

96



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE
EMPACADO DE PAÑALES"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

JAVIER ENRIQUE SANCHEZ CASTAÑEDA

ASESOR: ING JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA

2-81285

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 CENTRO DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD
 AUTÓNOMA
 DE MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Implementación de un sistema automatizado de empacado de pañales"

que presenta el pasante: Sánchez Castañeda Javier Enrique
 con número de cuenta: 6509752-6 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. a 27 de abril de 2000

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa	
VOCAL	Ing. Gloria Villanueva Aguilar	
SECRETARIO	Ing. Jorge de la Cruz Trejo	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Ramón Osorio Galicia	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Jesús García Lira	

AGRADECIDO

A Dios.

Por mantenerme vivo y con esperanza.

A Mi madre.

Porque sembraste en mí la semilla del afiento y la perseverancia. Porque nunca permitiste que los malos tiempos me dañaran. Porque me enseñaste y demostraste que, si se quiere, todo se puede.

A Mi padre.

Porque siempre me guiaste por el buen camino. Porque siempre has sido mi mejor amigo, mi mejor consejero, mi héroe. Porque siempre has cuidado de nosotros sobre todas las cosas. Por demostrarme que la vida es grandiosa.

Espero que podamos decir "Lo logramos" una vez más.

A Claudia.

Por llenar mi vida de dicha. Por tu comprensión. Por atreverte a seguir la aventura de la vida conmigo.

A Ivonne y Daniel.

Porque con sus comentarios me impulsan a ser mejor. Porque hemos tenido momentos insuperables juntos. Por todo su apoyo

Les digo "GRACIAS"
ENRIQUE

DEDICO...

€

Este presente trabajo a mis padres, Lydia y Javier, el cual he terminado gracias a su apoyo constante y tenaz, y con el cual conseguimos alcanzar una meta mas de las muchas que nos hemos forjado.

Este es el inicio de nuevas metas que se encuentran en el camino que ustedes iniciaron, y en el que afortunadamente ustedes han sido mis guías.

Este trabajo significa una etapa importante de nuestras vidas, y la conclusión del mismo muestra el buen fin de esta etapa. Es el término de una meta, y el inicio de otras más.

Por haberme legado el más grande de los tesoros, la mejor de las armas para continuar avanzando, les dedico de corazón el presente trabajo.

Enrique

INDICE**PARTE I CONTROLES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC)**

INTRODUCCION	I
DEFINICION	II
CAPITULO 1 HARDWARE	
1.1. SENSORES	1
1.2. MEMORIA DEL PROGRAMA	7
1.3. CPU	11
1.3.1. SISTEMA BINARIO	12
1.3.2. PALABRA	12
1.3.3. MEMORIA DE DATOS	14
1.3.4. UNIDAD LOGICA ARITMETICA (ALU)	17
1.3.5. UNIDAD DE CONTROL	17
1.3.6. SISTEMA DE BUS	18
1.3.7. TIEMPOS	21
1.3.7.1. TIEMPO DE INSTRUCCIÓN	21
1.3.7.2. TIEMPO DE CICLO	22
1.3.7.3. TIEMPO DE RESPUESTA	22
1.3.7.4. TIEMPO DE ACCESO	23
1.3.8. MODULOS DE ENTRADA Y SALIDA	23
1.3.9. DIRECCIONES DE ENTRADAS (INPUTS) Y SALIDAS (OUTPUTS)	27
1.4. EQUIPO PROGRAMADOR	28

CAPITULO 2 SOFTWARE

2.1. LENGUAJES DE PROGRAMACION	30
2.1.1. DIAGRAMA DE FUNCIONES	31
2.1.2. LISTADO DE INSTRUCCIONES	32
2.1.3. DIAGRAMA DE ESCALERA	34
2.1.3.1. CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	34
2.1.3.2. CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	35
2.1.3.3. BOBINAS	35
2.1.3.3.1. BOBINAS	36
2.1.3.3.2. TEMPORIZADORES (TIMERS)	36
2.1.3.3.3. CONTADOR	38

PARTE II NEUMATICA

INTRODUCCION	1
---------------------	----------

CAPITULO 3 PROPIEDADES DE LOS GASES

3.1. LEY DE BOYLE	40
3.2. LEY DE CHARLES-GAY LUSSAC	41
3.3. TRANSFORMACION ISOCORA	43
3.4. ECUACION GENERAL DE LOS GASES PERFECTOS	43
3.5. TRANSFORMACION ADIABATICA	44
3.6. PRINCIPIO DE PASCAL	45

CAPITULO 4 PRESION

4.1. PRESION ATMOSFERICA	47
4.2. PRESION MANOMETRICA	48
4.3. PRESION ABSOLUTA	51
4.4. MANOMETRO DE BOURDON	52

CAPITULO 5 FLUJO

5.1. PARAMETROS DE RESISTENCIA	54
5.2. CAUDAL	57
5.2.1. ECUACION DE BERNOULLI	57

CAPITULO 6 SISTEMA DE PRODUCCION DE AIRE

6.1. COMPRESOR	61
6.1.1. COMPRESORES ALTERNATIVOS	62
6.1.1.1. COMPRESORES DE EMBOLO DE UNA ETAPA	62
6.1.1.2. COMPRESORES DE EMBOLO DE DOS ETAPAS	63
6.1.1.3. COMPRESORES DE DIAFRAGMA	65
6.1.2. COMPRESORES ROTATIVOS	66
6.1.2.1. COMPRESOR ROTATIVO DE PALETA DESLIZABLE	66
6.1.2.2. COMPRESOR DE TORNILLO	67
6.1.3. CAPACIDAD NORMAL DEL COMPRESOR	68
6.1.3.1. RENDIMIENTO VOLUMETRICO	69
6.1.3.2. RENDIMIENTO TERMICO GLOBAL	69
6.1.4 ACCESORIOS DEL COMPRESOR	71
6.1.4.1. DEPOSITO DE AIRE COMPRIMIDO	71
6.1.4.2. FILTRO DE ENTRADA	73
6.1.4.3. DESHIDRATACION DEL AIRE	73
6.1.4.3.1. POST-ENFRIADOR	73
6.1.4.3.1.1. REFRIGERACION POR AIRE	74
6.1.4.3.1.2. REFRIGERACION POR AGUA	75
6.1.4.3.2. SECADORES DE AIRF	76
6.1.4.3.2.1. SECADO DE AIRE POR ABSORCION (SECADO COALESCENTE)	76
6.1.4.3.2.2. SECADO DE AIRE POR ADSORCION (DESECANTE)	78
6.1.4.4. FILTRO DE LINEA PRINCIPAL	79

CAPITULO 7 DISTRIBUCION DEL AIRE .

7.1. FINAL EN LINEA MUERTA	81
7.2. CONDUCTO PRINCIPAL EN ANILLO	82
7.3. LINEAS SECUNDARIAS	83
7.4. SELECCION DEL TAMAÑO DE LOS CONDUCTOS PRINCIPALES DE AIRE	84

**CAPITULO 8 SISTEMA DE UTILIZACION DEL AIRE
COMPRIMIDO**

8.1. UNIDAD DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	88
8.1.1. FILTRAJE	88
8.1.1.1. FILTRO STANDARD	88
8.1.1.2. FILTROS MICRONICOS	90
8.1.1.3. FILTROS SUB-MICRONICOS	91
8.1.2. REGULACION DE LA PRESION	92
8.1.2.1. REGULADOR STANDARD	92
8.1.2.2. REGULADOR PILOTADO INTERNAMENTE	94
8.1.2.3. FILTRO-REGULADOR	95
8.1.2.4. SELECCION DEL TAMAÑO DE UN REGULADOR; CARACTERISTICAS	95
8.1.3. LUBRICACION DEL AIRE COMPRIMIDO	96
8.1.3.1. LUBRICADORES PROPORCIONALES	96
8.1.3. UNIDADES DE FILTRO-REGULADOR-LUBRICADOR (F.R.L.)	99
8.2. ACTUADORES	100
8.2.1. CILINDROS LINEALES	100
8.2.1.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO	101
8.2.1.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO	102
8.2.1.3. COMPONENTES DE LOS CILINDROS	103
8.2.1.4. CALCULO DE FUERZA DE UN CILINDRO	104

INDICE

8.2.1.5. TIPOS DE SELLOS DEL EMBOLO	106
8.2.1.6. SELECCION DE LAS DIMENSIONES DEL CILINDRO	107
8.2.1.7. CAUDAL DE AIRE Y CONSUMO	108
8.2.1.8. CONTROL DE VELOCIDAD	110
8.2.1.8. MONTAJE DEL CILINDRO	111
8.2.2. CILINDROS ESPECIALES	112
8.3. VALVULAS	114
8.3.1. VALVULAS DE CIERRE	114
8.3.2. VALVULAS DE BLOQUEO	117
8.3.3. VALVULAS DE VIAS O DIRECCIONALES	120
8.3.3.1. TIPOS DE VALVULAS DIRECCIONALES	123
8.3.4. ACCIONAMIENTO DE LAS VALVULAS DIRECCIONALES	124
8.3.4.1. ACCIONAMIENTO MECANICO	125
8.3.4.2. ACCIONAMIENTO MANUAL	126
8.3.4.3. ACCIONAMIENTO POR PILOTAJE NEUMATICO	127
8.3.4.4. ACCIONAMIENTO ELECTRICO (POR SOLENOIDE)	128
8.4. SIMBOLOGIA	130

PARTE III. AUTOMATIZACION DEL EMPAQUETADO DE PAÑALES

INTRODUCCION	I
CAPITULO 9. RECEPCION DE PAÑALES	
9.1. CARACTERISTICAS DE ENTREGA DE PAÑALES	140
9.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	143
9.2.1. CONTENEDOR DE PAQUETES	143
9.2.2. ALIMENTADOR DE BOLSA	145
9.2.3. ABRIDOR DE BOLSA	146

INDICE

9.2.4. POSICIONADOR DE BOLSA	147
9.2.5 ALIMENTADOR DE PAQUETES A LA BOLSA	148
9.2.6. VISTA GENERAL DEL SISTEMA	149
9.3. CONTROL DEL SISTEMA	152
9.3.1. DIAGRAMAS NEUMATICOS	152
9.3.2. MODULO DE ENTRADAS	155
9.3.3. MODULO DE SALIDAS	157
9.3.4. PROGRAMA DE ESCALERA PARA EL PLC	159
9.3.4.1. REFERENCIA CRUZADA	170
9.3.5. CODIGOS DE PARTES.	176
CONCLUSIONES	177
BIBLIOGRAFIA	178

PARTE I. CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC)

INTRODUCCION

Debido al creciente aumento de la competencia y a las cada vez mayores exigencias del mercado, la industria y el comercio se ven en la necesidad de automatizar cada vez más los procesos y adaptarlos a los avances técnicos actuales.

Los objetivos de la automatización son los de llevar a cabo el proceso de la manera más continua posible, con menos personal y que sea lo suficientemente flexible para responder pronto a las nuevas o cambiantes demandas del mercado. Así mismo, proporcionar un sistema de monitoreo para contribuir a una operación más sencilla y reducir considerablemente el tiempo de mantenimiento y reparación.

Así, el avance en la tecnología a llevado adelante nuevos sistemas de control neumático, eléctrico y electrónico. Sin embargo, debido al rápido desarrollo de la microelectrónica se ha hecho posible adaptar un gran número de operaciones en espacios cada vez más reducidos, con lo cual se ha logrado la creación de microcomputadoras de control orientados a una tarea en particular. Con estos avances nace el Controlador Lógico Programable o PLC, por sus siglas en ingles, el cual a revolucionado la técnica de control.

Los PLC son hoy en día bastante comerciales y existen en el mercado una gran variedad de estos de distintas marcas y para un amplio rango de aplicaciones.

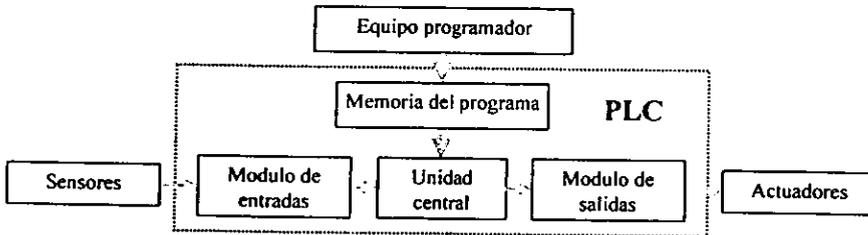
Así mismo, las diferentes compañías que desarrollan PLC cada vez vuelven a estos más versátiles con lo cual pueden procesar más y mejor diferentes tipos de señales, por medio de interfaces periféricas, y a su vez controlar procesos mayores y más complicados.

DEFINICION

Podemos definir un PLC como un sistema electrónico en el que todos los transmisores de señal necesarios y los elementos de control final para la operación del proceso que se va a controlar están conectados por medio de módulos de entrada (input) y salida (output), interrelacionados de acuerdo a un programa previo almacenado en la memoria del PLC, a propósito del control del proceso deseado, que se repite cíclicamente en intervalos cortos de tiempo.

