	Distribuidor Neumático (3/2)	Eléctrico						
$x = \bar{a}$ Símbolo 	<table border="1"> <tr><th>a</th><th>x</th></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	a	x	0	1	1	0		
a	x								
0	1								
1	0								

3.6.8.1 Lógica neumática

La lógica neumática es la tecnología que se utiliza para actuar como señales analógicas o digitales de manera similar a la electrónica. Esta ha sido utilizada a menudo en procesos industriales basándose en lógica booleana con unidades SI, NO, O, temporizadores, enclavamientos, etcétera.

Aunque en las últimas décadas la lógica neumática ha sido reemplazada por la lógica de los sistemas de control eléctricos y posteriormente por los sistemas electrónicos debido al menor tamaño y más bajo costo. Las unidades neumáticas todavía son usadas en procesos donde el aire comprimido es la única fuente de energía como en los sistemas expuestos a alta interferencia electromagnética o radiación ionizante, es por esta razón, que en el diseño de equipos neumáticos los sistemas de control se pueden diseñar en base a control lógico, a partir de esta unidad básica se pueden construir los equivalentes electrónicos biestables o *flip-flops*, esto se ejemplifica con sus equivalencias en la tabla 12. De esta manera se puede concluir que se tiene la compatibilidad entre la lógica booleana, el equivalente neumático y el diagrama eléctrico como se muestra en la tabla 13.

Por otra parte, la respuesta de este tipo de amplificadores suele ser de un ancho de banda de unos Kilohercios con lo que estos sistemas son bastante lentos comparados con los electrónicos.

Tabla 12. Equivalente electrónico biestable o *flip-flop*, con la neumática

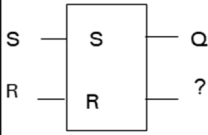
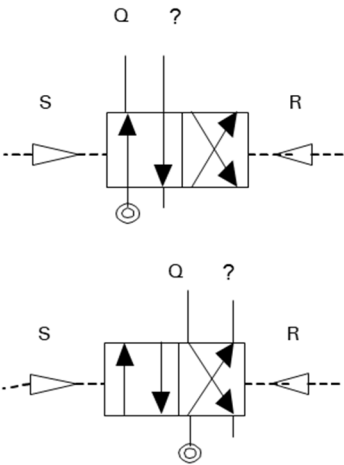
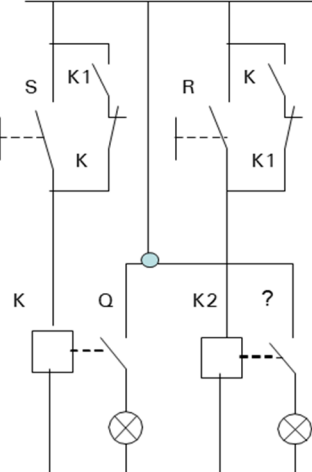
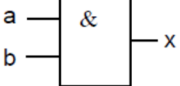
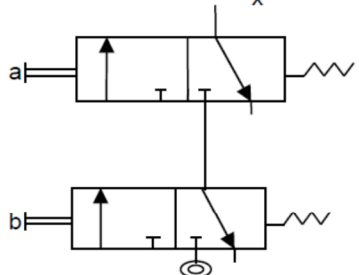
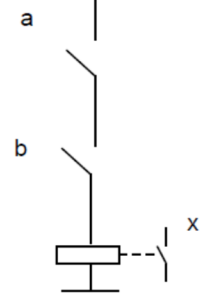
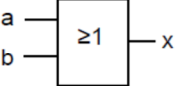
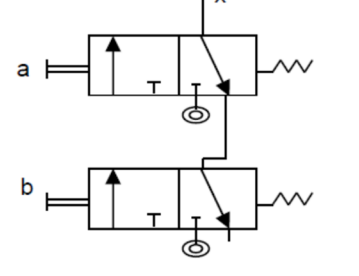
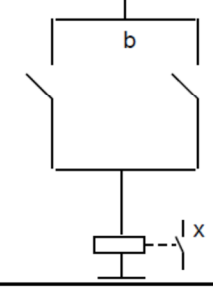
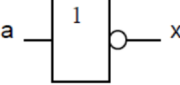
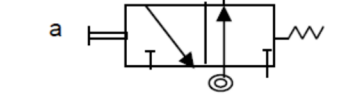
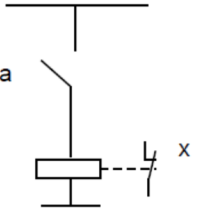
Flip-Flop RS	Tabla de funciones				Distribuidor neumático 4/2	Diagrama eléctrico
<p>Simbolo</p> 	S	R	Q	?		
0	0	*	*			
0	1	0	1			
1	0	1	0			
1	1	*	*			

Tabla 13. Equivalencias entre lógica booleana, circuito neumático y circuito eléctrico

Función AND					
Liga binaria	Tabla de funciones			P neumatic	Eléctrico
$x = a \wedge b$	a	b	x		
S	0	0	0		
	0	1	0		
	1	0	0		
	1	1	1		
					
Función OR					
Liga binaria	Tabla de funciones			P neumatic	Eléctrico
$x = a \vee b$	a	b	x		
S	0	0	0		
	0	1	1		
	1	0	1		
	1	1	1		
					
Función NOR					
Liga binaria	Tabla de funciones			P neumatic	Eléctrico
$x = \bar{a}$	a	x			
S	0	1			
	1	0			
					

3.6.9 Mandos secuenciales en función del tiempo y del proceso

La ejecución de mandos secuenciales es a través de pasos sistemáticos, el cambio de un paso al siguiente depende del cumplimiento de las condiciones que previamente se han determinado en el programa que se está ejecutando, el algoritmo de programa puede tener establecidos cambios como: saltos, bucles, subrutinas, bifurcaciones, etcétera.

Los mandos secuenciales se subdividen en:

- Mando secuencial en función del tiempo: se trata de mandos donde la ejecución del siguiente paso depende únicamente del tiempo, los elementos que son usados en este tipo de mandos son, por ejemplo: los contadores, temporizadores y controles de velocidad constante. El concepto de un mando secuencial en función del tiempo según la norma DIN 19226 queda reservado a las predeterminaciones de las señales piloto en función del tiempo.
- Mandos secuenciales en función del proceso: en estos mandos el cambio al siguiente paso depende del estado en que se encuentren las señales emitidas del proceso que están sujetas al control del mando. El mando en función del recorrido, definido en la norma DIN 19226 es una forma de mando secuencial en función del proceso cuya condición de conmutación depende únicamente de las señales en función del recorrido del proceso sujeto por el control.

En la gama de mandos secuenciales existen de ciclo semiautomático o automático. En el caso semiautomático al reiniciar un ciclo es necesario producir manualmente la señal de marcha. En los dispositivos donde el montaje de una pieza se coloca manualmente y una vez acabada la fase de trabajo la pieza se retira manualmente por la persona de servicio quien da la señal de arranque para iniciar el proceso de inserción de piezas a través del sistema neumático.

Para un mando automático se debe introducir un dispositivo alimentador de las piezas a procesar, dando la señal de arranque del ciclo de trabajo con la introducción de las piezas colocadas con un actuador o sistema alimentador que incluye un expulsador para la pieza terminada, emitiendo una señal para cargar otra pieza a procesar. Dentro de los mandos secuenciales están los neumáticos y electroneumáticos.

3.7.1 Catálogo de válvulas direccionales y sus tipos de control

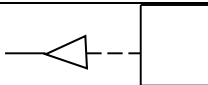
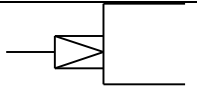
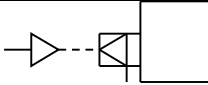
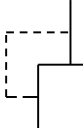
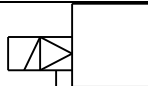
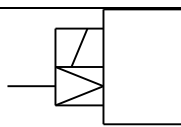
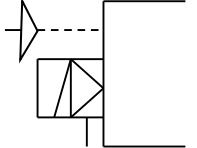
En los sistemas neumáticos se utilizan diferentes tipos de válvulas de acuerdo a la función a desarrollar en el proceso, así como el método de control, tal como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Válvulas direccionales. Control eléctrico, por presión y combinado

Símbolo	Dispositivo
	Válvula de control direccional, Válvula de 4 vías, cerrada posición neutra.
	Válvula de control direccional, Válvula de 4 vías, escape posición neutra.
	Válvula de control direccional, Válvula de 5 vías, posición neutra.
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, cerrada posición neutra.

	Válvula de control direccional, Válvula de 5 vías, escape posición neutra.
	Válvula de control direccional, Válvula de 5 vías, abierta posición neutra.
	Selector
	Relé electro neumático.
	Indicador neumático
	Control de presión, Válvula accionamiento neumático
	Componente mecánico bloqueo

Métodos de Control		
Descripción	Aplicación	Símbolo
Control eléctrico	Solenoides de un arrollamiento único	
	Solenoides con dos arrollamientos en la misma dirección.	
	Solenoides con dos arrollamientos en direcciones opuestas.	
Control por presión	Piloto a presión	


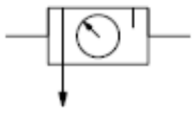
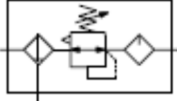
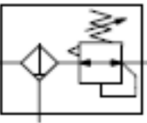
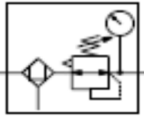

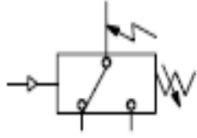
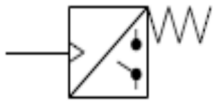
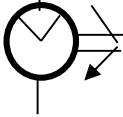
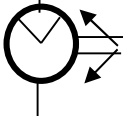
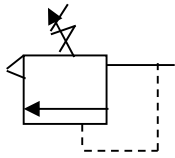
(pilotaje)		
	Piloto a expulsión	
Control por presión	Piloto a presión	
	Piloto a expulsión	
	Alimentación de piloto interno	
Control combinado	Solenoides con alimentación piloto externo	
	Solenoides o piloto interno	
	Solenoides con alimentación piloto externo o piloto independiente	

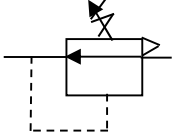
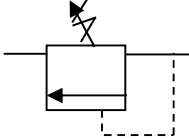
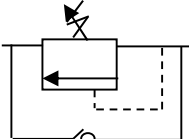
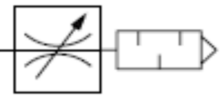

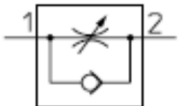
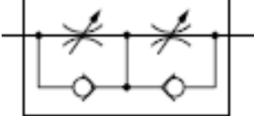
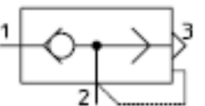
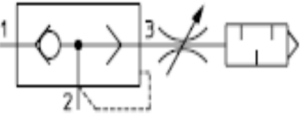
3.7.2 Catálogo de válvulas de regulación, actuadores giratorios y elementos de servicio

En la tabla 15 se muestran los elementos rotativos más utilizados en los sistemas neumáticos.

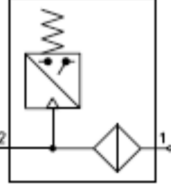
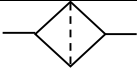
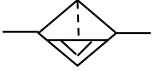


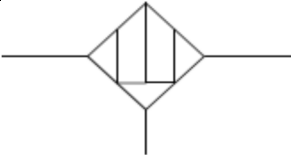
Tabla 15. Válvulas de regulación, actuadores giratorios y elementos de servicio

Símbolo	Dispositivo
---------	-------------

	Válvula de control de presión. Regulador de presión de alivio regulable
	Unidad de servicio esquema simplificado
	Combinación de filtro, regulador y lubricador
	Combinación de filtro y regulador
	Combinación de separador de neblina, regulador y manómetro de presión
	Multiplicador de presión neumático, accionamiento manual
	Presostato neumático
	Presostato neumático
	Motor neumático rotación unidireccional
	Motor neumático rotación bidireccional
	Válvula de seguridad

	Regulador de presión
	Válvula secuencial
	Válvula secuencial antirretorno
	Válvula de control de caudal ajustable con silencioso
	Válvula antirretorno
	Válvula antirretorno, válvula de regulación de caudal en un sentido, regulable
	Válvula antirretorno, regulador de caudal doble con conexión instantánea
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido doble efecto con regulador de escape de caudal y silenciador



	<p>Válvula antirretorno, regulador de caudal con válvula de soplado de presión residual</p>
	<p>Válvula antirretorno, regulador de caudal con válvula antirretorno pilotada.</p>
	<p>Selector de Circuito</p>
	<p>Válvula de seguridad reguladora de caudal. Control de sistema de salida: válvula de regulación de caudal con cilindro función de regulador de caudal, mariposa, función de alimentación de aire rápido.</p>
	<p>Válvula de seguridad reguladora de caudal. Control de sistema de salida: válvula de regulación de caudal con cilindro función de regulador de caudal, mariposa, función de alimentación de aire rápido</p>
	<p>Eyector de vacío, válvula de soplado de vacío</p>
	<p>Eyector de vacío multietapas, válvulas de escape de vacío con filtro y silenciador incorporado</p>
	<p>Vacuostato</p>

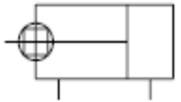


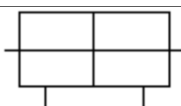
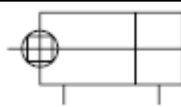
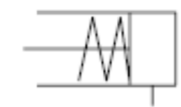
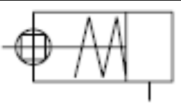
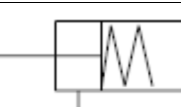
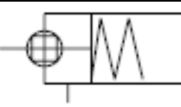
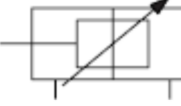
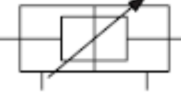
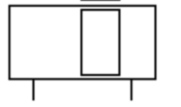

	
	Filtro
	Filtro con purga de agua
	Colector de agua con purga automática
	Separador de neblina
	Filtro micrónico

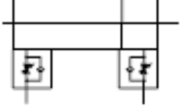
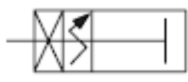
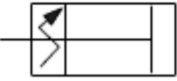
3.7.3 Catálogo de cilindros

En la tabla 16 se muestran los cilindros más utilizados en los sistemas neumáticos.

Tabla 16. Cilindros

Símbolo	Descripción del dispositivo
	Cilindro de simple efecto, retroceso por activación externa
	Cilindro doble efecto vástago simple

	Cilindro doble efecto vástago simple con antigiro
	Cilindro de doble efecto, montaje muñón trasero, vástago simple.
	Cilindro doble efecto, hidroneumático vástago simple,
	Cilindro de doble vástago con doble efecto
	Cilindro de doble efecto con vástago antigiro en ambos extremos.
	Cilindro de efecto simple con retroceso por resorte
	Cilindro de efecto simple, con vástago antigiro, carrera de retroceso por resorte
	Cilindro de efecto simple, carrera por resorte, retroceso por presión de aire.
	Cilindro de efecto simple antigiro, carrera por resorte, retroceso por presión de aire.
	Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago simple.
	Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago doble.
	cilindro por arrastre magnético
	Cilindro de doble efecto, vástago simple con reguladores de caudal integrados.

	Cilindro de doble efecto, vástago doble con reguladores de caudal integrados.
	Cilindro con lectura de carrera con freno, vástago simple.
	Cilindro con lectura de carrera, vástago simple.