Para poder llevar a cabo su trabajo, un PLC requiere de componentes periféricos externos que le auxilien en procesar las señales tanto de entrada como de salida y así “saber” qué esta ocurriendo en el proceso a cada instante.

Básicamente, podemos esquematizar los componentes de un sistema PLC de la siguiente manera:



Del esquema anterior, los módulos de salida, los módulos de entrada, la unidad central de procesamiento (CPU) y la memoria son parte del hardware propio del PLC, los sensores y actuadores conforman el hardware periférico.

Definiremos la estructura de un PLC de acuerdo a sus componentes de software, de hardware y de firmware.

CAPITULO 1. HARDWARE

El hardware en un sistema es la instalación técnica física completa que lo conforma, la cual se encarga de activar o desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada. En un PLC, esté también incluye el equipo periférico, como veremos a continuación.

1.1. SENSORES

Los sensores son dispositivos que nos permiten captar algún suceso físico, y lo transmiten en forma de alguna señal para su posterior procesamiento. Este tipo de señal puede ser neumático, hidráulico, mecánico, eléctrico, digital, o analógico.

Como ya se refirió anteriormente, los sensores integran parte del hardware periférico de un PLC. Debido a que los PLCs trabajan con electricidad, los sensores deben de convertir las señales no eléctricas en eléctricas para que sean interpretadas por el PLC. Además, puesto que el PLC procesa señales binarias de entrada (0 o 1) y las convierte en señales de salida, es necesario que los sensores entreguen el voltaje requerido dentro de un rango de acuerdo al voltaje que de entrada que acepte el modulo de entrada del PLC (12 V c.d., 24 V c.d., 115 V c.a., etc.), y a los requerimientos del control. A continuación explicaremos esto.

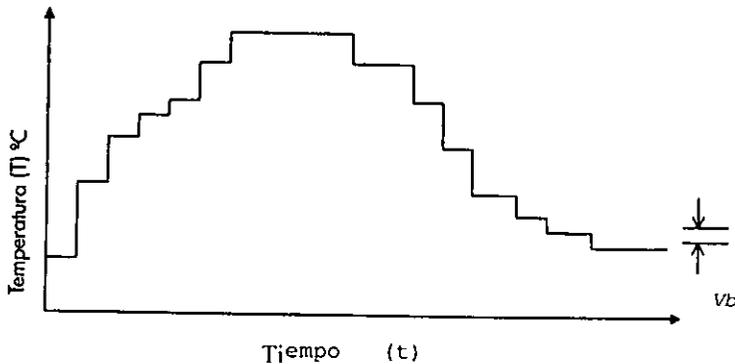
Las variables físicas muestran siempre señales analógicas en el tiempo, es decir, que recorren una infinidad de valores desde un punto origen a otro punto final que se requiera medir conforme va pasando el tiempo. Así, por ejemplo, al medir la temperatura en un horno con un termómetro de mercurio, este nos mostraría en cada momento el valor que adquiere la temperatura del horno conforme se va calentando o enfriando, estando restringido únicamente por la precisión del aparato. De esta manera, si graficáramos la señal de temperatura del horno desde que empieza a calentarse, que llegando cierta temperatura se le deje de suministrar calor y empiece a enfriarse, obtendríamos una curva similar a la siguiente:



min.

Como se puede apreciar, a cada valor en el tiempo le corresponde un determinado valor de la señal en magnitud de la temperatura a la que se encuentra el horno, y esto bien nos lo podría indicar un termómetro de mercurio, aunque con un cierto atraso dependiendo del tiempo de expansión del mercurio.

Cuando, por ejemplo, se sensa la señal cada determinado tiempo, se habla entonces de señales digitales. Las señales digitales corresponden un valor de señal a un rango del valor de la variable, por lo que podríamos decir que una señal digitalizada solo acepta una cantidad limitada de valores. Así, la señal anterior digitalizada bien podría tener la siguiente forma:



Como se puede ver, en esta gráfica, la señal digital no posee para cada momento determinado la correspondiente indicación, sino que la señal va variando en un rango de la correspondiente variación de la señal analógica de la variable física. Así, la precisión de la indicación depende de la unidad base determinada, ya que los valores posibles son siempre múltiplos de este valor base (V_b), de tal suerte que en los relojes digitales este V_b puede ser el minuto o el segundo, dependiendo de la precisión del reloj.

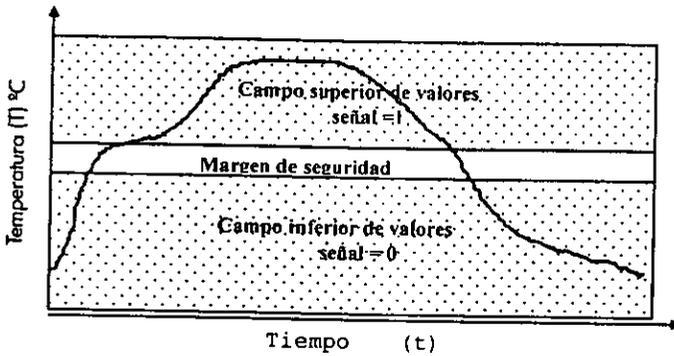
Como ya dijimos anteriormente, los PLC procesan señales binarias. Una señal binaria de una variable física solo puede tomar dos valores: 0 o 1. Es decir, ausencia de la señal o

presencia de esta. Esto se asemeja al trabajo que desempeña un conmutador. Veamos el siguiente esquema:



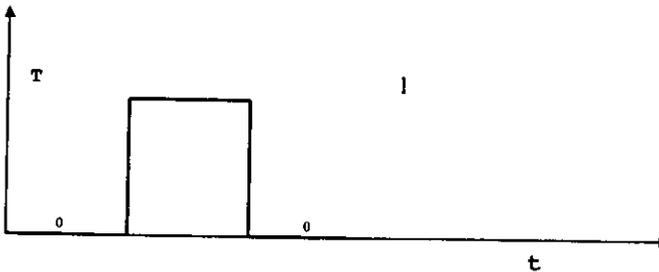
En tanto el contacto Sw permanezca abierto, el foco F permanecerá apagado, lo cual lo representamos con un 0, ya que se trata de una ausencia de voltaje. En el momento que cerremos el contacto Sw el foco F encenderá, siendo su representación en ese momento por un 1 debido a que hay presencia de voltaje. Como vemos, no se ha distinguido en el tipo de voltaje que se alimenta por L_1 (c. a. o c.d.) ni en la magnitud de este (5v, 12v, . 115v, 220v, etc.). Solo se ha mencionado que se trata de una señal eléctrica y de que si se encuentra presente en el punto deseado o no. El factor del tipo de voltaje y su magnitud depende del PLC que se este ocupando, y , más categóricamente, de los módulos de entrada con que cuenta éste. Así, de nuestro ejemplo del horno, supongamos que se desea saber cuando la temperatura sea mayor de 200°C por medio de un sensor binario de temperatura y una lampara indicadora, la cual estará encendida cuando la temperatura sea mayor que los 200°C y apagada cuando sea menor que 200°C ; puesto que no hemos dicho que pasará si la temperatura es igual a 200°C , y recordando que solo se puede adoptar el valor de 0 o 1, ¿La lampara permanecerá encendida o apagada?. Para discernir esta posibilidad, se debe de agregar siempre un margen de seguridad, con lo cual se verifica que siempre los valores correspondan inconfundiblemente al valor de la señal que se desea detectar. En nuestro ejemplo, este margen de seguridad bien podría ser de $\pm 10^{\circ}\text{C}$, con lo que cuando el horno estuviera a 210°C o más, se estaría en el campo superior de valores y el foco estaría encendido, y cuando estuviera a 190°C o menos estaríamos en el campo inferior de valores

y el foco se apagaría, con lo cual se cumpliría el objetivo. Esquemáticamente, nuestra gráfica de la señal podría ser como el de la figura que se muestra a continuación:



Como podemos ver, con un sistema binario no podemos saber el valor exacto de la variable física, sino simplemente sabemos si ya se cumplió la condición requerida o aun no.

En todo caso, el sensor nos estaría mostrando una gráfica de la señal como la siguiente:



En la cual el 0 nos representa la ausencia de voltaje debido a que aun no se cumple la condición de que la temperatura sea mayor de 200 °C, y el 1 nos refiere a que la condición ya se ha cumplido.

Para las señales de entrada del PLC, el margen de seguridad es un rango eléctrico en el que el PLC no cambia de condición hasta que se cumple que la señal corresponda al campo superior o al campo inferior de valores. Este rango varía de acuerdo al voltaje de trabajo del PLC. Así, para PLCs que trabajan con 12 Vc.d. en sus entradas, una señal de 0 a 4 Vc.d. la toma como 0 (ausencia de voltaje) y de 9 a 12 Vc.d. como 1 (presencia de voltaje), siendo el margen de seguridad de 5 Vc.d. Sin embargo, al desarrollar un sistema se debe de prever que los sensores trabajen lo más apegado posible a la señal requerida para adoptar un 0 o un 1 y evitar falsas indicaciones y problemas con el control.

Existen muy variados tipos de sensores, tanto por lo que se va a sensar como por como lo sensa, así podemos hablar de sensores de proximidad capacitivos, inductivos, switch de límite o de fin de carrera, fotosensores, sensores térmicos, switch de presión, contactores, etc.

Aunque no son sensores, también se deben de incluir los pulsadores, selectores, llaves, palancas y todos los elementos eléctricos que aporten una señal de entrada a el PLC para que las interprete y las procese. Esto debido a que los sensores son los que le indican al PLC el estado actual de sistema, por lo que podemos usarlos como inicio de ciclo, fin de ciclo, alarmas, condición del proceso, derivadores del proceso, etc.

Un factor muy importante, es el uso de los sensores apropiados de acuerdo a el proceso que se desee controlar y a la lógica de programación utilizada en el PLC. Esto debido a que el PLC efectúa el control conforme el programa que se le haya insertado y de acuerdo a los 0s y 1s que le presente el hardware periférico. Es decir, en el caso de que queramos que un sensor de proximidad inductivo nos entregue un 1 cuando detecte un material metálico, debemos de cerciorarnos de que se trate de un sensor normalmente abierto (N.A.), ya que si se utilizara uno normalmente cerrado (N.C.) este entregaría un 0 al PLC en el momento de detectar la presencia de un material magnético. Un error de esta índole puede causar serios daños en el proceso. Sin embargo, quizá nuestro interés sea el contrario; tan solo con una buena lógica de programación se puede utilizar el tipo de sensor que se requiera.

1.2. MEMORIA DEL PROGRAMA

En los PLC, las funciones que se desea desempeñe éste las determina el programa, el cual es almacenado en una secuencia continua en las celdillas de una memoria del programa por medio de un dispositivo de programación.

Las memorias de semiconductor, que actualmente se utilizan, son capaces de recibir información binaria (bits). El contenido de la memoria se puede modificar externamente. Cuando su contenido está ajustado en "1" ó "0" este proceso recibe el nombre de escritura, escritura interna o escritura externa. El reconocimiento de un valor almacenado en una memoria recibe el nombre de lectura interna o lectura externa.

La información del programa para los PLCs se encuentra compuesta de cadenas de bits, por lo general 8, 12, 16 o 32 bits, que se denominan palabras. Las memorias de los PLCs son, por lo tanto, memorias organizadas de palabras de leer-escribir, es decir, cada palabra de la memoria que comience con 0 tiene una dirección o número de localidad mediante el cual puede ser dirigida o ubicada y después escrita o leída en total. Esto se verá en detalle más adelante.

Existen dos tipos importantes de memoria: las memorias de solo lectura (ROM; Read Only Memory) y las memorias de lectura/escritura (RAM; Random Access Memory). Las memorias de solo lectura contienen datos que, una vez ingresados, ya no se pueden modificar. Las memorias ROM son memorias no volátiles que generalmente viene programada de fábrica y contiene información que es requerida constantemente por el PLC.

Dentro de las memorias de solo lectura no volátiles, tenemos también la memoria PROM (Programmable Read Only Memory). Esta memoria es una ROM programable, y generalmente aquí es donde se contiene el programa que el usuario implementa al PLC.

Según el método necesario para borrar las memorias, se pueden distinguir en EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), la cual permite que se borren varios ciclos y es particularmente adecuada como memoria de programación para los programas donde se necesitan números grandes para una gran serie de dispositivos en los que se utiliza el programa repetidas veces; existen también la memoria EEROM (Electrically Erasable Read Only Memory) y la EAROM (Electrically Alterable Read Only Memory). Las memorias EAROM son no volátiles y pueden borrarse línea por línea y volverse a escribir. El proceso de volver a escribir por lo general va precedido de un proceso de borrado. Por lo tanto, la EAROM se comporta de la misma manera que una RAM pero con la ventaja de que no es volátil. Sin embargo, las EAROM se pueden borrar y escribir solamente unas cuantas veces.

Además, el proceso de borrar y volver a escribir se lleva algo de tiempo, por esta razón sólo se utiliza dentro del PLC como memoria del usuario.