3.8 DESARROLLO Y DISEÑO DE SISTEMAS NEUMÁTICOS

3.8.1 Definición del mando del sistema

Para definir el mando del sistema se debe seguir una serie de pasos sistemáticos, el primero es definir claramente el problema para determinar el método óptimo.

Los métodos para definir el mando son:

- Plano de situación.
- Diagrama por pasos.
- Diagrama de mando.
- Diagrama de funciones.
- Diagrama de funciones con línea de señales.

3.8.1.1 Plano de situación

El plano muestra la operación de la máquina junto con los elementos actuadores, el cual debe tener la dirección de la operación de los actuadores, su uso está relacionado con la descripción del funcionamiento del proceso, así como el diagrama de movimientos de los actuadores, ver figura 38.

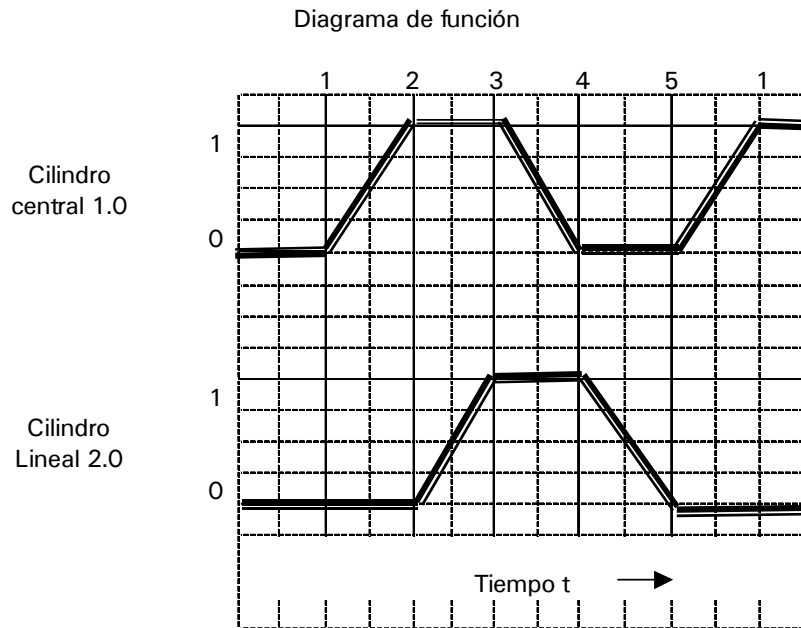


Figura 39. Diagrama de pasos con respecto al tiempo

3.8.1.3 Diagrama de mando, estado de los elementos

El diagrama de mando muestra un gráfico del estado de los elementos, es un esquema donde del estado de cada elemento de mando y su conmutación en función de los pasos, no del tiempo, ver la figura 40.

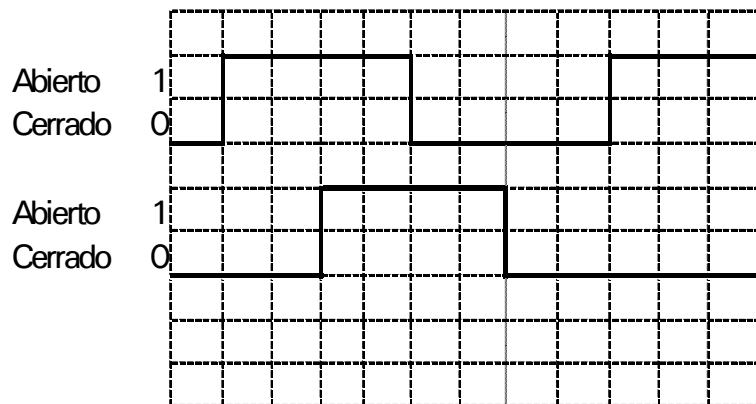


Figura 40. Diagrama de mando, estado de los elementos

3.8.1.4 Diagrama de funciones

El diagrama de funciones es la combinación de un diagrama de pasos con respecto al tiempo y el diagrama de mando, las líneas encargadas de mostrar los distintos estados se llaman líneas funcionales, ver la figura 41.

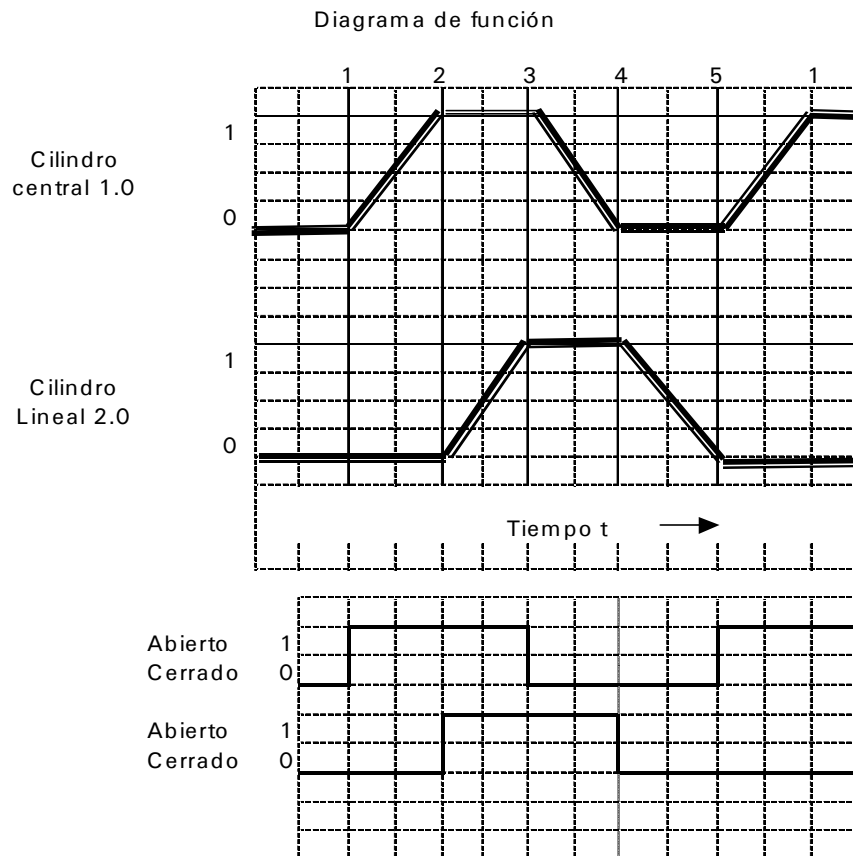


Figura 41. Diagrama de funciones, combinación de diagrama de pasos con respecto al tiempo y diagrama de mando

3.8.1.5 Diagrama de funciones con línea de señales

3.8.1.5.1 Línea de señales

Adicional al diagrama de funciones se pueden incluir las líneas de las señales, ver figura 42 (Norma VDI 3260). Estas tienen su inicio en el elemento de señal y su final donde esta señal introduce un cambio de estado, la flecha de esta señal marca su dirección. Es posible que esta señal tenga bifurcaciones, las señales son marcadas en el lugar de bifurcación con un punto, esto indica que de una salida de señal puede introducir cambios de estados en varios elementos.

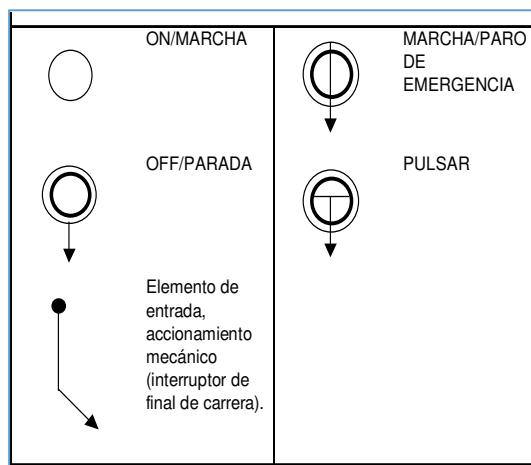


Figura 42. Líneas de señales básicas

Condición O

La unión de una o varias líneas de señales es marcada con un punto, es posible que varias salidas de señales originan el mismo cambio de estado aun siendo estas independientes.

Condición Y

La unión de las líneas de señales es marcada por una barra en su punto de unión, el cambio será efectuado si están presentes todas las salidas de señales.

Integración de las líneas de señales en un esquema de funciones

Un esquema de funciones es de amplia utilidad al agregar las líneas de señales para visualizar la interacción de los elementos, como se muestra en la figura 43.

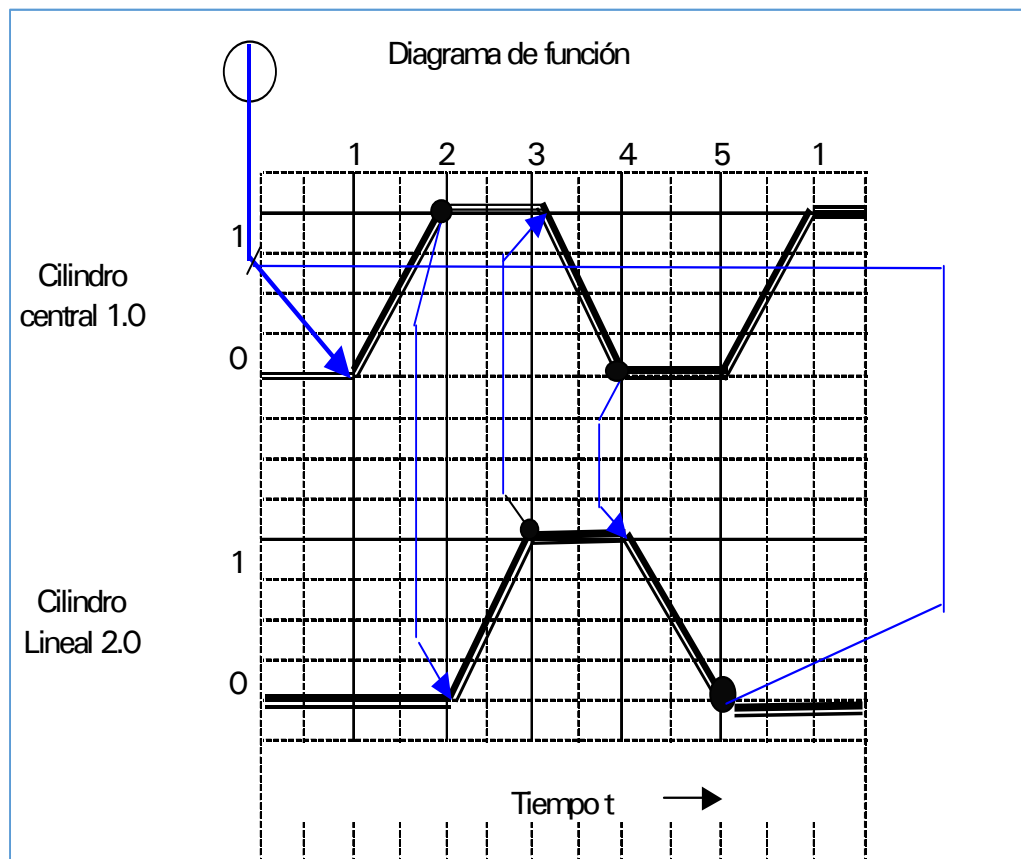


Figura 43. Diagrama de funciones con línea de señales

3.8.2 Desarrollo de sistemas por el método de GRAFCET

El método GRAFCET (Gráfico de control etapa-transición y abreviación de secuencia de movimientos), es la representación de un diagrama funcional que describe las funciones realizadas por los sistemas neumáticos automáticos o semiautomáticos, dividiendo los sistemas en dos partes, la parte de mando y la parte operativa. La parte de mando es llamada la parte del autómeta o sistema lógico.

La parte operativa es la parte de potencia.

Este método maneja dos niveles de descripción de automatismo, el primer nivel no toma en cuenta el tipo de accionamiento, ni los tipos de captadores de posición, ni el tipo de mando y o sistema (hidráulico, neumático, eléctrico, etcétera); lo importante son las circunstancias que debe producir un accionamiento con el cuidado de que la seguridad del funcionamiento está acotada.

En segundo nivel aparecen las especificaciones tecnológicas (hidráulico, neumático, eléctrico, etcétera), donde entran los datos técnicos como: finales de carrera, presiones, temperaturas, tensiones de alimentación, etcétera.

El GRAFCET describe los sistemas automatizados que se están utilizando en los diferentes niveles como:

- Etapas o fases a las cuales se asocian las acciones.
- Transiciones que se asocian a los receptores.
- Uniones orientadas que conectan las etapas a las transiciones.

En el método de GRAFCET se incluye la abreviación de la secuencia del movimiento, es una variante más para indicar las secuencias de los movimientos en base a la norma ISO 1219-2, que indica que para circuitos complejos o que tengan varios esquemas de representación se usarán las letras mayúsculas como denominación para los cilindros, por ejemplo: A, B, C , etcétera; según la cantidad de actuadores.

La señal para que el cilindro avance se definirá con el símbolo +.

La señal que implica el retroceso es identificada con el símbolo -.

Por ejemplo, en la secuencia $A + B + B - A -$ se debe leer como: el cilindro A avanza, el cilindro B avanza, el cilindro B retrocede, el cilindro A retrocede.

La secuencia: $A + B + B -$
 $A -$

Se lee de la siguiente forma: el cilindro A avanza, el cilindro B avanza y el cilindro A retrocede al mismo tiempo, el cilindro B retrocede. De esta forma los movimientos simultáneos se escribirán uno debajo de otro.

En este tipo de denominación con letras los interruptores de final de carrera reciben las mismas letras de los cilindros solo que con minúsculas, teniendo el significado 0 para la posición de inicio de carrera (posición de partida) y posición 1 para la posición final de carrera delantera (posición de trabajo).

a_0 = Posición retraída confirmada en el cilindro A

a_1 = Posición extendida confirmada en el cilindro A

3.8.2.1 GRAFCET nivel 1

Este nivel describe de manera textual y con un flujo la secuencia del proceso, ver figura 44.

Ejemplo: tenemos una mordaza con mando de apertura con cierre neumático, una máquina de barrenado de piezas metálicas de aluminio, broca accionada por un motor eléctrico.

El desplazamiento de la broca se hace por medio de un cilindro neumático.