Las memorias RAM son memorias volátiles, es decir, que en caso de una falla de energía eléctrica pierden los datos contenidos en ellas, que se utilizan actualmente en la tecnología CMOS (Semiconductor de Oxido de Metal Complementario). Estas las podemos dividir como RAM estáticas o RAM dinámicas.

Las RAM estáticas tienen un flip-flop (etapa de circuitos de disparador biestable) por bit de la memoria que es llevado a un estado definido ("0" o "1") al escribir y el estatus lógico del cual puede ser leído.

Las RAM dinámicas almacenan su información por bit en una carga del condensador la cual se pierde en muy poco tiempo debido a fugas internas, así que debe de ser reingresada de manera repetida en una rápida secuencia de ciclos de recuperación. Lo anterior trae consigo un esfuerzo adicional de diseño en la forma de circuitos, pero esto lo compensa su gran escala de integración y su bajo consumo de energía, lo que en ocasiones las hace más adecuadas que una RAM estática.

Para evitar la pérdida de datos almacenados en las memorias RAM por falta de suministro de energía eléctrica, se le debe de implementar una batería de reserva para sustituir el suministro. Actualmente los fabricantes de PLCs prevén este problema y tienen una batería de reserva como accesorio opcional que se adapta óptimamente al PLC.

A continuación se presenta una tabla con los rasgos más importantes de los diferentes tipos de memorias:

TIPO DE MEMORIA		BORRADO	PROGRAMACION	ALMACENAMIENTO DE DATOS
RAM	Random Access Memory Memoria de acceso aleatorio memoria escritura/lectura	Eléctricamente	Eléctricamente	Volátil
ROM	Read Only Memory Memoria de sólo lectura memoria de datos fijos	Imposible	De fábrica	No volátil
PROM	Programable ROM Memoria fija programable		Eléctricamente	
EPROM	Erasable PROM Memoria fija borrable	Por luz UV		
RPROM	Preprogrammable ROM Memoria fija reprogramable			
EEROM	Electrically Erasable ROM Memoria fija borrable eléctricamente	Eléctricamente		
EAROM	Electrically Alterable ROM Memoria fija reprogramable eléctricamente			

El contenido de las memorias de semiconductor puede ser falsificado por defectos e incluso puede llegar a perderse. Por esto siempre se debe de protegerse contra la perdida de información con copias en medios no volátiles de tal manera que, en cualquier momento, o incluso años más adelante, puedan volverse a leer a la memoria del semiconductor sin dificultad alguna. Se debe de tomar en cuenta que la impresión de un programa sobre papel no es suficiente, aunque si necesaria, ya que tendría que ingresarse nuevamente a el PLC de forma manual y, ya que generalmente los programas son demasiados extensos, esto llevaría demasiado tiempo, seria muy tedioso y fácilmente se podrían cometer errores.

Actualmente la mayoría de los PLCs pueden utilizar como interface una computadora PC, gracias a lo cual se puede guardar fácilmente la información en discos magnéticos o incluso en el mismo disco duro de la PC; para una protección más segura es conveniente guardarlo en ambos dispositivos.

El PLC debe tener la capacidad de recibir rápidamente grandes cantidades de datos, almacenarlos seguramente durante un largo período y, si es necesario, debe ser posible leerlos con la máquina operando de nuevo rápidamente. En los casos individuales, las memorias de seguridad se pueden usar directamente en un PLC si por ejemplo durante varias secuencia de la máquina es posible cargar varios programas automáticamente, o si es necesario almacenar de manera intermedia los resultados de cálculo o de aritmética de un programa de la máquina que esté corriendo para una operación de rutina.

La longitud de la palabra, es decir, el número de bits necesarios para codificar un enunciado es determinada por el fabricante del controlador.

La capacidad de la memoria se encuentra especificada como el producto del número de palabras y las longitudes de las palabras. Por ejemplo, 512 X 16 bits. En un controlador como éste, el programador puede acceder 512 enunciados de control en cada 16 bits. Debido a la estructura de la dirección binaria de las memorias, la especificación de la capacidad se abrevia en k (kilos), la cual equivale a $2^{10} = 1024$ bits.

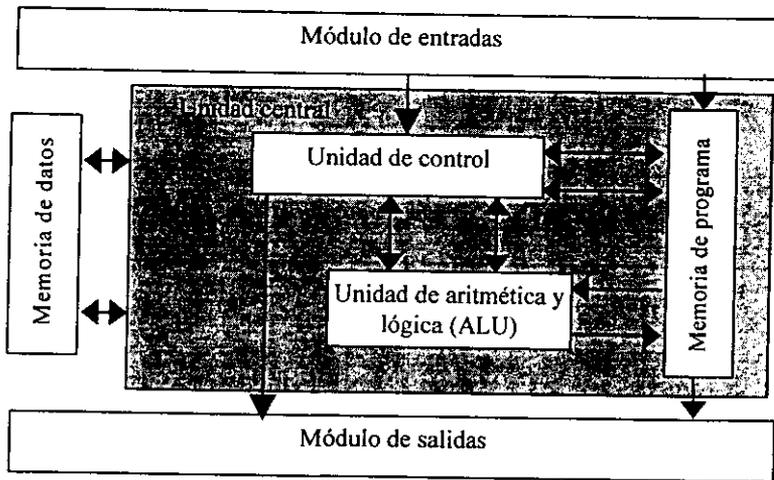
En las especificaciones del fabricante, por lo general, ocurre que, por ejemplo, sólo se determina la especificación 1k como la capacidad de la memoria del programa. Esta

especificación se refiere al número de palabras que pueden ser almacenadas y al número de enunciados de control a la vez; habría que especificar la longitud de la palabra que puede manejar la memoria en cuestión.

1.3. CPU

La Unidad de Control de Procesamiento, o CPU, es la que se encarga de llevar a cabo las conexiones lógicas de acuerdo con el programa que esta ejecutando.

A grandes rasgos podemos concebir el CPU de acuerdo al siguiente esquema:



Para poder comprender como trabaja el CPU, es necesario que se revisen primero algunos conceptos.

1.3.1. SISTEMA BINARIO

Como ya vimos en la sección de sensores, un sistema binario es aquel que opera con "0", sin señal, o con "1", con señal presente. Y toda la información, los datos y los enunciados siempre deben de ser representados como una combinación de estos estados de señal. Los PLCs, como todas las computadoras, solo pueden trabajar con sistemas binario, aunque de forma más compleja que en el manejo de señales como se vio anteriormente. Con frecuencia a la señal "1" también se le denomina como H (high) o alto, y a la señal "0" como L (low) o bajo. Cuando la información consta de un solo elemento, 0 ó 1, se le denomina bit (dígito binario).

1.3.2. PALABRA

En el sistema de una computadora, la información se manifiesta de varios dígitos, por ejemplo 00110101010100011.

Una unidad que consta de varios bits se conoce como palabra, la cual por norma DIN 44 300/8 se denomina así: Una secuencia de símbolos que en un contexto determinado se considera como una unidad. En el caso de una línea de separación, una palabra puede ser un símbolo sencillo.

Así, una palabra que este formada por 4 bits puede tener un máximo de 16 diferentes significados, una palabra de 8 bits puede tener 256 significados diferentes, y generalizando, una palabra formada por x número de bits puede tener 2^x significados diferentes.

De esta forma, las palabras en sistema binario contienen información estructurada, de tal manera que el control del PLC sea capaz de procesarla, decodificarla y llevarla a cabo. La palabra de instrucción consta de dos secciones: Parte de la operación y parte de la dirección.

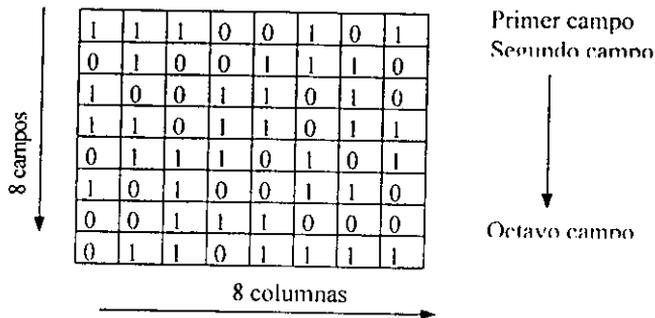
La parte de la operación contiene la información de lo que se debe de hacer, es decir, siempre designa el tipo de actividad que se debe de llevar a cabo en la Unidad Central de Procesamiento.

La parte de la dirección contiene información sobre con qué se debe de hacer, es decir, designa la unidad de función (entrada ó input, salida u output, bandera, sincronizador, etc.) con la que debe de ocurrir una operación.

En los programas de PLC se hace una distinción entre el llamado procesamiento de bits y la manipulación de palabras. El procesamiento de bits quiere decir que dichos programas sólo contienen las compuertas lógicas binarias del tipo AND, OR, NOT. Manipulación de palabras se refiere a que dichos programas calculan, comparan, desplazan los valores del contador o del tiempo, etc. Hay PLCs que únicamente conocen las instrucciones de procesamiento de bits, y otros que llevan a cabo tanto el procesamiento de bits como la manipulación de palabras, dependiendo del procesador utilizado.

1.3.3. MEMORIA DE DATOS

Los datos binarios que no se necesitaran en un momento dado del ciclo del programa hay que memorizarlos hasta que les llegue su turno de ejecución. Como ya dijimos, las instrucciones del programa están retenidas en las memorias de programa; también es preciso memorizar ciertos resultados internos del cómputo. Los programas y los datos permanentes, o sea los que no están sujetos a variaciones, están retenidos en la memoria de parámetros fijos. A una palabra que abarca toda una columna de una memoria se le llama campo de memoria, y al conjunto de varios campos se le llama bloque de memoria. En la siguiente figura se muestra un bloque de memoria compuesto por ocho campos de ocho posiciones, respectivamente:



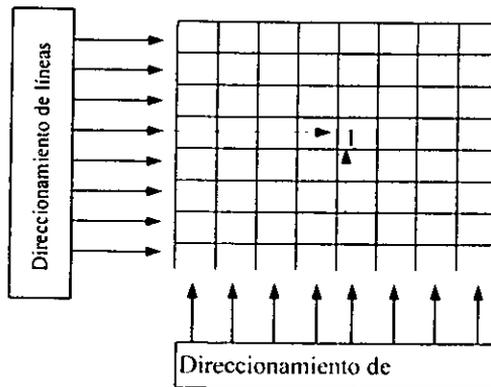
Cuando se activa el contenido de una posición con un 0 o un 1 se le denomina memorizar, escribir o grabar. Si lo que se requiere es consultar la información contenida en cierta posición de la memoria, se le denomina leer o recuperar.

Existen dos formas de escritura/lectura:

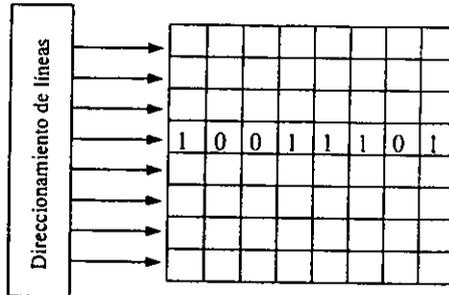
- Escritura/lectura organizada en bits, en la cual se tiene acceso a una posición, y
- Escritura/lectura en palabras, donde se tiene acceso al contenido de varias posiciones.

La organización interna de la memoria de programa es siempre por palabras, pues una instrucción consta de varios bits, cuyos contenidos es preciso consultar simultáneamente.

Para localizar una posición o un campo determinado se necesitan direcciones. En función de las estructuras antes señaladas se conocen dos tipos de direccionamientos, por bit o por palabras. En el primero es preciso marcar la línea y la posición requerida.



En el caso de direccionamiento por palabras, es suficiente con indicar la linea, ya que esta contiene la palabra con la información requerida.



Así, la información en el CPU es leída, procesada y llevada a cabo de acuerdo a la información que contenga la palabra accesada.

1.3.4. UNIDAD LOGICA ARITMETICA (ALU)

La unidad de control o mando descodifica alguna operación y, una vez satisfechas las condiciones, es ejecutada por la unidad de aritmética y lógica (ALU); aquí, los datos son enlazados lógicamente en función de las instrucciones del programa memorizado.

La unidad de aritmética y lógica puede ejecutar diversos tipos de cálculos y enlances como sumar, restar, negar, y algunas operaciones lógicas.

1.3.5. UNIDAD DE CONTROL

Esta sección se encarga de decodificar las expresiones numéricas de entrada (input) y salida(output) con las que se debe de llevar a cabo alguna operación. Las expresiones de entrada son recuperadas a través de los módulos de entradas, y los datos de salida son transferidos por los módulos de salidas.

Así, podemos resumir el proceso del CPU de la siguiente manera:

El programa de PLC es confeccionado con el equipo programador; con este se lo implanta también en el control. Así, pues, la unidad central (procesador) procesa las señales de entrada y las convierte en las correspondientes señales de salida. El programa se compone de una secuencia de instrucciones. La unidad central (CPU) procesa el programa por los siguientes pasos.