Etapa 1	Acción	Colocación de la pieza en la mordaza
Transición 1-2	Receptividad	Pieza colocada al inicio de ciclo.
Etapa 2	Acción	Cierre de mordaza.
Transición 2-3	Receptividad	Mordaza cerrada
Etapa 3	Acción	Avance lento de taladrado
Transición 3-4	Receptividad	Broca a la profundidad deseada
Etapa 4	Acción	Retorno rápido de la broca
Transición 4-5	Receptividad	Taladros en posición superior

Etapa 5	Acción	Apertura de mordaza.
Transición 5-6	Receptividad	Percepción visual pieza metálica suelta
Etapa 6	Acción	Retirar la pieza Metálica

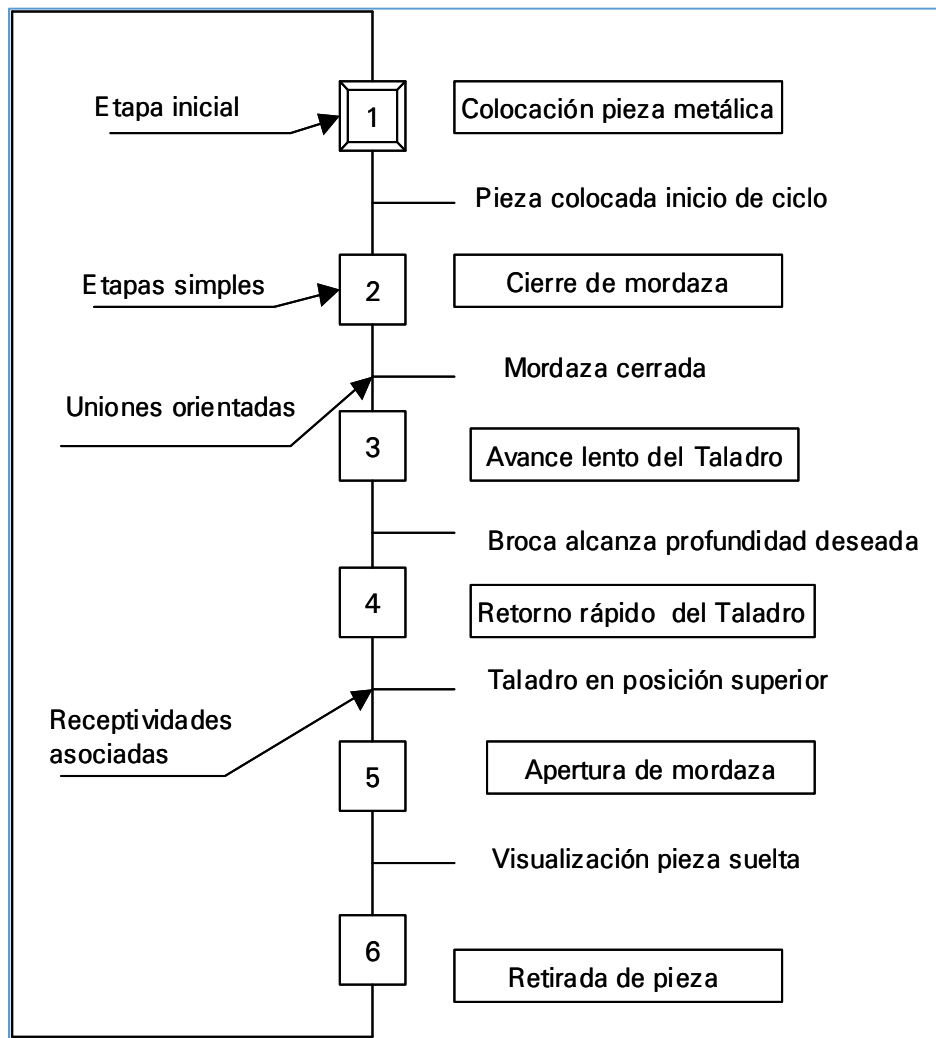


Figura 44. GRAFCET nivel 1

3.8.2.2 GRAFCET nivel 2

El GRAFCET nivel 2 maneja el gráfico de flujo junto con el gráfico de control etapa-transición y la abreviación de la secuencia de movimientos, este va acompañado con la secuencia de órdenes, ver figura 45.

- El operario coloca manualmente la pieza metálica en la mordaza.
- Los movimientos de subir y bajar el taladro y abrir y cerrar la mordaza se lleva a cabo por los cilindros neumáticos A y B.
- Las posiciones de los cilindros neumáticos se controlan por medio de los finales de carrera S1, S2, S3 y S4.

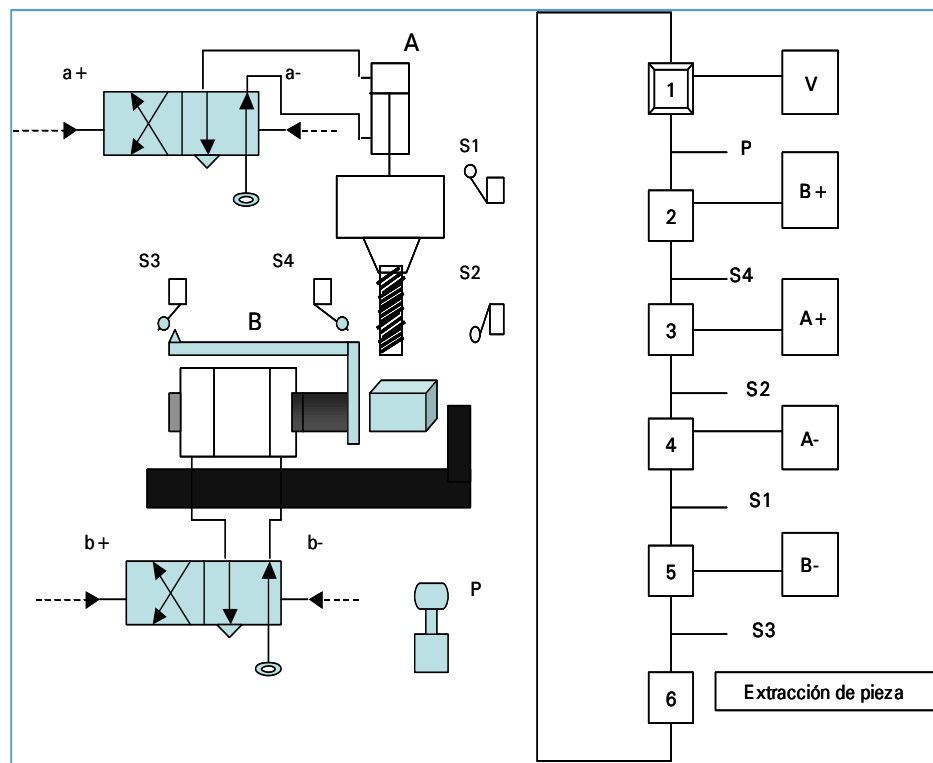


Figura 45. GRAFCET nivel 2, conmutación de válvulas e interruptores de carrera

La secuencia de órdenes se presenta de la siguiente manera:

a+	Descenso de taladro
a-	Subida de Taladro
b+	Cierre de mordaza
b -	Apertura de mordaza
P	Inicio de ciclo
S1	Taladro posición superior
S2	Taladro posición Inferior
S3	Mordaza abierta
S4	Mordaza cerrada

3.9 EJERCICIOS CON SISTEMAS NEUMÁTICOS

La manipulación de los sistemas neumáticos permite implementar soluciones a problemas de procesos industriales como los que se plantean en los siguientes ejercicios, los cuales tienen la siguiente estructura:

- Título.
- Descripción del problema.
- Procedimiento para la solución del problema.
- Esquemas de desplazamiento fase, esquema neumático del diseño.

3.9.1 Ejercicio: dispositivo cargador

El dispositivo cargador suministra bloques de aluminio en bruto para válvulas a una estación de mecanizado. Al presionar un pulsador se hace avanzar el vástago del cilindro de simple efecto (1.0), al soltar el vástago el cilindro retrocede.

Procedimiento para la solución del problema

- Aplicar el funcionamiento de un cilindro de efecto simple.
- Aplicar el accionamiento directo de un cilindro de efecto simple.
- Utilizar una válvula distribuidora de 3 a 2 vías.
- Aplicar una unidad de mantenimiento con válvula de cierre y distribuidor de aire.
- Dibujar el diagrama de desplazamiento-fase de forma simplificada, sin las líneas de señales, ver la figura 46.

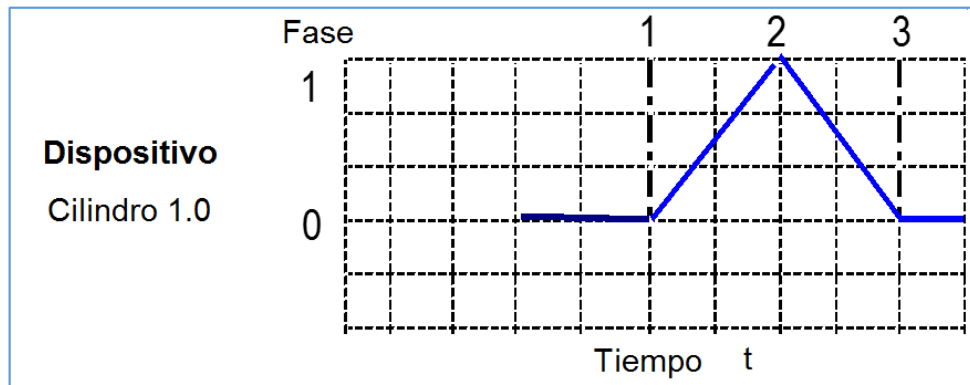


Figura 46. Diagrama tiempo-fase de dispositivo cargador

- Diseñar y dibujar el diagrama de desplazamiento-fase, ver figura 47, de acuerdo a la descripción del ejercicio.

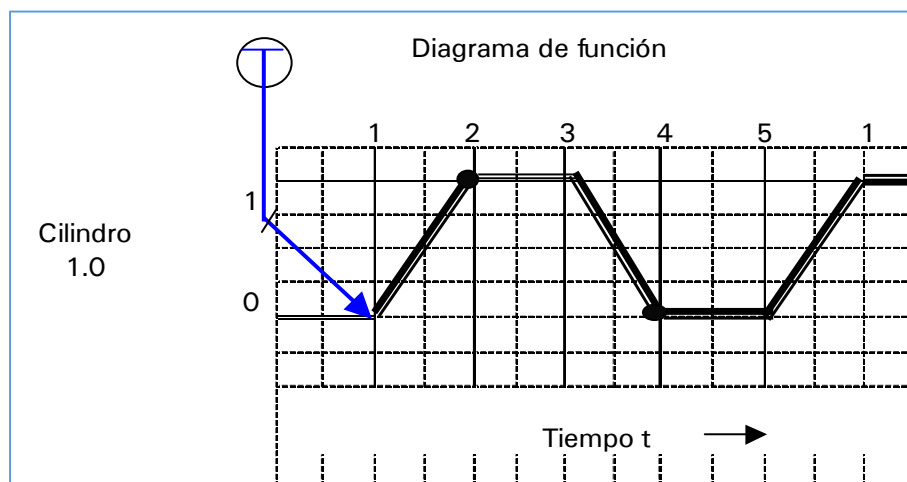


Figura 47. Diagrama desplazamiento-fase en función del tiempo

- Diseñar y dibujar el esquema del circuito del sistema, ver figura 48.

Funcionamiento

El muelle interno del cilindro 1.0 mantiene el émbolo en posición de retroceso, el volumen es descargado por la válvula 3/2.

Accionando el pulsador de la válvula 3/2 (1.1), se aplica aire a la cámara del cilindro 1.0, el vástago avanza y empuja la pieza, si la válvula permanece accionada el vástago permanecerá extendido.

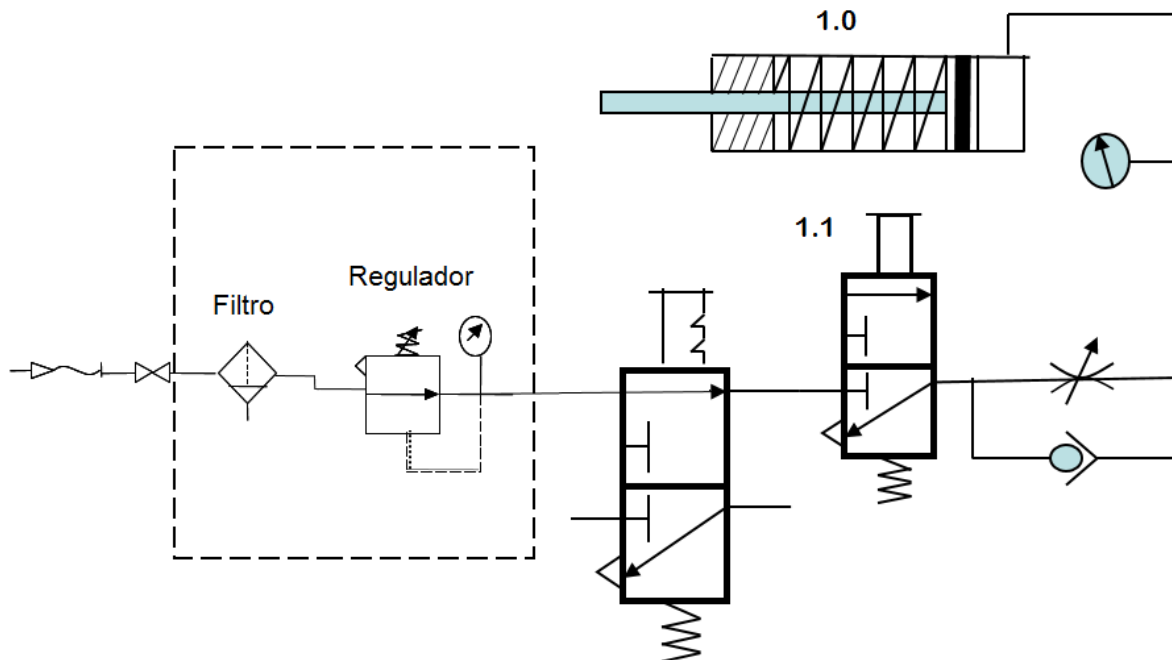


Figura 48. Esquema de dispositivo cargador con dispositivos neumáticos y actuadores

- Insertar los componentes seleccionados en el entrenador, como la válvula selectora para apertura de energía, válvula *check*, válvula reguladora de caudal para regulación de velocidad, y manómetro con carátula.
- Conectar al circuito la presión de aire.
- Abrir la presión de aire.

- Comprobar la funcionalidad de acuerdo al planteamiento.

3.9.2 Ejercicio: clasificador de piezas metálicas

Considere un sistema neumático que clasifica piezas metálicas mediante la detección de metales para posteriormente transferir las piezas seleccionadas a una segunda banda transportadora donde se accionará un pulsador con las piezas metálicas que hayan sido depositadas con un tiempo de activación del vástago del cilindro de efecto simple (1.0) de $t = 0.4$ segundos. Al soltar el pulsador el vástago regresa su posición de origen. Se debe instalar un manómetro para ajustar el caudal de la válvula reguladora de un solo sentido.

Procedimiento para la solución del problema

- Aplicar el funcionamiento de un cilindro de simple efecto
- Utilizar una válvula distribuidora de 3/2 vías.
- Conectar y ajustar una válvula reguladora de caudal de un solo sentido.
- Conectar manómetro.
- Dibujar el diagrama desplazamiento- fase de forma simplificada, ver la figura 49, sin las líneas de señales.

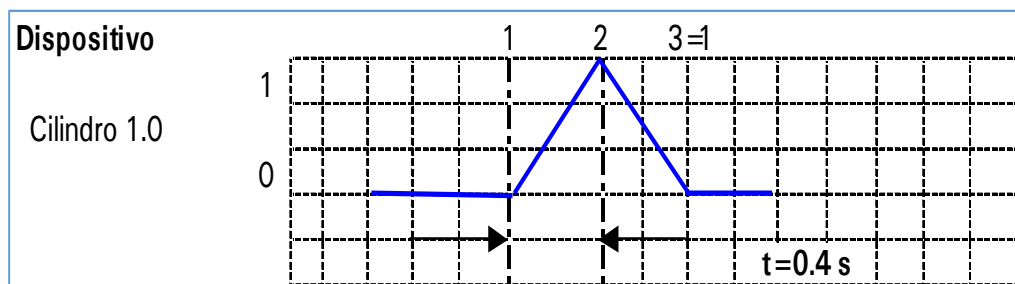


Figura 49. Diagrama desplazamiento-fase clasificador de piezas

- Diseñar y dibujar el esquema del circuito neumático del sistema, ver la figura 50.

Funcionamiento

El muelle interno del cilindro 1.0 mantiene el émbolo en posición de retroceso, el volumen es descargado por la válvula 3/2.

Accionando el pulsador de la válvula 3/2 (1.1) se aplica aire a la cámara del cilindro 1.0, el vástago avanza hasta la posición final de su carrera, el efecto es que el aire queda estrangulado por el regulador de caudal 1.2, la duración del movimiento de avance se puede calcular con un cronómetro ajustando el regulador de caudal, después de alcanzar su carrera total si la válvula permanece accionada el vástago permanecerá extendido en su totalidad; el manómetro sirve como ayuda para verificar las presiones de ajuste.

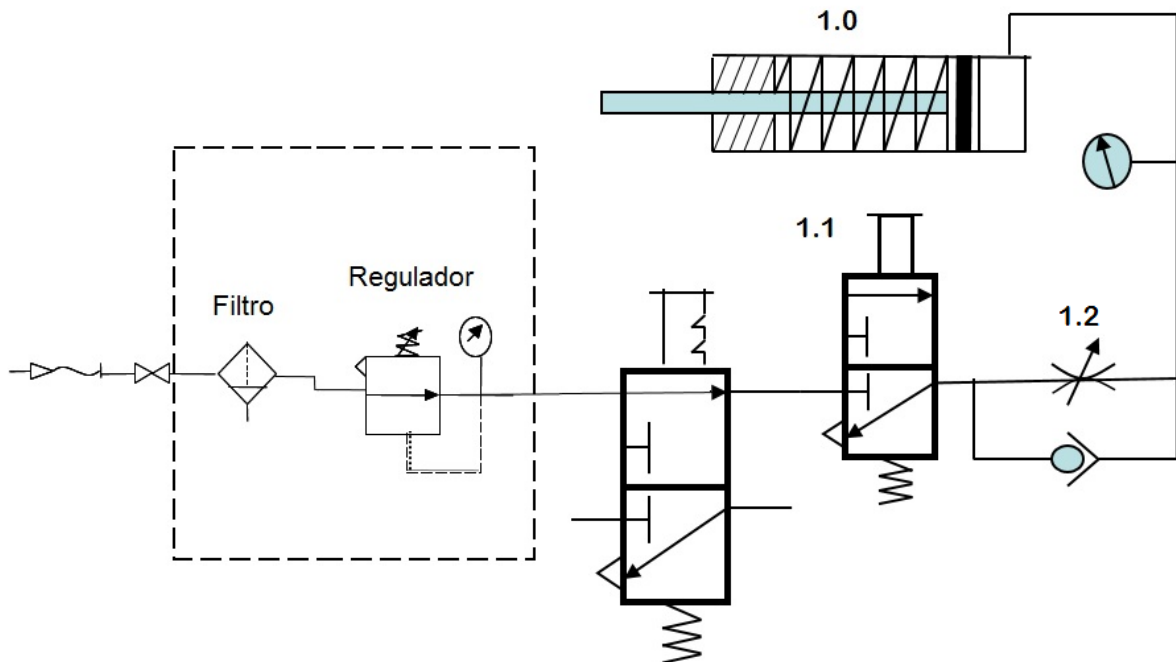


Figura 50. Esquema de clasificador de piezas metálicas con dispositivos neumáticos y actuadores.

- Arma y verifica el funcionamiento del circuito en el entrenador.
- Establece la duración de la carrera de avance por medio de una válvula reguladora de caudal de un solo sentido.

3.9.3 Ejercicio: separador de paquetes

Un sistema neumático separador de paquetes postales los eleva desde un transportador de rodillos inclinado hasta un túnel de rayos X.

El accionamiento de un pulsador provoca un rápido retroceso de la plataforma de recepción del paquete. Al soltar el actuador de la válvula el vástago del cilindro avanza. El tiempo de avance requerido es de $t = 0.5$ segundos. Debe montarse un manómetro antes y otro después de la válvula reguladora de caudal de un solo sentido.

Procedimiento para la solución del problema

- Aplicar el accionamiento directo de un cilindro de efecto simple.
- Utilizar una válvula distribuidora de 3/2 vías abierta en reposo.
- Ajustar una válvula reguladora de caudal de un solo sentido.
- Dibujar el diagrama desplazamiento-fase de forma simplificada y posteriormente el diagrama de función, con las líneas de señales, ver figura 51.

Dispositivo	Número
Cilindro	1.0

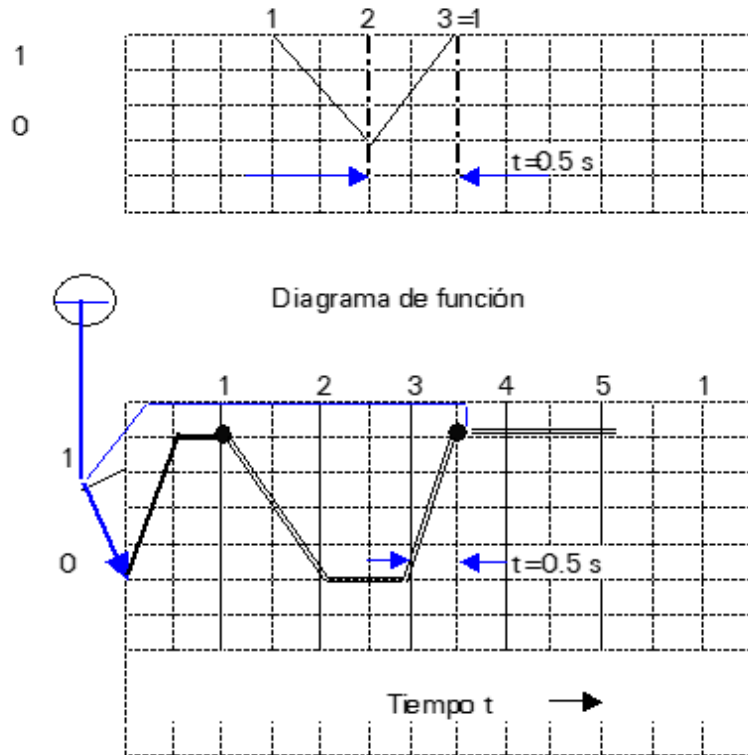


Figura 51. Diagrama de desplazamiento y diagrama de función de un separador de paquetes

- Diseñar y dibujar el circuito del sistema, ver figura 52.

Funcionamiento

Accionando el pulsador de la válvula 1.1, el volumen del aire de la cámara se descarga a través de la válvula de escape rápido 1.3. El cilindro regresa muy rápidamente, si el pulsador continúa accionado el cilindro permanece con el vástago retraído. El siguiente paquete se desliza hacia la plataforma.

Si se libera el pulsador el vástago avanza y libera el paquete, el tiempo deseado de avance de 0.5 segundos se ajusta por medio del regulador de caudal de un solo sentido 1.2.

- Arma y verifica el funcionamiento del circuito en el entrenador.
- Ajustar el tiempo de carrera de avance con la válvula reguladora de caudal.

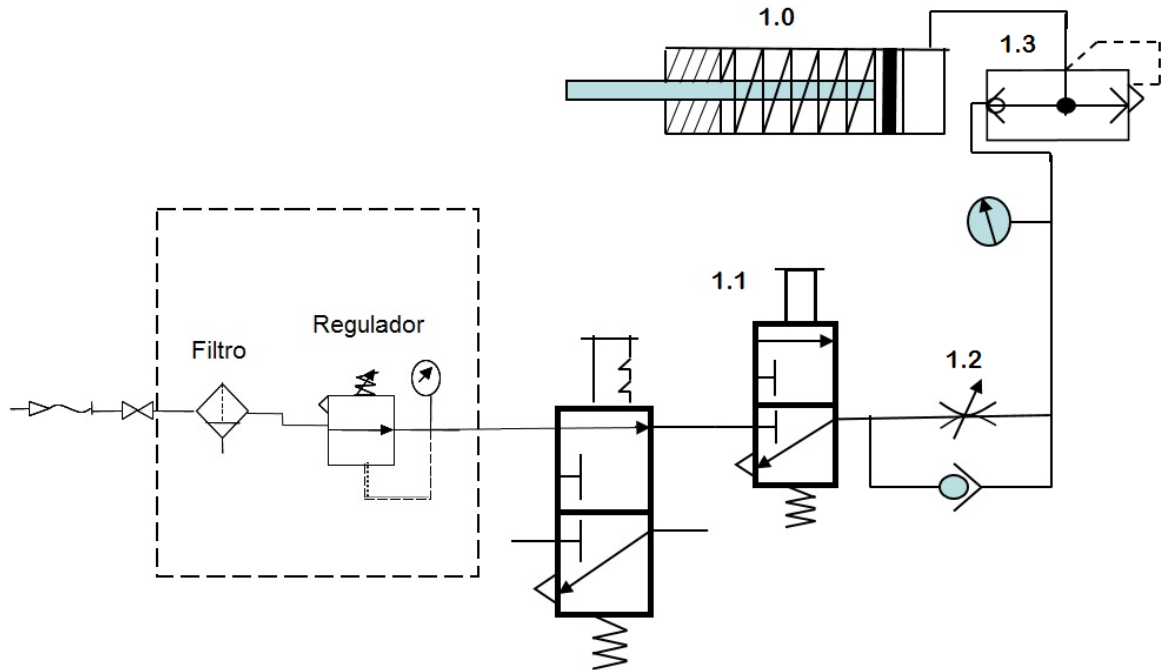


Figura 52. Esquema del separador de paquetes con dispositivos neumáticos y actuadores

3.9.4 Ejercicio: distribuidor vertical de ladrillos

En una rampa de desvío vertical se distribuyen opcionalmente ladrillos a dos bandas transportadoras con la implementación de un sistema neumático, el destino de los ladrillos se selecciona por medio de una válvula con un interruptor selector. La posición superior del cilindro de doble efecto (1.0) se realiza en $t_1 = 3$ segundos; mientras que el descenso se realiza en $t_2 = 2.5$ segundos. Se debe indicar la presión en ambos lados del émbolo. En posición inicial el cilindro debe estar en su posición de vástago retraído.

Procedimiento para la solución del problema

- Aplicar el accionamiento directo de un cilindro de efecto doble.
- Utilizar una válvula distribuidora de 5/2 vías con muelle de retorno e interruptor selector.

- Dibujar el diagrama desplazamiento-fase de forma simplificada y posteriormente el diagrama de función, con las líneas de señales, ver figura 53.

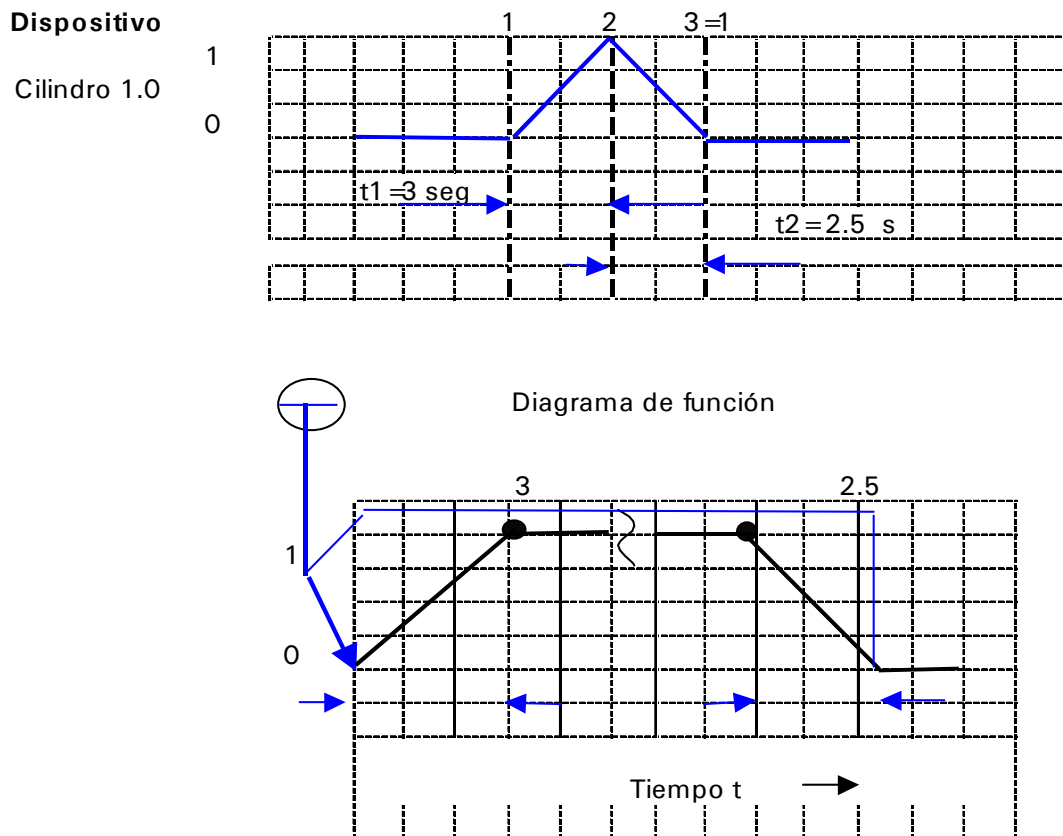


Figura 53. Diagrama desplazamiento-fase y de funciones con líneas de señales de un distribuidor de ladrillos

- Diseñar y dibujar el circuito del sistema, ver figura 54.

Funcionamiento

El cilindro (1.7) se encuentra con el émbolo retraído ya que la cámara del lado del émbolo esta alimentado por el dispositivo 5/3, ver figura 54.

Al activar el pulsador del selector de la válvula 5/2 (1.2), el émbolo se desplaza lentamente extendiéndose hasta su punto final, la velocidad de avance es definida por el regulador de caudal de una sola dirección (1.4). El movimiento del émbolo se

encuentra regulado por dos cámaras de aire de modo que es posible regular velocidades de avance para el ajuste los dos manómetros 1.5, 1.6 que ayudan a determinar la presión de ajuste.

Se invierte el selector 1.2 el cual hace que el émbolo retroceda, la velocidad de retroceso viene determinada por el regulador de caudal 1.

En este diagrama se ha substituido el filtro junto con su regulador por su símbolo integral 1.0.