La memoria de programa contiene las instrucciones; la unidad central tiene acceso a la memoria de programa; la unidad de control o mando recupera los datos de entrada a través

de los módulos de entradas y transfiere dichos datos a la unidad de aritmética y lógica (ALU); aquí, los datos son enlazados lógicamente en función de las instrucciones de programa memorizado; con la unidad de control, los datos son transferidos al equipo controlable, pasando por los módulos de salidas.

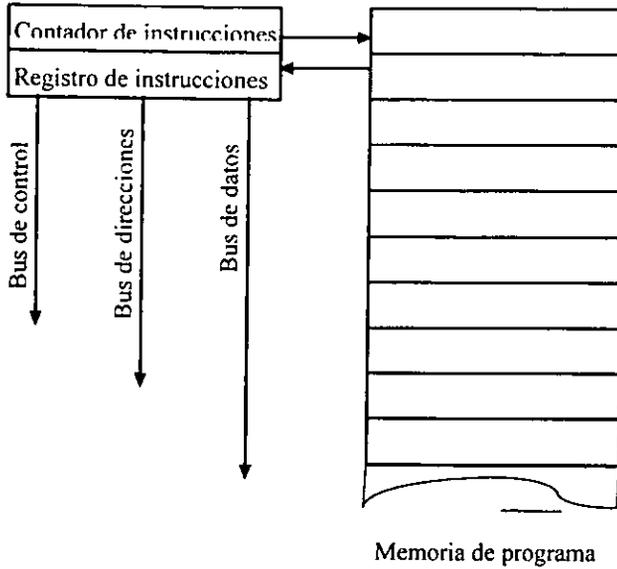
Una característica importante de la unidad central de control, es el método en serie de la operación. Este método en serie de operación es completamente opuesto a los sistemas de control de programación ligada; es decir, que todos los componentes pueden operar simultáneamente.

1.3.6. SISTEMA BUS

Ahora, para que el programa pueda ser ejecutado, todos los grupos, módulos y componentes, que configuran el PLC, tienen que comunicarse entre sí. La comunicación entre dos grupos se denomina bus. El bus, en realidad, es un sistema conector al que se encuentran enlazados varios grupos; sin embargo, el bus no permite la comunicación de todos los grupos al mismo tiempo; el bus establece la comunicación sólo entre dos de los grupos a la vez.

El contador de instrucciones recupera las instrucciones por su orden de inserción ascendente en la memoria del programa y la lleva a un registro de instrucciones; en el registro de instrucciones hay siempre sólo una instrucción ejecutable.

Esto se esquematiza en la figura de la siguiente pagina.

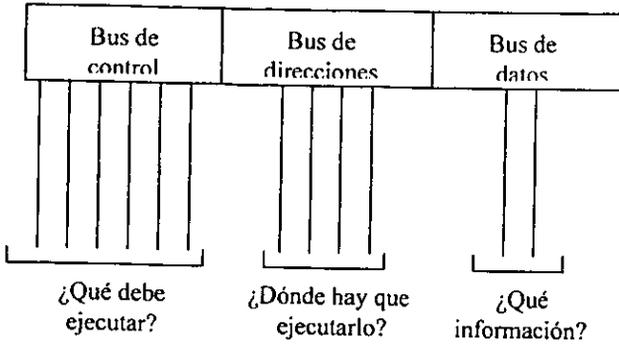


La cadena de dígitos se puede dividir en tres partes:

- señales de mando (qué ejecutar);
- direcciones (dónde ejecutar qué);
- datos (que información hay que dar).

El sistema bus distribuye la parte correspondiente de la cadena a los diferentes grupos del PLC. Cada parte de la cadena es transmitida por el bus correspondiente:

- bus de control;
- bus de direcciones;
- bus de datos.



Cuando el bus de dirección consiste de ocho dígitos binarios, existen $2^8 = 256$ distintas posibilidades de combinar los dígitos en una cadena, o sea que existen 256 posibles direcciones.

Si sólo hubiera un único grupo de líneas paralelas (bus), se habla entonces de la estructura de bus simple. Este tipo de bus se encarga de distribuir debidamente las señales de mando, las direcciones y los datos. Por consiguiente, se precisan señales distintivas para diferenciar lo que son direcciones, lo que son datos y lo que son señales de mando.

Actualmente se trabaja de preferencia con estructuras de bus múltiple; en este sistema hay un bus propio exclusivo para datos, otro exclusivo para direcciones y uno más únicamente para señales de mando.

1.3.7. TIEMPOS

Aunque los PLCs son sistemas que trabajan de manera muy rápida, en el caso de elaborar programas muy extensos y que los tiempos de ciclo de corrida del programa sea critico, es menester tomar en cuenta los siguientes retardos propios de los sistemas computacionales.

1.3.7.1. TIEMPO DE INSTRUCCION

El tiempo de instrucción se entiende como el tiempo que transcurre antes de que la unidad central de control vía el contador de direcciones haya leído una instrucción de la memoria del programa y lo haya procesado, y el contador de direcciones indica que la siguiente dirección del programa debe ser procesada. Este tiempo depende de la complejidad de la instrucción y de la velocidad de operación (frecuencia de reloj) del CPU, y no puede ser acortado más allá de los límites tecnológicos.

El tiempo de instrucción para una instrucción determinada varia considerablemente de PLC a PLC. Algunos PLCs tienen diferentes tiempos de instrucción para diferentes instrucciones mientras que otros PLCs tienen el mismo tiempo de instrucción para todas la instrucciones permitidas para esos PLCs; en este caso, el tiempo de instrucción total de un programa puede ser determinado simplemente multiplicando el número de instrucciones de que consta por el tiempo de instrucción.

1.3.7.2 TIEMPO DE CICLO

La suma total de los tiempos de todas las instrucciones procesadas durante una corrida del programa se llama tiempo de ciclo.

1.3.7.3. TIEMPO DE RESPUESTA

La suma total del tiempo de la transmisión de la señal en la entrada (input), de la señal de control y el tiempo de ciclo recibe el nombre de tiempo de respuesta; es decir, es el tiempo que transcurre hasta que la señal de salida (output) responde a la modificación de la señal de entrada (input). No depende simplemente de la duración de la ejecución de la instrucción (tiempo de instrucción) sino también del número de instrucciones que se llevan a cabo incluso antes del procesamiento de la modificación de la señal.

-La transmisión de la señal de entrada (input) es siempre la misma.

- El tiempo del ciclo de un ciclo completo también es siempre el mismo; sin embargo, un factor decisivo es saber en qué punto en el tiempo se reconoce la señal de entrada en el ciclo: el tiempo más corto resulta si la señal se reconoce inmediatamente antes de que la señal sea interrogada en el programa. Entonces, solamente la suma total de tiempos de instrucción que afecten inmediatamente a esta entrada necesitan ser incluidos en la transmisión de la señal de entrada, hasta que la salida responda. El tiempo más largo resulta si el ciclo ha sido interrogado justo antes de que la señal sea reconocida. Entonces, debe agregarse un tiempo completo del ciclo a la transmisión de la señal de entrada hasta que la salida responda.

En un sistema de control con procesos muy rápidos, como los procesos de posicionamiento, es posible que se requiera un tiempo de respuesta que sea más corto que el tiempo del ciclo (con programas muy extensos). En estos casos, una posibilidad para acortar el tiempo de respuesta es saltar las secciones del programa que no tengan que ser procesadas, y la interrogación múltiple de las señales críticas de tiempo por programa.

1.3.7.4. TIEMPO DE ACCESO

El tiempo de acceso es el tiempo que transcurre entre la determinación de la dirección de una posición de almacenamiento y la llegada del contenido de la memoria a su destino, como por ejemplo el CPU.

1.3.8. MODULOS DE ENTRADA Y DE SALIDA

Como ya dijimos, las señales que llegan al PLC las emiten los sensores; estas señales son convertidas en los módulos de entradas en señales binarias de 1 ó 0 y son transferidas a el CPU.

Las tarjetas de entrada (input) establecen la conexión y la combinación del procesamiento de señal interna del PLC a los elementos de señal externa.

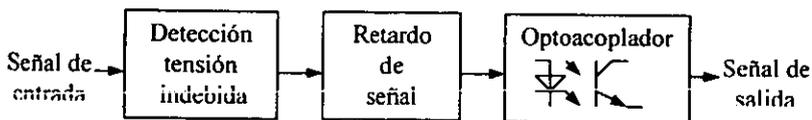
Las entradas, en su mayoría, se encuentran agrupadas en etapas de 2^n en una tarjeta enchufable.

Los módulos de entradas tienen que corresponder, necesariamente, a ciertos requerimientos en materia de seguridad:

- Protección contra destrucción de entradas por exceso o alimentación indebida de tensión;
- filtraje supresor de breves impulsos parasitarios;
- detección confiable y distribución de la señal de entrada (0 ó 1);
- representación visual del estado lógico de entrada;
- Adaptación del estatus de la señal en la entrada del PLC al nivel del CPU.

El cumplimiento de éstas u otras especificaciones, depende de las características de fabricación de los equipos.

El sistema detector de tensión indebida se encarga de que la tensión de entrada siempre esté dentro de los márgenes precisos correspondientes. Un optoacoplador aísla galvánicamente a la unidad central frente al circuito externo de corriente. Con esta disposición se impide que posibles parasitajes, que se produjeran en los cables eléctricos, como pueden ser diferencias en tensiones de tierra, causen desperfectos en el equipo de control. Los diodos luminosos incorporados en las entradas y salidas indican si hay señal 1 o señal 0 en la entrada o salida. Esto se ilustra a continuación.



Así, vemos que una señal binaria de entrada es procesada en dos fases:

- La señal llega al circuito externo de corriente y es amortiguada por retardo.
- La separación galvánica se produce por optoacoplador; un impulso pequeño de aproximadamente 5 volts es transferido a la unidad central.

Dependiendo de la marca del equipo, la primera fase puede ser la separación galvánica o el retardo de la señal.

El estado de las señales de entrada se indica mediante leds (diodo emisor de luz), los cuales tienen la ventaja de ser de larga vida.

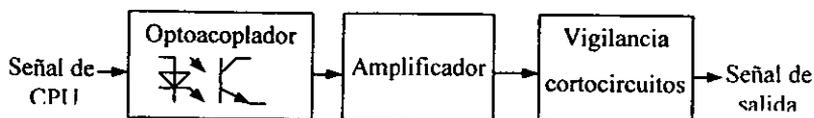
El procesamiento de un programa en un PLC es esencialmente la creación de las señales de salida (output) que tiene un efecto sobre los elementos finales de control en el proceso.

Las tarjetas de salida forman la conexión entre el resultado del procesamiento del programa del CPU y los elementos finales de control de la cadena de control. Los estados lógicos de las salidas se indican mediante leds. Cada salida tiene una dirección única en el sistema. El suministro de corriente puede ser directo, es decir, desde un circuito de alimentación por la red del controlador, o a partir de un circuito de alimentación por la red, dependiendo del fabricante del PLC, pudiéndose proporcionar ambas opciones. Los voltajes que se utilizan más a menudo son de 24 Vc.d. y 120 V c.a. Todas las tarjetas de salida tienen limitada su capacidad de carga, por lo que se debe de tomar en cuenta el consumo de corriente por salida para efectos de elaboración de sistemas. Si por razones técnicas relacionadas con el programa o las conexiones, no es posible evitar el exceso de la corriente total permisible de una tarjeta, entonces es necesario asegurarse que en el hardware periférico se proteja al PLC de esta sobrecorriente, utilizando un amplificador de corriente adecuado, como puede ser la bobina de un relevador.

Los módulos de salida poseen una estructura idéntica a la de los módulos de entradas, sólo que en secuencia inversa. El proceso de señales tiene lugar en las fases siguientes:

- La unidad central transfiere señal del circuito interno de corriente al optoacoplador.
- Esta señal es amplificada en el circuito externo de corriente.
- Las señales de salida en actuadores tienen que ser amplificadas una vez más a continuación, para poder disponer de corrientes de mayores intensidades.

Los actuadores conmutan por acción de contactores y relés.



Las salidas tienen que estar protegidas contra cortocircuitos. Los diodos luminosos (leds) en las entradas y salidas son alimentados por la tensión del circuito externo.

Los sistemas de fácil uso reconocen la caída del voltaje de una salida de 2 v como un error, apagan la salida y reportan el error en un indicador con el número de salida. De esta manera, la etapa no permanece inactiva debido a un exceso de corriente de corta duración, ya que se hace un intento por activar de nuevo la corriente de salida. Además, lo anterior permite la respuesta programable del control a un corto circuito.

1.3.9. DIRECCIONES DE ENTRADAS (INPUTS) Y SALIDAS (OUTPUTS)

Cada entrada (input) y salida (output) debe de tener una dirección única en el sistema, la cual la identifica y reconoce para su uso posterior. Existen tres métodos diferentes disponibles para la designación de direcciones:

- 1) El rango disponible de la dirección I/O (input /output) está dividido en un rango de dirección de entrada y un rango de expresión numérica de salida. Mediante la asignación adecuada de un número I/O en este rango, se puede observar claramente si se relaciona con una entrada o salida.

Por ejemplo, el PLC 150 de Allen-Bradley define las siguientes direcciones:

I - 10 y I01 - I10 son inputs.

O 11 - O 16 y O 111 - O 116 son outputs.

O 701- O 853 son bobinas de uso interno.

Por lo tanto, la dirección 4 solo puede significar una entrada, la dirección 114 solo puede implicar a una salida y la dirección 723 solo puede significar una bobina de uso interno. Estas bobinas de uso interno se manejan igual que los demás elementos, solo que estas no se exteriorizan, es decir, físicamente no se pueden percibir a no ser que se impliquen en alguna instrucción de un programa que exteriorice su condición por medio de una dirección correspondiente a una salida.

- 2) Un operando es el prefijo de la dirección particular I/O.

Por ejemplo:

I 1.1, I SENSOR se refieren a entradas.

O 2.4, O BOBINA se refieren a salidas.

B 3.5, B INTER bien se puede referir a un elemento interno.

3) El controlador cuenta con posiciones expandibles de la tarjeta. La tarjeta insertada en cada caso define si pertenece a entrada o salida. Por lo tanto, no es posible asegurar a partir de una dirección individual si está relacionada con una entrada o con una salida. Solamente el programa nos define la dirección particular como corresponda.

Con un PLC en el que se lleva a cabo la designación de entradas y salidas con un punto en el parámetro de operación (por ejemplo I 3.5 ó O 2.3), la operación es por lo general determinada por el procesamiento de bit o la manipulación de palabras de la siguiente manera:

El dígito enfrente del punto (es decir O 3) designa la palabra, esto es, la suma de todas las salidas de la palabra O 3; el dígito que sigue al punto (es decir O 3.3) designa un cierto bit dentro de la palabra. En este contexto, la longitud de la palabra difiere de PLC a PLC.

1.4. EQUIPO PROGRAMADOR

El equipo programador se utiliza para introducir y editar los programas, para traducirlos al código PLC, para implementarlos en el PLC y para comprobarlos.

Actualmente los diferentes PLC se pueden programar desde una computadora personal Pc común y corriente, solo basta incorporarle un software específico para los fines de control, el cual depende del PLC que se utilice.

Los sistemas de programación implementados en Pc ofrecen, casi siempre, varias alternativas de programación. El programador redacta el programa fuente gráficamente o bien en texto completo. El sistema de programación se encarga entonces de traducir el programa al código máquina; éste es el que interpreta el correspondiente PLC. Si la Pc respectiva está dotada de la interfaz correspondiente a la marca del control, los programas pueden ser pasados directamente a la memoria del PLC.

También se pueden programar los PLC con programadores de bolsillo (handman) propios para el correspondiente tipo de PLC con que se este trabajando. Estos programadores de bolsillo cuenta tan solo con un teclado limitado y un pequeño display donde se muestra lo que se esta haciendo. Su tamaño es relativamente pequeño lo que facilita su transporte y su manipulación. Por lo general estos programadores de bolsillo son específicos para un solo tipo o serie de PLC para cada marca de fabricantes, lo cual hace muy limitado su utilización. En lo que respecta a las PCs, por el contrario, se les puede incorporar tantos software como la capacidad de estas lo permita para programar diferentes PLCs sin ningún problema.

CAPITULO 2. SOFTWARE

El software de los sistemas computacionales y, por ende, de los PLCs se refiere a los diferentes lenguajes que soporta el sistema y a los programas que se elaboran con ellos para que el sistema realice las diferentes acciones que se desea de él.

A continuación veremos algunos aspectos del software de los PLCs.

2.1. LENGUAJES DE PROGRAMACION

De acuerdo a las normas DIN 19239 y VDI 2880, se tienen tres lenguajes de programación para la programación de los controles PLC:

- Cuadro de funciones o diagrama lógico.
- Diagrama de escalera.
- Lista de instrucciones.

Dependiendo del PLC en particular, los dispositivos de programación ofrecen uno o varios de estos lenguajes de programación para ingresar un programa.

En muchos casos, el proceso controlable se desarrolla en varios pasos consecutivos independientes. Así, pues, se habla de controles secuenciales.

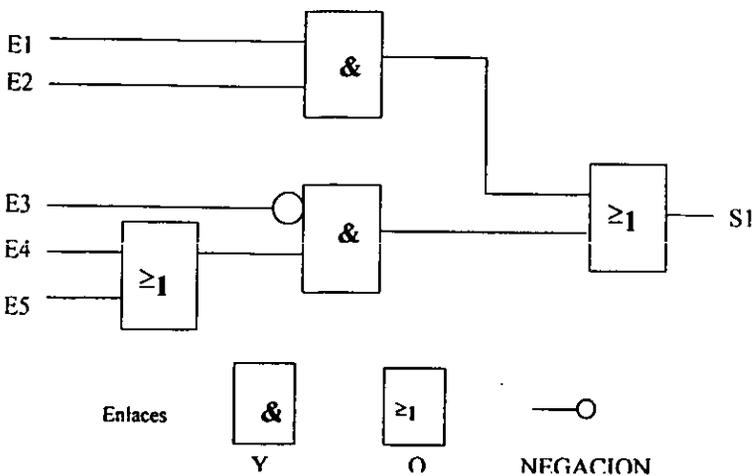
En estos sistemas, es preciso que primero se cumplan ciertas condiciones en un paso antes de que el equipo proceda al siguiente. Los estados de la instalación hay que consultarlos, es decir, controlarlos, para que quede garantizada la seguridad del ciclo productivo.

El programa secuencial es administrado por el contador de pasos. El programa funciona paso a paso. El avance de los pasos no tiene necesariamente que seguir los números de orden de los respectivos pasos. El programa permite saltos, bucles y bifurcaciones.

2.1.1. DIAGRAMA DE FUNCIONES

Para los programas secuenciales se puede utilizar muy bien el diagrama de funciones. El diagrama de funciones (FUP) puede utilizarse para pequeños programas de enlace así como para la representación de programas de ciclo. En su versión esquemática puede utilizarse como diagrama de flujo. Si para la programación de un sistema de control se dispone antes del diagrama de flujo, resulta muy fácil confeccionar con su ayuda el diagrama de funciones.

Los enlaces se representan con casillas rectangulares y un símbolo de función; el símbolo antepuesto a las entradas negadas es una circunferencia. La siguiente figura ilustra un diagrama de funciones clasico.



Cuando para la programación se tiene un diagrama de flujo de varios pasos, en el diagrama de funciones hay una casilla para cada paso. La casilla contiene el número de orden del paso (empezando por cero en la primera casilla) y un comentario textual cualquiera. La casilla de paso une a todas las entradas que le corresponden (también pueden ser combinaciones de entradas con los respectivos elementos ejecutivos -actuadores-). Cuando el PLC ha ejecutado un paso, es decir, cuando se cumple la condición de pasar al siguiente paso, automáticamente avanza el ciclo del programa.

2.1.2. LISTADO DE INSTRUCCIONES

El listado de instrucciones (AWL) no es una representación gráfica, o sea un diagrama como, por ejemplo, los diagramas de funciones y pasos. El listado de instrucciones describe literalmente el programa.

El listado de instrucciones consta de líneas y en cada una de éstas figura una instrucción individual. Cada línea puede llevar, a la derecha, un comentario textual en lenguaje normal en el que se especifiquen exactamente los elementos de conmutación. Cada línea del listado de instrucciones comienza por un número de orden. El conjunto de instrucciones engloba diversas instrucciones de operación y ejecución.

Las instrucciones son anotadas con abreviaturas. Así, por ejemplo, L (de load) indica el comienzo de una secuencia de instrucciones; los enlaces lógicos Y (and), O (or), y NO (negación) se abrevian por sus respectivas siglas Y, O, N (en algunos PLC de Festo, la Y se cambia por su respectiva sigla alemana U); igual, que se anota como "=", y así sucesivamente.

Un ejemplo de una serie de instrucciones puede ser el siguiente:

L		I1
A	N	I2
=		O6
L		I3
O		I4
=		O7

El listado de instrucciones, según la norma DIN, no indica pasos y, por consiguiente, necesita recordadores de paso para crear programas secuenciales. (También cuando se programa en diagrama de contactos es preciso dotarlo de recordadores de paso). Aunque también se conoce una forma de programación en listado de instrucciones que indica por orden cronológico los pasos del programa y las correspondientes instrucciones que contienen. Con este listado de instrucciones se pueden resolver problemas de control muy complejos.

Los recordadores en los lenguajes de programación de PLC son procesados como si, además de recordadores, fuesen también salidas. Esto permite activarlos, desactivarlos y consultar su estado, como si se tratara de auténticas salidas. Un recordador es una salida sin tarjeta de salida, es decir, no tiene interpretación física ya que carece de conexión entre la electrónica interna del PLC y los actuadores.

El álgebra booleana referente a las tareas de control y los diagramas de contactos se puede escribir en listado de instrucciones.

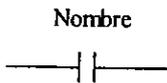
2.1.3. DIAGRAMA DE ESCALERA (LADDER)

El diagrama de contactos se parece mucho a una escalera (ladder en inglés), con dos líneas verticales, la de la izquierda puesta a una fuente de tensión y la de la derecha puesta a tierra. Entre esta paralelas se trazan perpendiculares también paralelas, cuya lectura es de izquierda a derecha, que son los circuitos de corriente o líneas de contactos.

El diagrama de escalera tiene dos operaciones de entrada designadas para operar con la entrada de bits de datos en el buffer de datos. Cada simple bit es asociado con entradas o salidas digitales, bits memorizados o recordadores, salidas de contadores, temporizadores o timers, registros o shift register.

A continuación se describen los elementos más comunes que pueden conformar un diagrama de escalera.

2.1.3.1. CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO

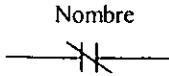


La operación del contacto normalmente abierto es leer el estado del bit especificado por el nombre y, dependiendo del valor del bit, generar una condición lógica verdadera o falsa.

Si el bit es ON (1), el sentido lógico de la operación es verdadera, con lo cual el contacto cambia de estado y “conduce”.

Si el bit es OFF (0), el sentido lógico de la operación es falsa, con lo cual el contacto se mantiene en reposo, es decir sin conducir.

2.1.3.2. CONTACTO NORMALMENTE CERRADO



El contacto normalmente cerrado opera leyendo el estado de la variable del bit especificado y, dependiendo del valor del bit, genera una condición lógica de verdadero o falso.

Si el bit es OFF (0), la señal lógica es verdadera, y el contacto conduce.

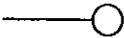
Si el bit es ON (1), el sentido lógico de la operación es falso, por lo que el contacto cambia de estado y deja de conducir.

Las dos operaciones arriba descritas pueden ser introducidas donde sea en el diagrama de escalera, excepto en la posición del último elemento (la posición más a la derecha desplegada), ya que esta posición está reservada para las operaciones de salida, es decir, para las bobinas. En el caso de el PLC de Allen-Bradley 450, esta posición reservada es la número 10 (columna número 10).

2.1.3.3. BOBINAS

El lenguaje lógico de escalera soporta cinco tipos de operación de salida o bobinas. Estas son: bobinas, 2 tipos diferentes de temporizadores (timers), contadores y shift register. A continuación veremos cada uno de estos.

2.1.3.3.1. BOBINA

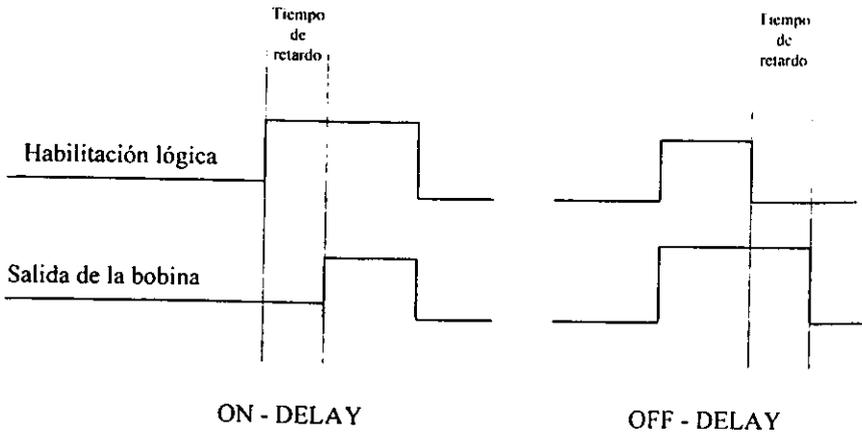
Nombre

 La operación de la bobina es mandar el estado del escalón al bit de la variable especificada. Si el escalón es lógico verdadero (on), un 1 es colocado en el bit especificado. Si el escalón es lógico falso (off), un cero es colocado en el bit específico.

Como ya se mencionó, esta operación debe de ser localizada en la ultima posición del escalón, la cual es reservada para operaciones de salida. Unicamente es permitido colocar una bobina por secuencia o escalón.

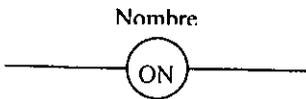
2.1.3.3.2. TEMPORIZADORES (TIMERS)

La mayoría de los PLC soportan dos tipos de temporizadores vía software: temporizador con retardo de encendido (timer on-delay) y temporizador con retardo de apagado (timer off-delay).