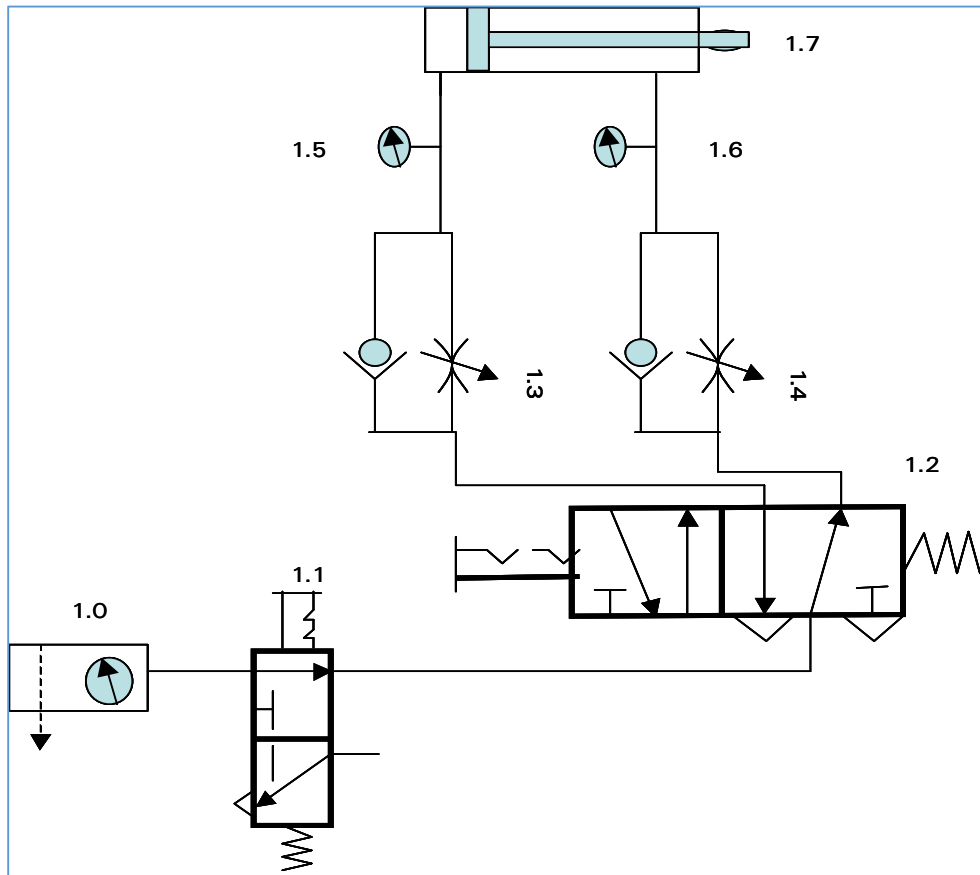


Figura 54. Esquema de un distribuidor vertical de ladrillos con dispositivos neumáticos y actuadores

- Arma y verifica el funcionamiento del circuito en el entrenador.
- Ajustar le tiempo de carrera de avance y retroceso con las válvulas reguladoras.

Al accionar cualquiera de las dos válvulas 2.2 o la 2.3 la válvula de memoria 2.1 invierte el flujo de aire en el cilindro y es el momento en que se empieza a extender el émbolo lentamente ya que el aire tiene una restricción a través del dispositivo 1.0, así el dispositivo de marcaje avanza. En la posición final del vástago extendido este acciona una válvula de rodillo 1.2 a través de una leva. El cilindro permanecerá extendido hasta que no se origine otra condición.

Nota: esta no es una configuración segura en la operación real de una máquina, se recomienda una función AND para una activación a dos manos.

Al accionar el pulsador de la válvula 1.3 (3/2 vías), se cumple la simultaneidad con la válvula 1.2, se invierte la válvula biestable 2.1 y el vástago del cilindro retrocede rápidamente.

El cilindro inicia el retroceso con el pulsador 1.3 siempre y cuando éste haya llegado a su posición final de carrera que se activa con la leva a la válvula de rodillo 1.2, de otra manera la señal inicial en la válvula de pilotaje permanece y el cilindro no retrocede.

Si uno de los dos pulsadores es desactivado (2.2 o 2.3), la válvula 2.1 ya no recibe presión. La válvula se invierte y el cilindro se mueve hacia su posición inicial con el aire estrangulado 1.0.

Solución opcional

Si se quita la válvula 1.6 de condición OR, se puede utilizar una configuración AND que es segura a dos manos, o bien una válvula de simultaneidad, como se muestra en la figura 56.

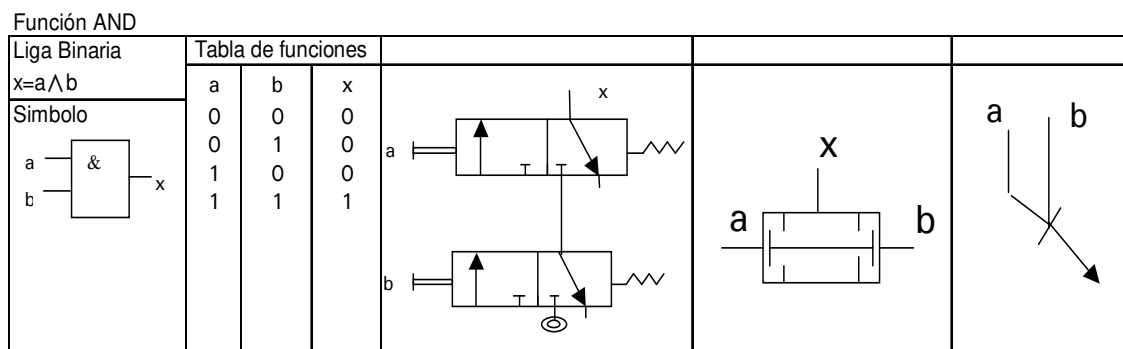


Figura 56. Condición AND y válvula de simultaneidad

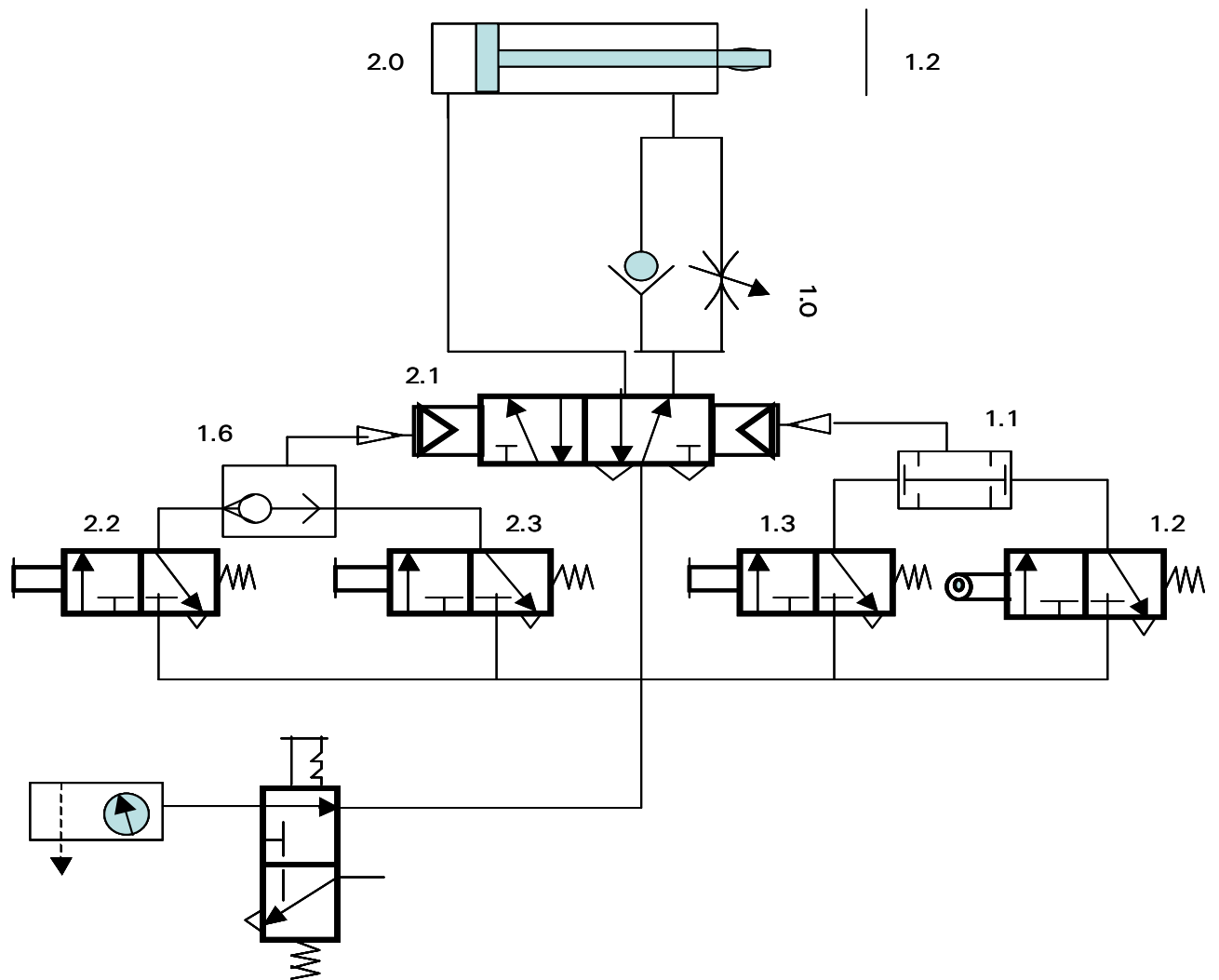


Figura 57. Esquema máquina de marcaje con dispositivos neumáticos y actuadores

3.9.6 Ejercicio: alimentador dosificador con dos actuadores

Unas piezas torneadas para la fabricación de ejes se alimentan de dos en dos a una rampa transportadora. Para separarla por pares se utilizan dos cilindros de doble efecto controlados por la misma válvula distribuidora, pero con movimientos de avance / retroceso opuestos. En posición inicial, el cilindro superior (1.1/1) se halla

retraído mientras que el cilindro inferior (1.1/2) se halla en posición avanzada. Las piezas torneadas se apoyan en el segundo cilindro (1.1 / 2)

Una señal de marcha hace que el cilindro (1.1/1) avance y el cilindro (1.1 / 2) retroceda. Dos piezas ruedan por la rampa transportadora. Después de un tiempo ajustable de $t_1 = 1$ segundo, el cilindro (1.1/1) retrocede y el cilindro (1.1 / 2) avanza al mismo tiempo. El ciclo siguiente solamente puede empezar cuando ha transcurrido un intervalo de tiempo de $t_2 = 2$ segundos.

El sistema se pone en marcha por medio de una válvula pulsadora. Una válvula con dos posiciones posibilita la realización de un ciclo único o de un ciclo continuo. Después de haber quedado todo el sistema sin presión no debe iniciarse un nuevo ciclo de separación sin que se presione de nuevo el pulsador.

Notación abreviada A+, A-, B-, B+, en esta notación los movimientos que se producen simultáneamente los símbolos se indican uno encima de otro.

Procedimiento

- Accionamiento indirecto de un cilindro de doble efecto por medio de una válvula de control final.
- Diseñar y montar un circuito con auto retención de marcha prioritaria.
- Establecer un circuito de vaivén temporizado.
- Dibujar el diagrama desplazamiento-fase con las líneas de señales, ver figura 58.
- Diseñar y dibujar el esquema del circuito neumático del sistema, ver la figura 59.
- Ajustar temporizadores y el regulador de caudal.
-

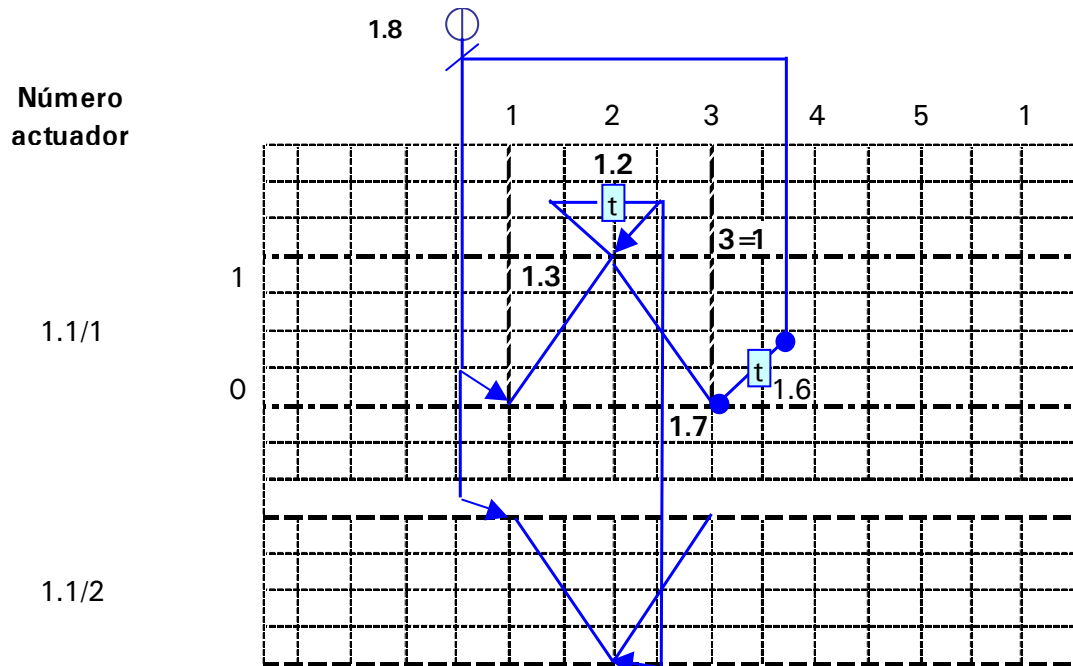


Figura 58. Diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales de alimentador dosificador

Funcionamiento

En el grupo de válvulas (1.8), (1.9), (1.10) y (1.11) se tiene un circuito de enclavamiento con prioridad en la marcha, al activar el selector se invierte el flujo en la válvula (1.10), la activación del pulsador de la válvula (1.8) produce una señal constante en la salida de la válvula (1.11), regresando la válvula a su origen (1.10) y el enclavamiento se elimina. El sistema no arranca por sí solo si falla la alimentación del aire comprimido.

En la posición inicial el cilindro (1.1/1) se encuentra retraído y el cilindro (1.1/2) en modo extendido. La válvula con rodillo (1.7) está accionada. En la salida de la válvula temporizada (1.6) hay una señal uno.

Después de activar el pulsador de marcha (1.8), la válvula (1.11) se invierte.

Una vez que se activa la válvula (1.8), se invierte la (1.11), ya que se aplica señal en ambos lados de la válvula de simultaneidad (1.5), ésta conmuta y el elemento de potencia (1.4) se invierte. Los dos cilindros marchan en sentidos opuestos, así el par de rodillos avanza en el dispositivo mecanizado, al activarse el rodillo de la vál-

válvula (1.3), el temporizador (1.2) recibe la señal en su conexión de pilotaje. El depósito de aire se llena a través del regulador de presión. El tiempo de llenado alcanza un valor de $t_1 = 1$ segundo.

Cuando el depósito del temporizador (1.2) ha alcanzado la presión de conmutación $P = 3 \text{ bars}$ (300 Kpa) la válvula de 3/2 conmuta. La válvula de potencia (1.4) se invierte. Los dos cilindros se mueven en sentidos opuestos; por gravedad caen los cilindros hasta el tope. El temporizador (1.6) recibe la señal piloto de la válvula 3/2 con rodillo (1.7). Transcurrido el tiempo fijado en $t_2 = 2$ segundos, la válvula de simultaneidad (1.5) recibe señal por el lado derecho lo que genera un nuevo ciclo. Si el selector (1.10) se haya en posición de accionamiento y se acciona el pulsador de la válvula (1.8), el sistema entrará en un ciclo continuo.