Veamos el diagrama de la siguiente pagina para poder explicar y diferenciar el temporizador con retardo de encendido y el temporizador con retardo de apagado.



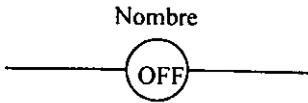
Como vemos en el diagrama, el temporizador on-delay provee una salida lógica verdadera mientras la entrada es verdadera y el intervalo de tiempo preestablecido ha terminado. Cuando la entrada es falsa, un contador interno es inicializado con el conteo preestablecido.



Mientras la entrada es verdadera, el contador elapsado es decrementado hacia 0 con intervalos de 0.1 segundos.

Mientras el contador de lapsos es cero y la entrada es verdadera, la salida también es verdadera.

El temporizador off-delay provee una salida lógica falsa mientras la entrada es falsa y el tiempo preestablecido a terminado.



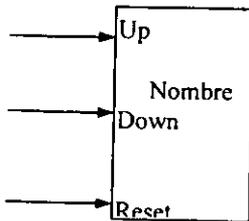
Mientras la entrada es verdadera, un contador elapsado es decrementado hacia 0 en intervalos de 0.1 segundos.

Mientras el contador elapsado es cero y la entrada es falsa, la salida también es falsa.

Cada temporizador consiste de habilitaciones lógicas en cualquier combinación de contactos, líneas y espacios.

En algunos PLC los temporizadores requieren dos parámetros adicionales: el nombre de la variable donde se guardara el tiempo preestablecido y el nombre de la variable donde se muestra el tiempo transcurrido.

2.1.3.3.3. CONTADOR



El contador vía software es un contador incremento-decremento capaz de contar sobre un rango determinado dependiendo del PLC. El contador consiste de un block de conteo y la lógica que dirige éste. El contador block contiene 3 entradas: up (incremento), down (decremento) y reset (reinicio).

El comando requiere del número deseado de conteo y la variable donde se quiere que se despliegue el conteo.

El contador provee una salida lógica verdadera mientras que el contador elapsado sea más grande o igual que el conteo preestablecido. En tanto una transición positiva (cambio de 0 a 1) es recibida en la entrada de up o down, el contador interno elapsado va incrementando o decrementado, dependiendo donde sea la entrada. Si una transición es recibida en ambas entradas durante el mismo escaneo, el contador no efectúa ningún cambio. Siempre que el conteo sea más grande o igual que el conteo preestablecido, la salida de la bobina será verdadera.

El contador puede cambiar en respuestas de un cambio a las entradas en un rango máximo dependiendo de el PLC de que se trate, sin hacer caso del valor preestablecido en caso de que sea mayor. Siempre que el valor de reset es 1, el contador elapsado será reseteado a cero. La entrada de reset tiene prioridad, por lo que anula todas las otras entradas.

Así, por ejemplo, un enlace lógico de entradas por “Y” se elabora conectando en serie los contactos implicados; para enlaces lógicos en “O”, se conectan los contactos en paralelo. En el diagrama lógico de escalera, la entrada negada es representada por un interruptor cerrado.

Cuando la tarea de la escalera lógica es iniciada, puesta en on, algunas acciones son tomadas durante la inicialización para asegurarse que reaccione consistentemente y se cumpla lo que se predijo. Estas acciones aseguran que el estado inicial de todas las variables de bobina volátiles deben ser falsas (off o “0”) y que ninguna transición sea detectada cuando se coloca la tarea en on.

Una transición puede ocurrir mientras la tarea está corriendo en orden al ser detectado. Esto incluye transiciones poderosas como una variable que a sido forzada. Por ejemplo, una variable es forzada a un particular estado mientras la tarea esta apagada, una transición puede no ser detectada cuando la tarea es puesta en marcha. Si, por otra parte, la variable fue forzada cuando la tarea estaba corriendo y el estado de forzado causa una transición, esta debe ser detectada por la tarea.

PARTE II NEUMÁTICA

INTRODUCCION

La neumática es el área de la mecánica que se encarga del estudio de la obtención y el uso del aire comprimido como energía para desarrollar un trabajo.

Este tipo de energía es muy utilizada en la industria debido a algunas de sus propiedades que son:

- Disponibilidad, ya que el aire libre se toma directamente de la atmósfera, y puede ser conducido hasta considerables distancias para su utilización.
- Facilidad de almacenamiento, debido a que no es corrosivo ni explosivo y se puede almacenar en grandes cantidades
- Simplicidad de diseño y control.
- Elección del movimiento, ya sea lineal vertical, horizontal o inclinado. oscilatorio o rotativo, con velocidades de funcionamiento fijas o continuamente variables.
- Economía, ya que el mantenimiento es poco costoso debido a que los componentes tienen larga duración con escasas averías.
- Fiabilidad debida justamente a la larga duración de los componentes del sistema.
- Resistencia al entorno.
- Limpieza del entorno, ya que se puede expulsar libremente a la atmósfera sin requerir algún tratamiento adicional.
- Seguridad ya que no es tóxico, ni explosivo ni corrosivo, además de que los actuadores neumáticos no producen calor, o es despreciable.

De tal suerte, los sistemas neumáticos tiene aplicaciones tan variadas como accionamiento de válvulas de sistema para aire, agua o productos químicos., accionamiento de puertas pesadas o calientes, apisonamiento en la colocación del hormigón, elevación y movimiento en maquinas de moldeo, pintura por pulverización, sujeción y movimiento para maquinado de piezas, robots neumáticos, maquinas herramientas como taladros, destomilladores, esmeriladores, tornos de dentista, extracción del aire y elevación o sujeción de piezas, entre otras muchas más.

Antes de entrar a la obtención y tratamiento del aire para su aplicación, es menester que rememoremos algunas propiedades de los gases y, por ende, del aire.

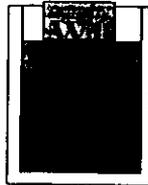
CAPITULO 3. PROPIEDADES DE LOS GASES

3.1. LEY DE BOYLE

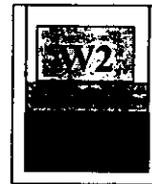
Para enunciar la ley de Boyle, tomemos un recipiente que contenga algún gas a una presión determinada, de tal suerte que al colocarle una tapa deslizable hacia el interior del recipiente y que selle herméticamente con las paredes de este para evitar fugas, tenemos una condición inicial con una presión P_1 y un volumen V_1 . Ahora, si aplicamos una fuerza sobre la tapa dada por el peso W de algún objeto, vemos que la tapa se desliza hacia abajo debido a la presión que ejerce el peso del objeto sobre la tapa, a la vez de que el volumen que ocupa el gas disminuye y su presión aumenta.



$$P_1V_1$$



$$P_2V_2$$



$$P_3V_3$$

Así, la ley de Boyle nos dice que, llevando a cabo el procedimiento siempre a temperatura constante, la presión de una masa dada de gas es inversamente proporcional a su volumen, y se expresa de la siguiente manera:

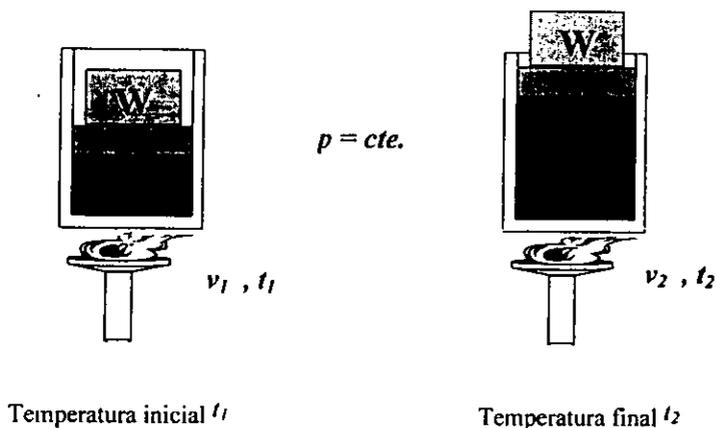
$$p_1 \times v_1 = p_2 \times v_2 = p_3 \times v_3 \quad a \text{ temp.} = cte.$$

ó

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot v_1}{v_2} \quad \text{y, en general:} \quad p_n = \frac{p_1 \cdot v_1}{v_n}$$

3.2. LEY DE CHARLES-GAY LUSSAC

Para referir esta ley, tomemos nuevamente el recipiente con tapa y con las condiciones anteriores, pero ahora mantengamos un peso W constante sobre la tapa, con lo cual garantizamos una presión cte., a la vez de que ponemos el recipiente al fuego de modo de que aumente su temperatura.



Así, enunciamos la ley como sigue: A presión constante, una masa de gas dada aumenta su volumen a razón de 1/273 de su volumen inicial por cada grado Celcius de aumento de temperatura. Y, manejando temperaturas absolutas, decimos que, a presión constante, el volumen de un gas aumenta en proporción de la temperatura, lo cual podemos expresar como sigue:

$$\frac{V}{T} = cte. \quad \text{ó} \quad \frac{V_I}{T_I} = \frac{V_n}{T_n} \quad \text{ó} \quad \frac{V_I}{V_n} = \frac{T_I}{T_n} \quad P = cte.$$

Quizás sea necesario recordar que en la escala de temperatura que se utiliza convencionalmente son los grados Celcius o Centígrados (Fahrenheit en sistema inglés), y que denotamos generalmente como t , el cero no corresponde a una temperatura de cero absoluto, el cual se encuentra a -273°C (-460°F), motivo por el cual se adopta otra escala de temperatura de nombre Kelvin (Rankin en el sistema inglés) en la cual el cero corresponde al cero absoluto, y la denominamos temperatura absoluta, denotada por T . La escala es la misma, solo que defasada 273° a la izquierda de la escala en grados Centígrados (460° Fahrenheit). Por ejemplo:

$$-273^{\circ} \text{C} = 0^{\circ} \text{K}$$

$$100^{\circ} \text{C} = 173^{\circ} \text{K}$$

$$-460^{\circ} \text{F} = 0^{\circ} \text{R}$$

$$210^{\circ} \text{F} = 670^{\circ} \text{R}$$

3.3. TRANSFORMACION ISOCORA

Esta transformación se deduce de las leyes anteriores, y menciona que, con un volumen constante, la presión varía en forma proporcional a la temperatura, usando temperaturas absolutas. Esto se denota de la siguiente manera:

$$\frac{p_1}{p_n} = \frac{T_1}{T_n} \quad \text{ó} \quad p_n = p_1 \frac{T_1}{T_n} \quad P = cte.$$

3.4. ECUACION GENERAL DE LOS GASES PERFECTOS

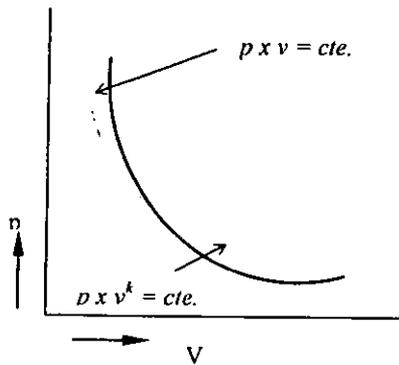
Todas las relaciones anteriores se pueden combinar para proporcionar la "ecuación general de los gases perfectos", denotada como sigue:

$$\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V_2}{T_2} = cte.$$

Esta ecuación nos proporciona una de las bases teóricas principales para el cálculo cuando se quiere diseñar o elegir un equipo neumático y sea necesario tener en cuenta los cambios de temperatura.

3.5. TRANSFORMACIÓN ADIABÁTICA

Las leyes anteriores se referían siempre a cambios lentos, con solamente dos variables al mismo tiempo. En la práctica, por ejemplo, cuando el aire entra a un cilindro, no tiene lugar un cambio de estas características, sino un cambio adiabático. Así, la ley de Boyle que referimos como $p \times v = cte.$ cambia a $p \times v^k = cte.$

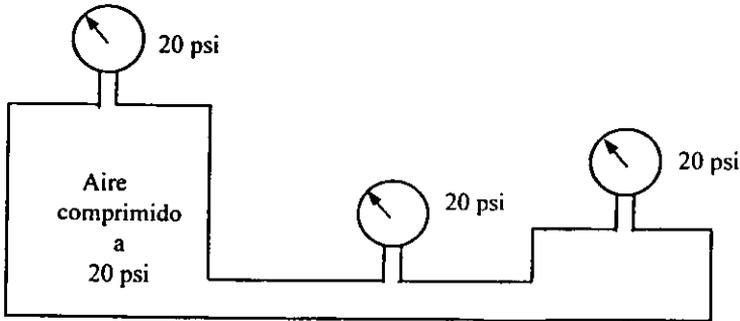


El diagrama anterior ilustra la diferencia a que hacemos mención. Vemos que tenemos una pérdida de volumen cuando la presión aumenta rápidamente.

3.6. PRINCIPIO DE PASCAL

El principio de Pascal nos dice que la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente a través de todo el fluido y actúa con fuerza igual y en áreas iguales.

Así, como se presenta en la siguiente figura, en un sistema cerrado que inicialmente estuviera a una presión dada (en este caso 20 psi), y no hubiera movimiento de fluido (en este caso aire comprimido) ni fugas en el sistema, la presión será la misma en cualquier punto, como lo muestran los manómetros colocados en los diferentes puntos del sistema.



Así mismo, el principio de Pascal lleva a la siguiente relación, que es el principio de operación de los sistemas neumáticos y hidráulicos:

$$P = F/A$$

donde: P= presión

F= fuerza

A= área

a temperatura y volumen constante.

Esta notación nos lleva a la definición de presión: es la cantidad de fuerza por unidad de área que le aplicamos a un objeto para que nos proporcione un trabajo.

CAPITULO 4. PRESION

De acuerdo al principio de Pascal, las unidades de la presión son de fuerza entre área. Se define un Pascal como:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nw/m}^2 \text{ (Newton por metro cuadrado)}$$

Sin embargo, esta unidad es extremadamente pequeña, por lo que se simplifican las operaciones de acuerdo a la siguiente relación:

$$100,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$$

También es ordinario utilizar las unidades de kilogramo fuerza sobre centímetro cuadrado.

En el sistema ingles se utiliza comúnmente las libras fuerza sobre pulgada cuadrada, o más conocida como psi por sus siglas en ingles (pounds square inches).

Otra forma muy común de representar a la presión es en columna de algún fluido debido a la siguiente relación hidrostática:

$$p = p_a + \rho gh$$

donde: p = presión

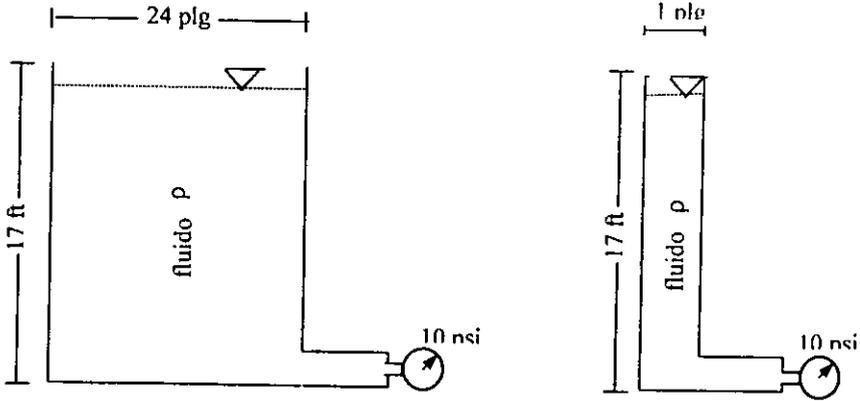
p_a = presión atmosférica

ρ = densidad del fluido

g = gravedad

h = altura del fluido

Como se ve de acuerdo a la expresión anterior, no importa el volumen que ocupe el fluido, sino únicamente la altura que alcance este, es decir, la columna, y el tipo de fluido dado por su densidad. Esto se puede visualizar en la figura de la siguiente pagina.

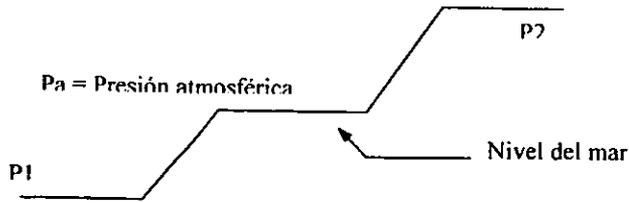


Fluido en recipientes con diferentes areas pero mismo nivel

Los fluidos más comunes para medir presión son el agua, por ser unitaria su densidad, y el mercurio. Así, se habla de metros columna de agua (m.c.a.) o centímetros de mercurio (cm. de hg) o pulgadas de mercurio (plg. de hg ó " hg).

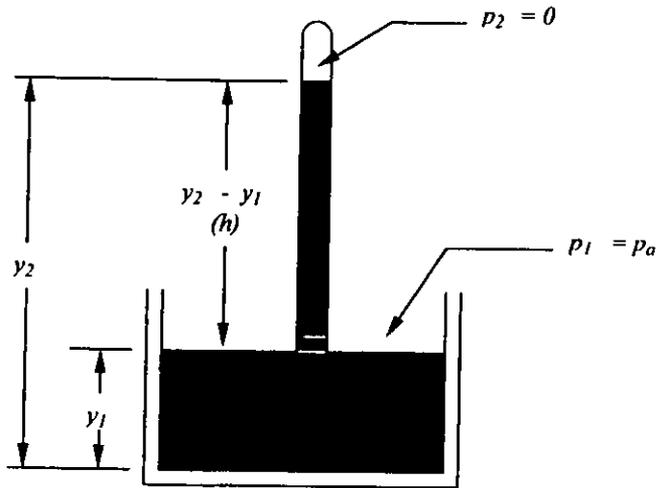
4.1. PRESION ATMOSFERICA

Como también el aire es un fluido, y este se encuentra en la atmósfera, también ejerce una presión. Esta presión se denomina presión atmosférica y varia de acuerdo a la altitud del terreno en donde se mide. Así, a nivel del mar se tiene una atmósfera (1 atm.) que equivale a la presión que ejerce el peso de una columna de mercurio de 76 cm. de alto en 1 cm², y esta va decrementando conforme se eleva el terreno e incrementado en lugares más bajos que el nivel del mar.



De acuerdo a la alturas geográficas respecto al nivel del mar: $P1 > Pa > P2$

Los aparatos que miden la presión atmosférica se llaman barómetros. En la siguiente figura se muestra un barómetro de mercurio (barómetro de Torricelli):



Barometro de Torricelli

El espacio situado por encima de la columna de mercurio sólo contiene vapor de mercurio cuya presión, a la temperatura ambiente, es tan pequeña que puede despreciarse. Es fácil comprobar que :

$$p_a = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

4.2. PRESION MANOMETRICA

Los aparatos que miden la presión con respecto a la presión atmosférica son los manómetros. Un buen ejemplo de un manómetro es el tipo "U", que consiste en un tubo justamente en forma de "U" el cual contiene un liquido de densidad conocida, generalmente agua o mercurio. Con ayuda de una escala graduada se puede identificar la presión correspondiente. Cuando ambas puntas del manómetro se encuentran destapadas, la única presión existente es la atmosférica, la cual actúa en ambos lados de acuerdo a la relación de presión hidrostática, junto con el fluido en cuestión. Así, si tomamos el punto *s* como el punto al fondo del manómetro, tendríamos:

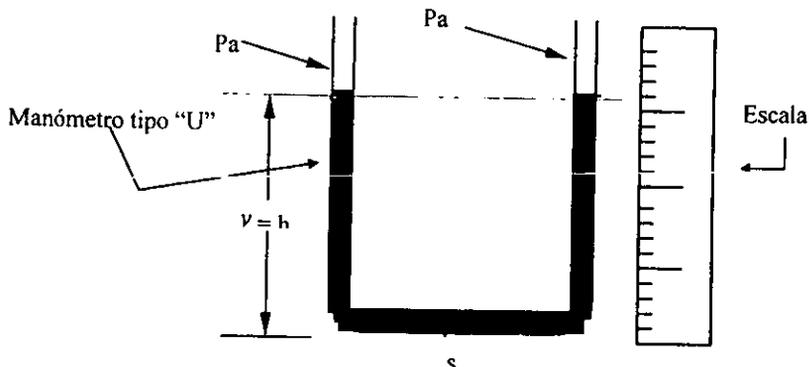
Lado izquierdo :

$$p_s = p_a + \rho gh$$

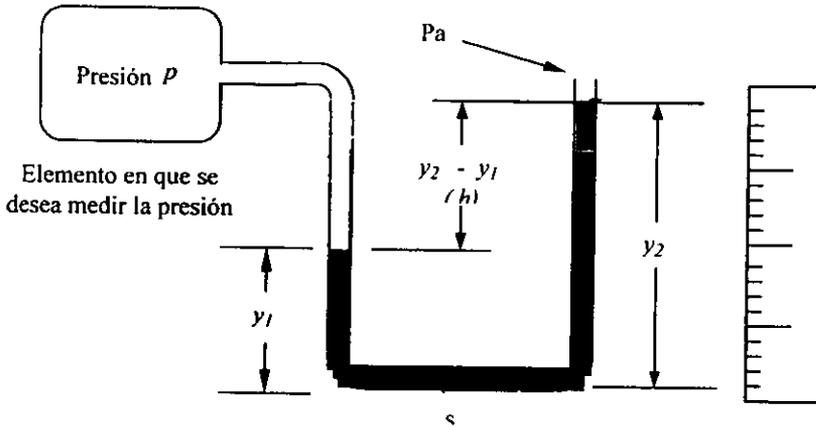
Lado derecho:

$$p_s = p_a + \rho gh$$

Como vemos, las relaciones del lado izquierdo y la del lado derecho son las mismas. Ya que en ambos tenemos presente la presión atmosférica, que es la misma, el liquido es el mismo por lo que la densidad no varía y la gravedad es común, por lo tanto la altura en ambas piernas del manómetro es la misma cuando están abiertas a la atmósfera, es decir, que tienen la misma presión.



Ahora, cuando se conecta un extremo del manómetro "U" a la presión P que se desea medir, mientras que el otro extremo está en comunicación con la atmósfera, se observaría algo como en la siguiente figura:



Analizando las presiones que se presentan en ambos lados del punto s tenemos:

Lado izquierdo:

$$p_s = p + \rho g y_1$$

Lado derecho:

$$p_s = p_a + \rho g y_2$$

Igualando ambas expresiones ya que $p_s = p_s$, tenemos:

$$p + \rho g y_1 = p_a + \rho g y_2$$

y

$$p - p_a = \rho g (y_2 - y_1)$$

Si definimos $p - p_a = p_{man}$ y como $y_2 - y_1 = h$, la expresión finalmente nos queda de la siguiente manera:

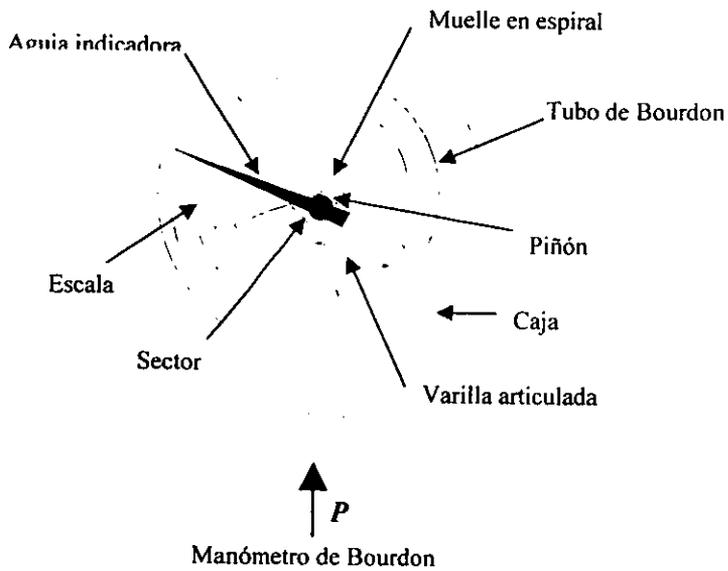
$$p_{man} = \rho g h$$

Como se observa, la presión absoluta se mide a partir del cero absoluto, al igual que la presión atmosférica, que también se denomina presión barométrica; la presión manométrica se mide a partir de la presión atmosférica, al igual que la denominada “presión de vacío”, que no es otra cosa sino una presión por debajo de la presión atmosférica reinante en el lugar de la medición. Esta presión de vacío generalmente se mide en unidades de pulgadas de mercurio (“ Hg.).

4.4. MANOMETRO DE BOURDON

Otro manómetro muy utilizado para medir la presión manométrica, es el manómetro de Bourdon, que resulta mucho más cómodo de utilizar que el manómetro tipo “U”. El manómetro de Bourdon consiste en un tubo aplastado, generalmente de latón, cerrado por un extremo y doblado en forma circular. El extremo cerrado del tubo está unido por medio de un piñón y una cremallera a una aguja que se mueve sobre una escala. El extremo abierto se halla conectado al aparato dentro del cual se quiere medir la presión. Cuando se ejerce presión dentro del tubo aplastado, se endereza ligeramente, como se estira una manguera de goma, doblada, cuando se hace entrar agua en su interior. El movimiento resultante del extremo cerrado del tubo se transmite a la aguja indicadora.

En la figura de la siguiente página se ilustra un manómetro de Bourdon con sus partes esquematizadas.



Como hemos visto, existen diferentes unidades para la representación de la presión. La siguiente tabla nos muestra algunas de estas y su relación entre ellas.

	atm	kg/cm ²	psi	mm Hg	Bar	Pa	mca
atm	1		0.0680				
kg/cm ²		1	0.0703	0.0013 5	1.0193 6		.10
psi	14.7	14.22	1				
mm Hg		736		1			
Bar		.981	14.5		1	1 x 10 ⁵	
Pa					1 x 10 ⁻⁵	1	
mca		10					1

En el contexto de los accesorios neumáticos, la presión se toma como presión relativa, es decir, como presión manométrica.