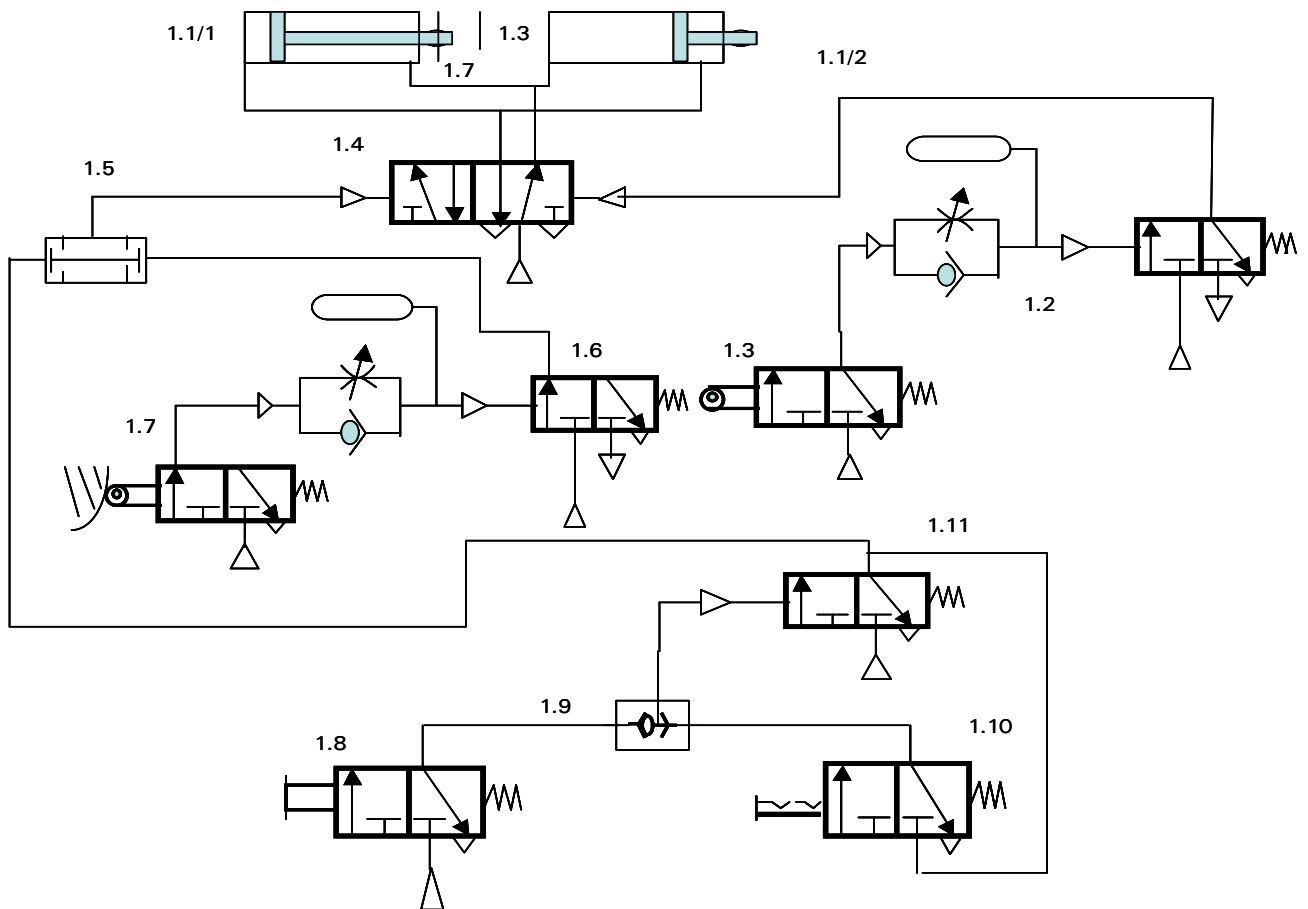


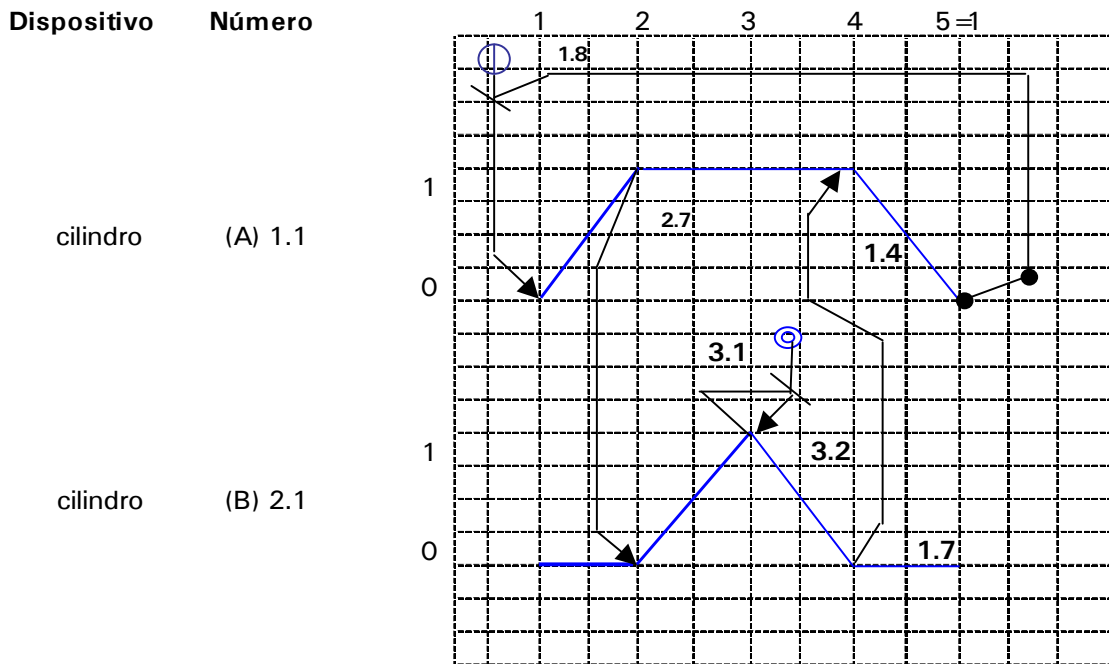
Figura 59. Esquema de control de dos actuadores de un alimentador dosificador

3.9.7 Ejercicio: sujeción de moldes

Una aplicación en sistemas neumáticos consiste en la activación de dos cilindros de doble efecto por medio de dos elementos finales de potencia para la sujeción de moldes, donde las válvulas finales están influidas por generadores de señal (interruptor selector, válvula de rodillo y válvula de rodillo abatible).

Procedimiento

- Al accionar el pulsador se alimenta y se fija un bloque desde un almacén por gravedad a una estación mecanizada, por medio del cilindro de doble efecto (1.1)
- Un segundo cilindro de doble efecto, con la presión reducida (2.1) sujeta al bloque en sentido perpendicular al primero. El regulador de presión se ajusta a $p = 2.5 \text{ bars}$ (250 kPa). Los cilindros avanzan en un tiempo $t_1 = t_2 = 1 \text{ segundo}$. El fin de la sujeción se realiza por medio de un indicador óptico accionado neumáticamente.
- Una vez finalizada la operación mecánica, se acciona un segundo pulsador, esto hace que ambos cilindros retrocedan sin estrangulación en secuencia inversa.
- Utilizar una válvula de 3/2 vías con rodillo abatible para la eliminación de señales.
- Dibujar el diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales, ver la figura 60.
- Diseñar y dibujar el esquema del circuito neumático del sistema, ver la figura 61.



Notación abreviada : con división en grupos para circuito alternativo B

$$\left| \begin{array}{l} A + B + \\ B - A - \end{array} \right|$$

Figura 60. Diagrama desplazamiento fase con líneas de señales de un sujetador de moldes

Funcionamiento

En posición inicial, los dos cilindros (1.1) y (2.1) están en posición retraída. La válvula con rodillo (1.6) se activa. La válvula con rodillo abatible (1.7) no está activada. Cuando se activa el pulsador con la válvula (1.8), se origina una señal 1 en la válvula piloto (1.5) debido a que la válvula de rodillo (1.6) está activada. Después de la inversión de la válvula de doble pilotaje de 5/2 vías (1.5), el cilindro (1.1) avanza con el aire de escape con restricción (1.4). Un poco antes de que alcance la posición delantera final, se acciona la válvula de 3/2 vías de accionamiento por rodillo abatible (2.7).

El accionamiento de la válvula de rodillo (2.7) invierte la válvula de potencia (2.5); el cilindro (2.1) avanza con el aire restringido a través de la válvula (2.4). Al accionarse la válvula de rodillo (3.2) en posición final de carrera, el indicador óptico (2.8) accionado automáticamente indica que hay señal. El sistema de control permanece en

esta posición. El regulador de presión (2.6) limita la fuerza del émbolo limitado a una presión $P = 2 \text{ bars} \equiv 250 \text{ kPa}$.

Al accionar el pulsador (3.1), la válvula de potencia (2.5) se invierte a través de la válvula de simultaneidad (2.9). El cilindro (2.1) retrocede. Justo antes de alcanzar la posición final retraída la leva acciona el rodillo de la válvula (1.7).

La válvula doble piloto (1.5) se invierte por la acción de la válvula de rodillo abatible (1.7). El cilindro (1.1) retrocede. En la posición final posterior, la leva acciona la válvula que habilita el arranque (1.6).

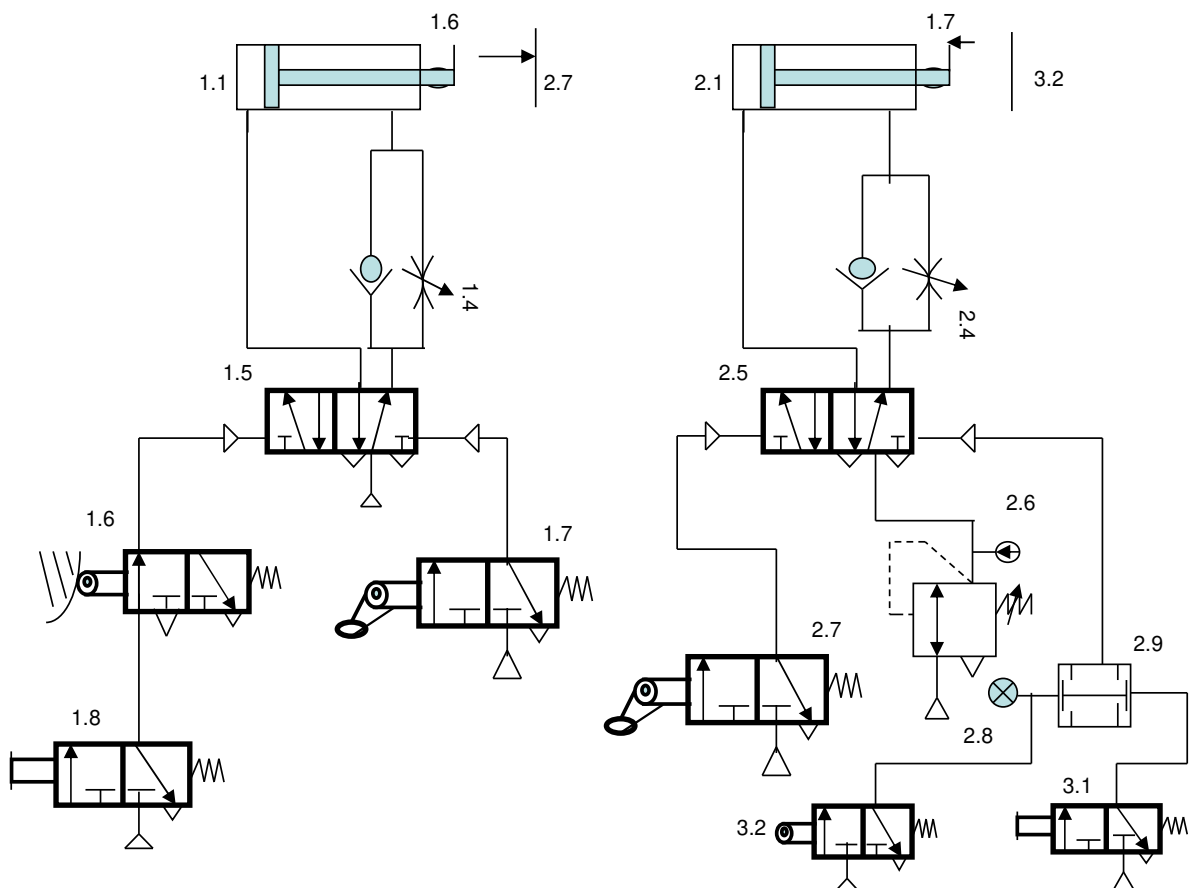


Figura 61. Esquema de control del sujetador del molde con dispositivos neumáticos y actuadores

3.9.8 Ejercicio: transportador con elevación y posicionamiento secuenciales semiautomático

Una pieza manufacturada va ser levantada por un cilindro de elevación y luego será empujada a través de un cilindro hacia un transportador de rodillos, como lo muestra la figura 62.

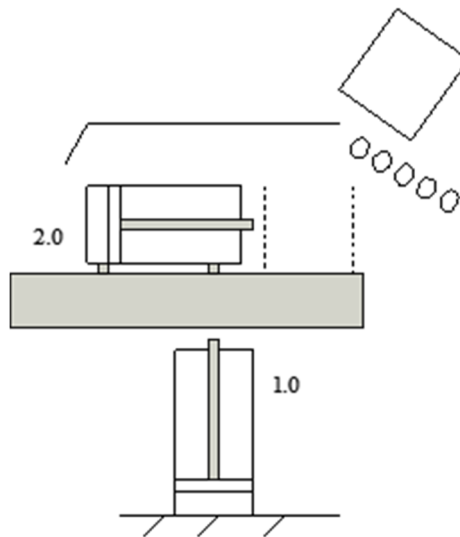


Figura 62. Plano de situación del sistema de elevación y posicionamiento

Procedimiento

- Escribir la notación abreviada.
- Dibujar el diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales, ver la figura 63.
- Dibujar el diagrama funcional de la interacción entre válvulas y cilindros del sistema de elevación y posicionamiento, ver la figura 64.
- Diseñar y dibujar el esquema del circuito neumático del sistema, ver la figura 65.

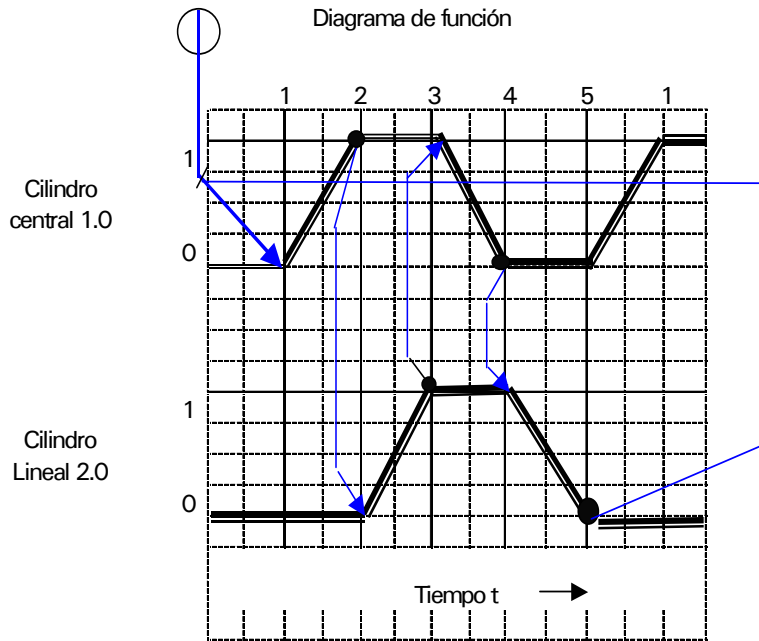


Figura 63. Diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales del sistema de elevación y posicionamiento

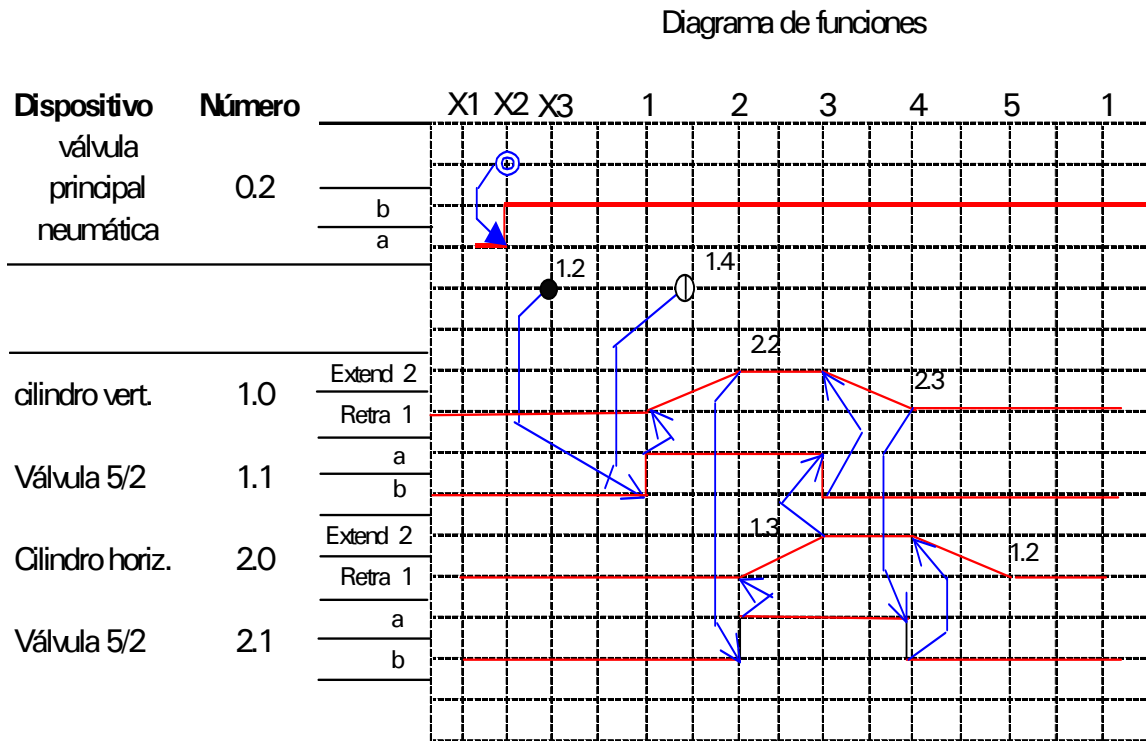


Figura 64. Diagrama funcional de la interacción entre válvulas y cilindros del sistema de elevación y posicionamiento

Funcionamiento

El funcionamiento inicia mediante la apertura de la válvula de selector (0.2), posteriormente el usuario opera manualmente la válvula con pulsador (1.2), los movimientos del sistema serán controlados por válvulas neumáticas de la siguiente manera: se activa el cilindro (1.0) mediante la válvula pilotada (1.1), se eleva la pieza de trabajo hasta su posición final activando la válvula de rodillo (2.2), esta a su vez pilotea la válvula (2.1) del control del cilindro (2.0) para hacerlo extender desde su posición inicial hasta su final de carrera llevando la pieza a la banda de rodillos, esto activa la válvula de rodillo (1.3), esta pilotea a la válvula de control (1.1) cambiándola de estado y regresando al cilindro (1.0) a su posición final activando la válvula de rodillo (2.3) que pilotea a la válvula (2.1) cambiándola de estado para que el cilindro (2.0) regrese también a su posición inicial.

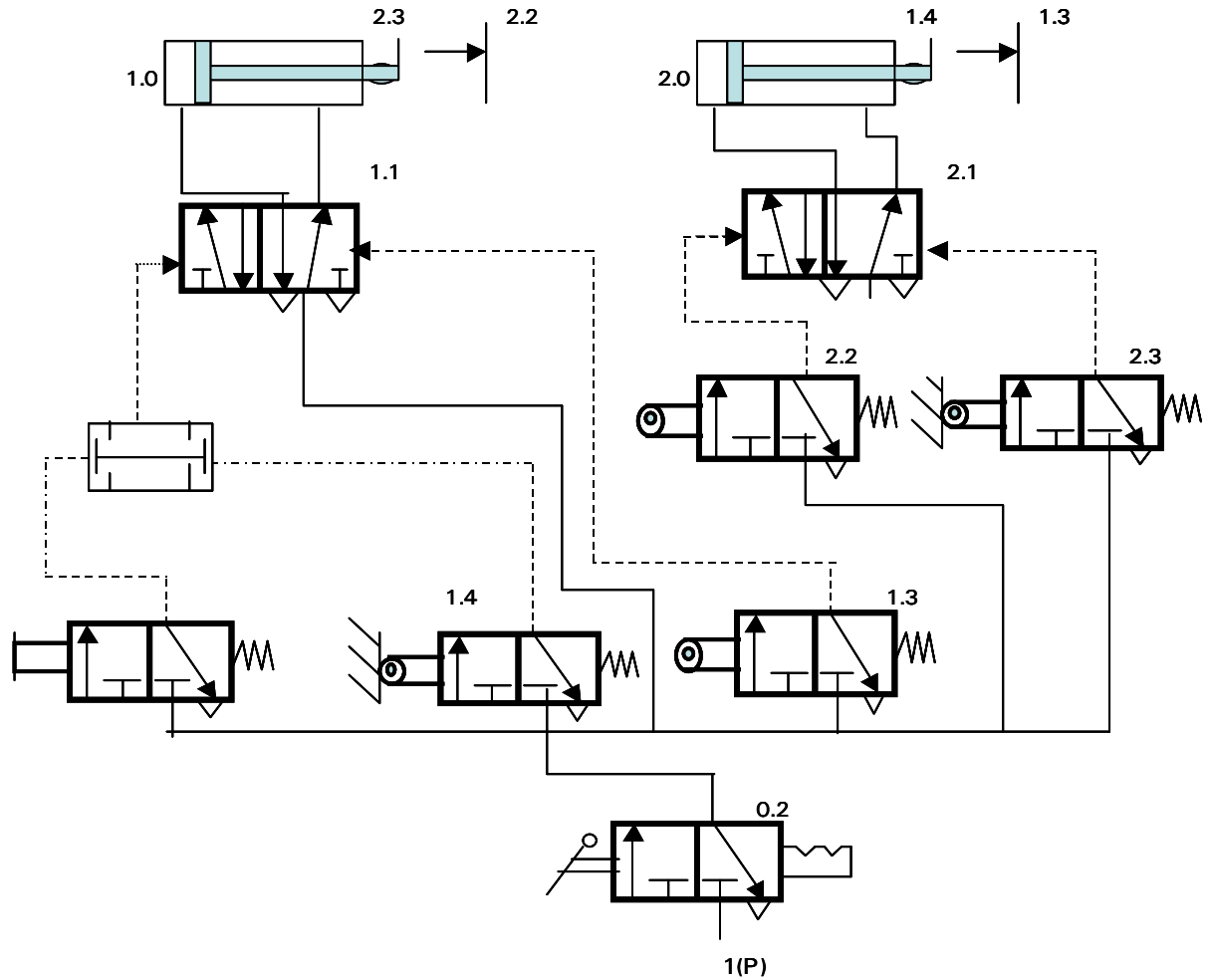


Figura 65. Esquema de control del circuito semiautomático del sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con sus dispositivos neumáticos y actuadores

3.9.9 Ejercicio: transportador con circuitos electro neumáticos

En este ejemplo será con el mismo plano de situación del ejercicio 3.9.8 solo que se manejarán circuitos electro-neumáticos, es decir circuitos que constan de un circuito neumático más un circuito eléctrico, ver la figura 66. La parte de fuerza del circuito sigue siendo neumática, la diferencia es que los pilotajes son eléctricos con

electro-válvulas que suelen ser 5/2, bi-estables y los detectores finales de carrera son magnéticos, de palanca o rodillo.

Las activaciones de las electroválvulas son por relevadores, es decir, de solenoide con piloto interno. Se adiciona como control un PLC para cambiar la programación en cualquier momento.

Procedimiento

- Diseñar el esquema de control con los circuitos electro-neumáticos, ver la figura 66.
- Diseñar el diagrama de funciones con las líneas de señales, ver la figura 67.
- Integrar en el control Automático el PLC.
- Diseñar la lista de asignación del programa con la operación secuenciada, ver Figura 67.
- Confirmar el estado inicial de los conmutadores y contactos en reposo, ver figura 69.
- Entender la conexión de entradas y salidas a un PLC, ver figura 68.

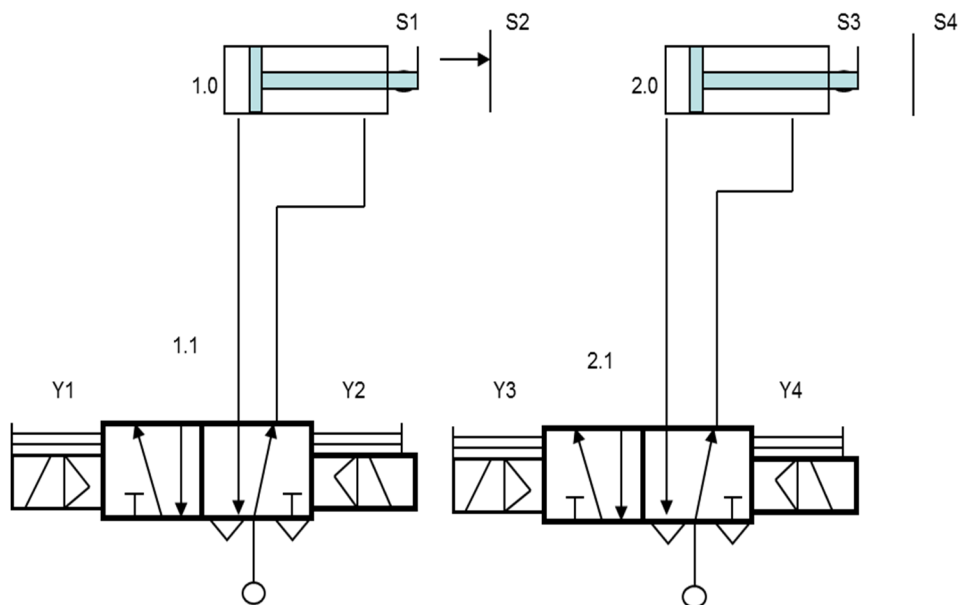
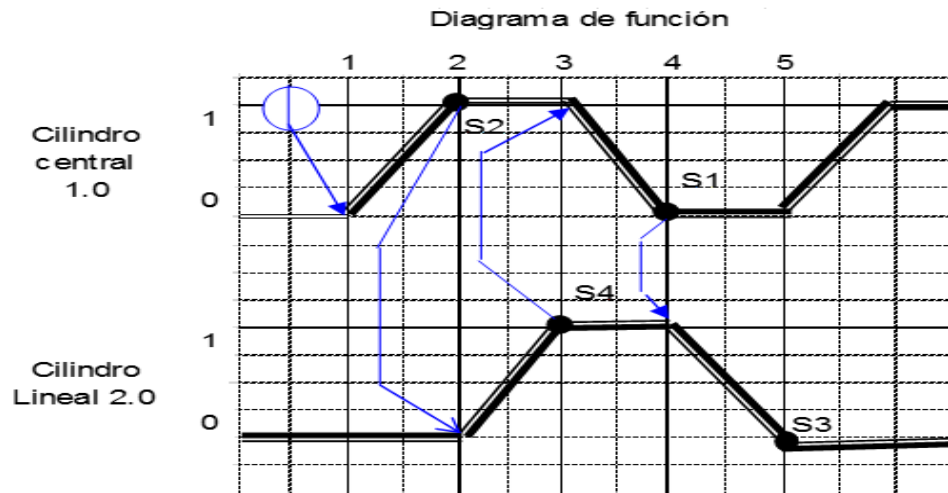


Figura 66. Sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con circuitos electro-neumáticos



Lista de asignación		
Descripción	Bloques electroválvula	Entrada / Salida
Botón de inicio S0	S0	I 1.0
Final de carrera S1 cilindro 1.0 retraído	S1	I 1.1
Final de carrera S2 cilindro 1.0 extendido	S2	I 1.2
Final de carrera S3 cilindro 2.0 retraído	S3	I 1.3
Final de carrera S4 cilindro 2.0 extendido	S4	I 1.4
Válvula solenoide Y1, cilindro 2.0 extendido.	Y1	Q 1.1
Válvula solenoide Y2, cilindro 1.0 retraído.	Y2	Q 1.2
Válvula solenoide Y3, cilindro 2.0 extendido.	Y3	Q 1.3
Válvula solenoide Y4, cilindro 2.0 retraído.	Y4	Q 1.4

Figura 67. Diagrama de función y lista de asignación para la programación del PLC

Funcionamiento

A través del diagrama de funciones se definen los pasos de operación, así como los inicios y finales de los actuadores, como la muestra la figura 67, los circuitos de control de electroválvulas serán piloteados por las salidas del PLC (A x, x). Los inicios y finales de carrera de los actuadores irán a las entradas del PLC (E x, x) como la muestra el esquemático eléctrico de la figura 68. Así los pasos de operación y su algoritmo serán previamente establecidos a través de un programa en la memoria del PLC, cada entrada y salida en el programa tendrá su propia marca en la programación como se encuentran las entradas y salidas de la lista de asignación Lx, x para entradas y Qx, x para las salidas, ver la figura 67.

El estado inicial y final de operación de los actuadores están íntimamente ligados con el estado de la válvula que pilotea su señal al estado del contacto o solenoide que indica si su lógica es normalmente cerrada o abierta según sea el caso, ver la figura 69.

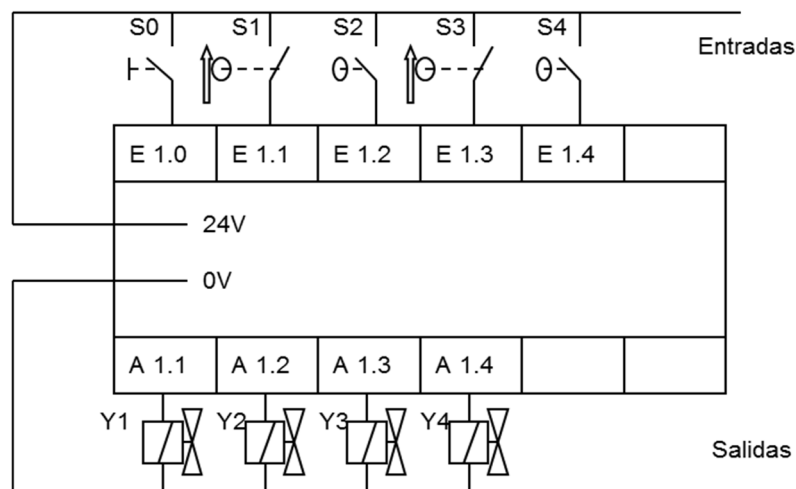


Figura 68. Esquemático eléctrico de conexiones al sistema de entradas y salidas del PLC

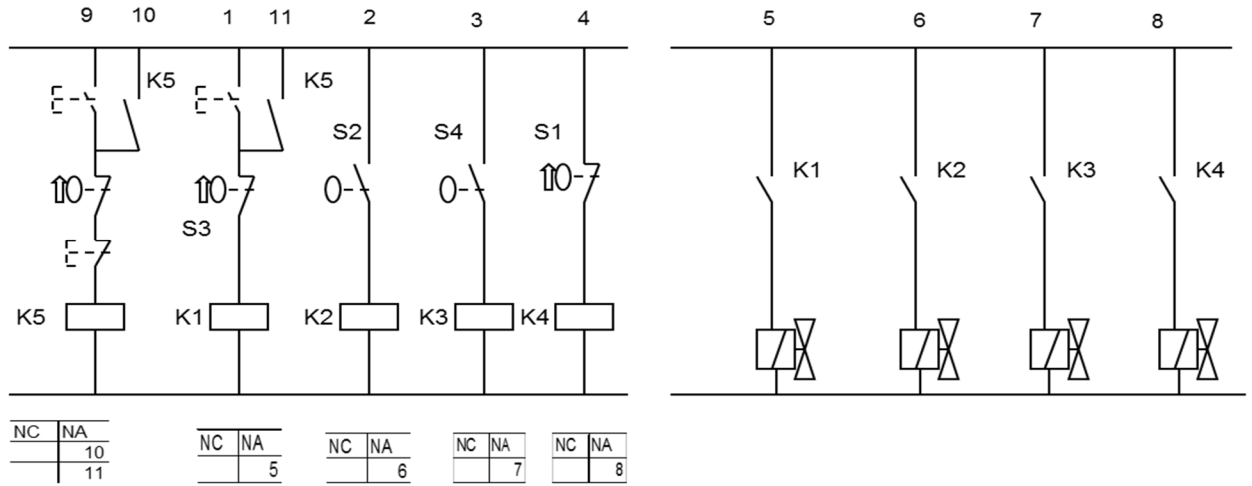


Figura 69. Estado inicial de los conmutadores y contactos del sistema en reposo

CONCLUSIONES

La tecnología neumática sigue siendo una de las más usadas debido a su costo relativamente bajo, pero su alcance está limitado en cuanto al tipo de aplicación, es decir, si se requiere controlar procesos donde se requiera que la respuesta sea de manera rápida en los actuadores neumáticos, estos están limitados como se puede ver en las tablas de estabilidad y en su tiempo de respuesta.

El uso de la neumática es inherente al grado de complejidad del proceso donde se requiere aplicar, dentro de los criterios de uso y aplicación de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 3, existe una guía que permite definir la viabilidad de su uso, dependiendo de los costes y el alcance que requiere su aplicación. Esta comparación expuesta es muy genérica, en caso de tener que tomar decisiones donde se requiera información más exacta y numérica para ubicar su alcance se sugiere revisar las especificaciones técnicas de los actuadores, así como de los dispositivos de mando en cuanto a la velocidad de respuesta, carga máxima, costo energético, volumen requerido del dispositivo ya que estas especificaciones se pueden encontrar en los manuales de los fabricantes.

En el módulo III denominado Diseño y programación de sistemas mecatrónicos y en el módulo IV de Robótica Industrial del diplomado de mecatrónica se hizo uso de los manuales de los equipos de la marca *Integrated System Technology*, los cuales son muy básicos, por lo que se presenta este manual para tener un alcance más amplio que le permita al usuario no solo hacer el uso de los equipos básicos sino que tienen un alcance de aplicación para cualquier equipo existente, no necesariamente de la misma marca.

Aplicar los principios básicos de diseño proporcionan una herramienta con un potencial más amplio para el diseño de sistemas mecatrónicos, donde se agrega un capítulo para ejercitar el diseño de sistemas neumáticos a través del análisis de

estados para una representación esquemática de órgano de mandos, posteriormente se propone una serie de ejercicios, mismos que se pueden simular con los equipos que existen en un laboratorio de neumática.

En el último ejercicio se propone un ejemplo de diseño totalmente automático con programación de un PLC, para proporcionar un ejemplo sin alto grado de complejidad que entienda la lógica de programación en escalera, facilidad en el algoritmo, secuencia de la solución del problema, bosquejo básico de las entradas y salidas de los mandos del piloto automático.

Para sistemas más complejos se recomienda conocimiento más amplio de programación, sobre todo los bucles de seguridad estandarizados para seguridad contra accidentes que puedan dañar la integridad de las personas.

BIBLIOGRAFIA

1. OGATA K.1988. INGENIERIA DE CONTROL MODERNA: PRENTICE HALL, TERCERA EDICIÓN, 1998.
2. MILLAN S.1995 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA: Alfa Omega Marcombo, S.A. Barcelona, España.
3. GUILLÉN SALVADOR A.1999.Introducción a la neumática: Alfa Omega Marcombo. S.A. Barcelona, España.
4. DEPPERT W / STOLL K. Dispositivos neumáticos: Alfa Omega Marcombo. ISBN 84-267-028-5. S.A. Barcelona España.
5. OLAF A. JOHNSON. 1975. FLUID POWER /PNEUMATICS: American Technical Society. Chicago 60637. First edition.
6. SOLÉ A C. 2007. Neumática e Hidráulica: Alfa Omega. Primera edición: México, julio.
7. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Neumática nivel Básico. Manual de trabajo TP-101/2000. Edición 09
8. Nourney, Vollmer & Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL, by Verlag Europa-Lhermittel.
9. Integrated Systems Technology Basic Pneumatics, Amatrol. B 834-BA
10. Integrated System Technology Intermediate Pneumatics Amatrol B835-BA

11. C Guyton A.1992. Tratado de Fisiología Medica. Interamerican. Mc Graw-Hill.
Octava edición. 423

Referencias:

Edad de los Metales. 2014.

Disponible ([https://es.wikipedia.org/wiki/Edad de los Metales](https://es.wikipedia.org/wiki/Edad_de_los_Metales). Consultado 22.06.2015).

Ktesibios

Disponible (<https://es.wikipedia.org/wiki/Ctesibio>. Consultado 22.06.2015).

John Smeaton

Disponible ([https://en.wikipedia.org/wiki/John Smeaton](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Smeaton). Consultado 22.06.2015).

John Wilkinson

Disponible ([https://en.wikipedia.org/wiki/John Wilkinson \(industrialist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Wilkinson_(industrialist)). Consultado 22.06.2015).

GLOSARIO

DIN: Instituto Alemán de Normalización

DIN 1343: Volumen estándar calculado bajo condiciones estándar, a una temperatura de 273.15 ° K (0 ° C /32°F).

DIN ISO 1219-2: Norma internacional que se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

DIN 19226-4: Control technology, terms and definitions of control systems.

DIN 24300: DIN 24300-4:1966-03, estándar para hidráulica y neumática, términos y símbolos.

Desodorización: Son los procesos que eliminan de una corriente gaseosa los compuestos que provocan los malos olores. A menudo se trata de mezclas de sustancias liberadas en procesos de descomposición anaeróbica.

Enrarecimiento: Disminución de la densidad de un gas.

Insuflar: Introducir en un órgano o en una cavidad un gas, un líquido o una sustancia pulverizada.

Golpe de ariete: Debido a que el fluido es ligeramente elástico En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula instalada en el extremo de una tubería con cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen y dilata ligeramente la tubería.

Insonoro: No produce o no transmite ruido

Línea isotérmica: Que mantiene la temperatura constante.

Mol: El mol (símbolo: mol) es la unidad con que se mide la cantidad de sustancia, esta cantidad es llamada número de Avogadro (N_A)³

Norma VDI 3260: Para diagramas de funciones de máquinas de trabajo e instalaciones.

Oleo: Palabra que tiene su origen en el latín de la palabra óleum, y se refiere al aceite

Reciprocante: Recíproco o de desplazamiento positivo.

Transformación adiabática: No se produce intercambio de calor del gas con el exterior $Q=$

VDI 3260: habla de diagramas de funcionamiento, quedando estos subdivididos en diagramas de recorridos o espacios y diagramas de estados o fases.

La espiración o exhalación es el fenómeno opuesto a la inspiración durante el cual el aire sale de los pulmones eliminando el dióxido de carbono.

Psicrométrico: Rama de la ciencia con la cual se estudian las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el entorno humano (<https://www.ecured.cu/Psicrometr>)

Referencias de figuras

Figura 1. [https://es.wikipedia.org/wiki/Edad de los Metales](https://es.wikipedia.org/wiki/Edad_de_los_Metales)

Figura 2. <http://www.catskillarchive.com/rrextra/mrcenis.Html>

Figura 3. <http://sistemcontrol.blogspot.mx>

Figura 4. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edición 09 pág. B-5.

Figura 5. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edición 09 pág. B-6.

Figura 6. B. Vega A. J, Teoría diseño y simulación de componentes y circuitos para la docencia interactiva.

Figura 7. [http://www.microautomacion.com/files/ Tecnicas de vacio en la manipulacion.pdf](http://www.microautomacion.com/files/Tecnicas_de_vacio_en_la_manipulacion.pdf).

Figura 8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fluidics>

Figura 9. Serrano Nicolás. Neumática práctica. Paraninfo SA. 1ª Edición 2009.221p.

Figura 10. http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Guia_aire_comprimido.pdf

Figura 11. http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Guia_aire_comprimido.pdf

Figura 12. B. Vega A. J, Teoría diseño y simulación de componentes y circuitos para la docencia interactiva.

Figura 13. Ogata K.1988. Ingeniería de control moderna: Prentice Hall, Tercera edición, 1998.239p.

Figura 14. Ogata K.1988. Ingeniería de control moderna: Prentice Hall, Tercera edición, 1998.239p.

Figura 15. B. Vega A. J, Teoría diseño y simulación de componentes y circuitos para la docencia interactiva

Figura 16. [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23 distribucin de aire comprimido.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23_distribucin_de_aire_comprimido.html)

Figura 17. [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23 distribucin de aire comprimido.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23_distribucin_de_aire_comprimido.html)

Figura 18. [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23 distribucin de aire comprimido.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1108/html/23_distribucin_de_aire_comprimido.html)

Figura 19. http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Guia_aire_comprimido.pdf

Figura 20. http://www.conuee.gob.mx/pdfs/pymes/Guia_aire_comprimido.pdf

Figura 21. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.22p.

Figura 22. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.23p.

Figura 23. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.33p.

Figura 24. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.34p.

Figura 25. D. Waller, H Werner.1997. Festo didactic D. Edición 09 pág. B-56.

Figura 26. Deppert W / Stoll K. Dispositivos neumáticos: Alfa omega marcombo, Barcelona España.96p.

Figura 27. Integrated System Technology. Basic pneumatics module Amatrol B834-BA.HW.

Figura 28. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.4p.

Figura 29. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.5p.

Figura 30. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.5p.

Figura 31. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.5p.

Figura 32. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.51p.

Figura 33. Integrated System Technology Basic Pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 4.51p.

Figura 34. Integrated System Technology Basic pneumatics module Amatrol B834-BA.HW.

Figura 35. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.20p.

Figura 36. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.20p.

Figura 37. Deppert W / Stoll K. Dispositivos neumáticos: Alfa omega marcombo, Barcelona España.97p.

Figura 38. Integrated System Technology. Basic pneumatics Amatrol B834-BA, Packet 2.42p.

Figura 39. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edición 09 pág. B104p.

Figura 40. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edición 09 pág. B105p.

Figura 41. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edición 09 pág. B105p.

Figura 42. Nourney, Vollmer & Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL.262p.

Figura 43. Nourney, Vollmer & Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL.267p.

Figura 44 .. Millan S.1995 Automatización neumática y electro-neumática: Alfa omega marcombo.39p.

Figura 45. . Millan S.1995 Automatización neumática y electro-neumática: Alfa omega marcombo.41p.

Figura 46. Diagrama tiempo-fase dispositivo cargador.

Figura 47. Diagrama desplazamiento-fase en función del tiempo.

Figura 48. Esquema de dispositivo cargador con dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 49. Diagrama desplazamiento-fase clasificador de piezas.

Figura 50. Esquema de clasificador de piezas metálicas estampadas con dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 51. Diagrama de desplazamiento, diagrama de función separador de paquetes.

Figura 52. Esquema del separador de paquetes con dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 53. Diagrama desplazamiento-fase y de funciones con líneas de señales de un distribuidor de ladrillos.

Figura 54. Esquema distribuidor vertical de ladrillos con dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 55. Diagrama desplazamiento fase con línea de señales, máquina de marcaje.

Figura 56. Condición AND y válvula de simultaneidad.

Figura 57. Esquema máquina de marcaje con dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 58. Diagrama desplazamiento-fase con las líneas de señales de alimentador dosificador.

Figura 59. Esquema de control de dos actuadores de un alimentador-dosificador y sus dispositivos neumáticos.

Figura 60. Diagrama desplazamiento fase con líneas de señales, de un sujetador de moldes.

Figura 61. Esquema de control del sujetador del molde con sus dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 62. Plano de situación de un sistema de elevación y posicionamiento.

Figura 63. Diagrama desplazamiento-fase con líneas de señales del sistema de elevación y posicionamiento.

Figura 64. Diagrama funcional interacción entre válvulas y cilindros sistema de elevación y posicionamiento.

Figura 65. Esquema de control circuito semiautomático sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con sus dispositivos neumáticos y actuadores.

Figura 66. Sistema de elevación y posicionamiento en zona de transportación con circuitos electro-neumáticos.

Figura 67. Diagrama de función y lista de asignación para la programación del PLC.

Figura 68. Esquemático eléctrico de conexiones al sistema de entradas y salidas del PLC.

Figura 69. Estado inicial de los Switch y contactos sistema en reposo.

Referencias de tablas

Tabla 1. <http://electroneumatica.blogspot.mx/2008/03/que-es-la-neumatica.html>.

Tabla 2. https://es.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_presi3n.

Tabla 3. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edici3n 09 p3g. B-96. Sol3 A C. 2007.Neum3tica e hidr3utica: Alfa omega, p3g. 14.

Tabla 4. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edici3n 09 p3g. B-97. Sol3 A C. 2007.Neum3tica e hidr3utica: Alfa omega, p3g. 14.

Tabla 5. D. Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edici3n 09 p3g. B-98

Tabla 6. Ogata K.1988. Ingenier3a de control moderna: Prentice Hall, Tercera edici3n, 1998. 238p. Sol3 A.C.2007 Neum3tica e hidr3utica: Alfa omega, p3g. 13.

Tabla 7. SMC Pneumatic, DIN ISO1219-1, 03/96. S3mbolos gr3ficos para equipos neum3ticos

Tabla 8. D.Waller, H Werner.1997. FESTO DIDACTIC D. Edici3n 09 p3g. 18. Olaf A. Johnson. 1975.

Fluid power / Pneumatics, American Technical society. P3g. 212.

Tabla 9. Deppert W/Stoll Dispositivos neum3ticos. Alfa omega marcombo, edici3n original, p3g.109.

Tabla 10. Olaf. Johnson. 1975.Fluid power / Pneumatics, American Technical society, p3g.205.

Tabla 11. Nourney, Vollmer& Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL, pag.250, 251,252, 260.

Tabla 12. Nourney, Vollmer& Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL, pag.250.

Tabla 13. Nourney, Vollmer& Co.1990. Tabellenbuch Metall. EUROPA LEHRMITTEL, pag.253.

Tabla 14. SMC Pneumatic, DIN ISO1219-1, 03/96. S3mbolos gr3ficos para equipos neum3ticos

Tabla 15. SMC Pneumatic, DIN ISO1219-1, 03/96. S3mbolos gr3ficos para equipos neum3ticos

Tabla 16. SMC Pneumatic, DIN ISO1219-1, 03/96. S3mbolos gr3ficos para equipos neum3ticos