CAPITULO 5. FLUJO

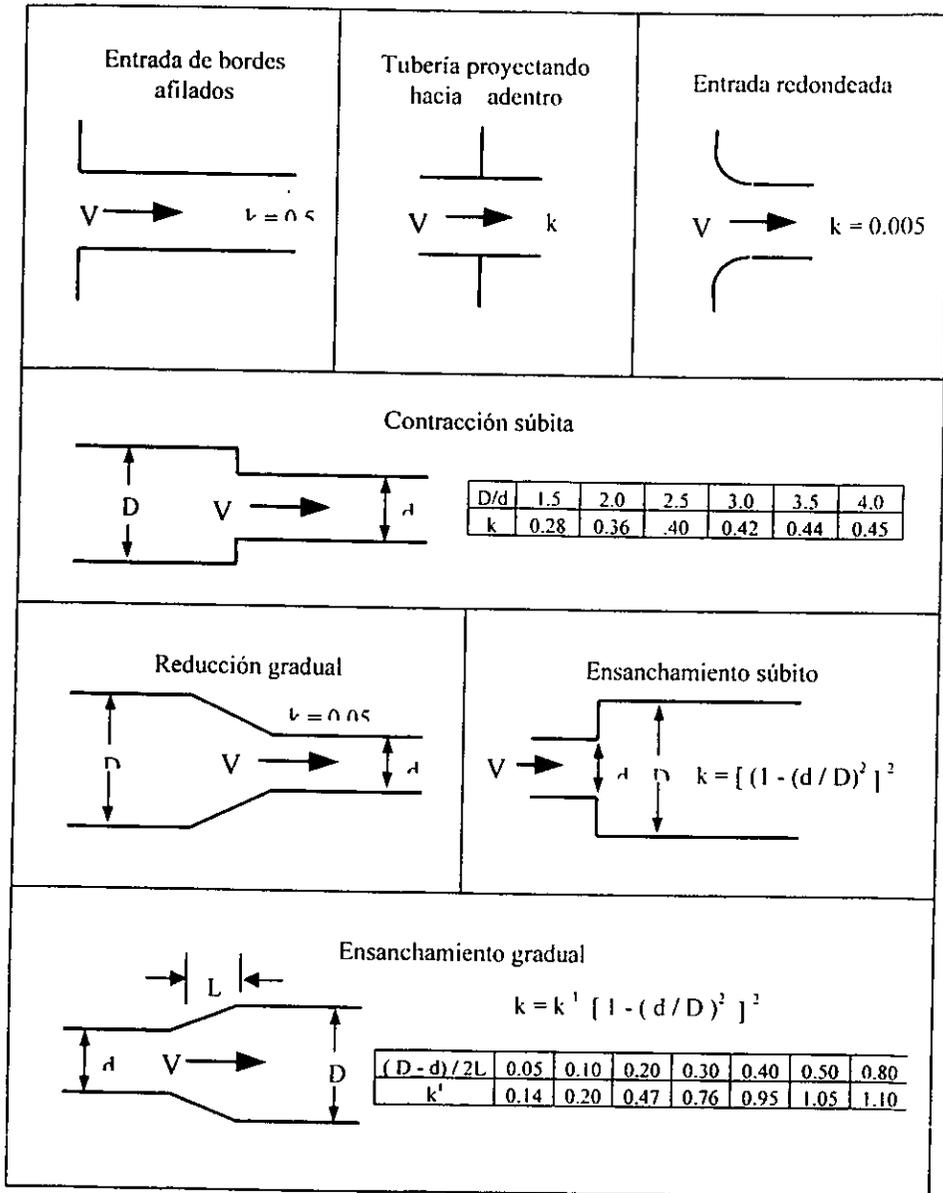
Como ya dijimos, cuando no existe circulación de aire, la presión en todos los puntos del sistema será la misma, pero si existe circulación desde un punto hacia otro esta relación ya no se cumple. Esto es debido a que existen pérdidas en el recorrido del fluido en movimiento, debidas a los componentes de las tuberías por donde fluye. Así, hablamos de una diferencia de presión entre la presión de entrada y la de salida (ΔP). Esta diferencia de presión depende de tres factores:

- La presión inicial.
- El caudal de aire que circula.
- La resistencia al flujo existente entre la entrada y la salida.

5.1. PARAMETROS DE RESISTENCIA

La resistencia a la circulación del aire es un concepto que no tiene unidades propias (como el ohmio en electricidad). Esta resistencia al flujo varía dependiendo del tipo del material de la tubería, la longitud de esta, los accesorios para el tendido de la misma como son codos, nipples, codos a 45° y a 90° , "Ts", reducciones, etc.

En tuberías largas, el efecto de codos, válvulas y conexiones es, en general, poco digno de tomarse en consideración, pero en sistemas en donde hay poca tubería recta, es el factor que controla el flujo del sistema. Si se diseña por abajo de los requerimientos, el sistema fallará y no podrá entregar la capacidad requerida. Así mismo, el diseñar muy por encima de los requerimientos dará como resultado una operación poco eficiente, ya que se necesitará "estrangular" una o más válvulas. A continuación se muestra una tabla para efectos de estimación de el coeficiente de resistencia k para algunos elementos.



Las pérdidas en los diferentes accesorios también se pueden representar en longitud de tubería proporcional a las pérdidas que presentan:

Válvulas de globo, completamente abiertas	450
Válvulas de ángulo, completamente abiertas	200
Válvulas de compuerta, completamente abiertas	13
abiertas 3/4	35
abiertas 1/2	160
abiertas 1/4	900
Válvulas de columpio reprimido, completamente abiertas	135
Válvulas de bola reprimida, en línea, completamente abiertas	150
Válvulas de mariposa, de 6 plg. y mayores, completamente abiertas	20
Codos estándares de 90°	30
Codos estándares de 45°	16
Codos de radio largo, de 90°	20
Codos de calle, de 90°	50
Codos de calle, de 45°	26
Te estándar:	
Flujo a través de la línea principal	20
Flujo a través de un ramal	60

Todas estas longitudes equivalentes son representativas en diámetros de tubería L / D .

El método de coeficiente de resistencia supone que la pérdida del componente se debe completamente al arrastre de presión y que el flujo a través de la conexión es completamente turbulento. El método de la longitud equivalente supone que la resistencia de la conexión varía en la misma forma como lo hace una tubería recta. La suposición básica, entonces, consiste en que su arrastre de presión es el mismo que para la aspereza relativa de la tubería y que el arrastre de la fricción varía en la misma forma como lo hace en una tubería recta.

5.2. CAUDAL

La relación más importante en los sistemas neumáticos es la existente entre presión y caudal.

El caudal o gasto (Q) es la cantidad de volumen por unidad de tiempo que fluye por alguna tubería. Como el volumen que fluye por un punto de una tubería viene dado por el área de la tubería, también se puede expresar como la velocidad del fluido que pasa a través de una tubería de un área dada por unidad de tiempo:

$$Q = \text{Vol.} / t$$

$$Q = A \times \text{Vel.}$$

La unidad básica para el gasto volumétrico es el metro cúbico normal por segundo ($\text{m}^3 \text{ n/s}$).

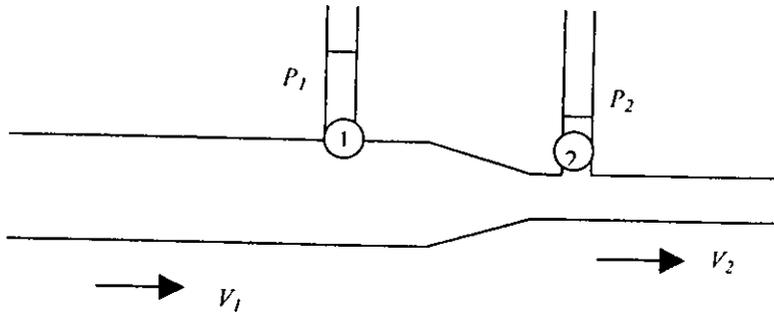
En la neumática práctica, los volúmenes se expresan en términos de litros por minuto (l/min) o decímetros cúbicos normales por minuto (dm^3 / min). Y en la industria es muy utilizado el sistema inglés, pies cúbicos por minuto (scfm) o galones por minuto (Gal/min).

5.2.1. ECUACION DE BERNOULLI

Cuando existe flujo por una tubería, y, en el caso de los gases, la velocidad del flujo no supera los 330 m/s , se pueden elaborar cálculos de velocidad y caídas de presión de acuerdo a la ecuación de Bernoulli, cuyo teorema dice:

“Si un líquido de peso específico p fluye horizontalmente por un tubo de diámetro variable, la energía total en los puntos 1 y 2 es la misma”

La siguiente figura, donde se representa una tubería con cambio de diámetro y tomas de presión en ambas partes de la reducción, nos ilustra el teorema de Bernoulli, a la vez de que nos auxilia para describirlo matemáticamente



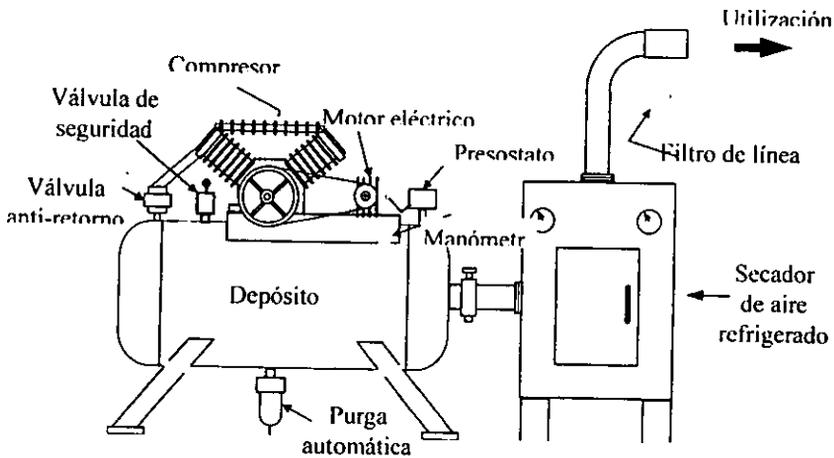
Lo cual se puede expresar con la siguiente notación:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot V_2^2$$

Aplicaciones de esta ecuación son el tubo de Venturi y la compensación del flujo en los reguladores de presión.

CAPITULO 6 SISTEMA DE PRODUCCION DE AIRE

Básicamente, la obtención de aire comprimido se lleva de la siguiente manera: el aire libre es el aire que se encuentra en condiciones atmosféricas normales, a la temperatura y presión acorde a la región de que se trate. De este aire se toma un volumen dado y es reducido a un volumen menor por medio de un compresor ya sea de desplazamiento positivo o de turbinas, lo cual nos incrementa la presión del aire, que es lo que buscamos principalmente: una presión de trabajo.



SISTEMA BASICO DE GENERACION DE AIRE COMPRIMIDO

El gráfico anterior muestra de manera sencilla los componentes principales de un sistema de generación de presión, los cuales se identifican en la siguiente pagina.

- Compresor.** El aire tomado a presión atmosférica se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática.
- Motor eléctrico.** Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica en energía mecánica.
- Presostato.** Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.
- Válvula anti-retorno.** Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito e impide su retorno cuando el compresor está parado.
- Depósito.** Almacena el aire comprimido. Su tamaño está definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos entre los funcionamientos del compresor.
- Manómetro.** Indica la presión actual en el depósito.
- Purga automática.** Purga toda el agua que se condensa en el depósito sin necesitar supervisión.
- Válvula de seguridad.** Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.
- Secador de aire refrigerado.** Enfía el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema.

Filtro de línea. Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe de tener una caída de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

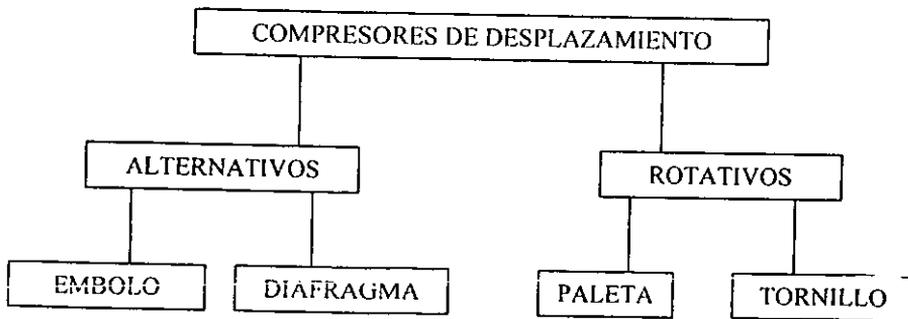
A continuación veremos las partes descritas anteriormente de manera más profunda.

6.1. COMPRESORES

Como ya se mencionó anteriormente, un compresor convierte la energía mecánica de un motor eléctrico o de combustión en energía potencial de aire comprimido.

Los compresores de aire pueden ser de turbina o de desplazamiento positivo.

Los compresores de desplazamiento positivo se dividen en dos categorías principales: alternativos y rotativos. Los tipos principales de compresores incluidos en estas categorías son:

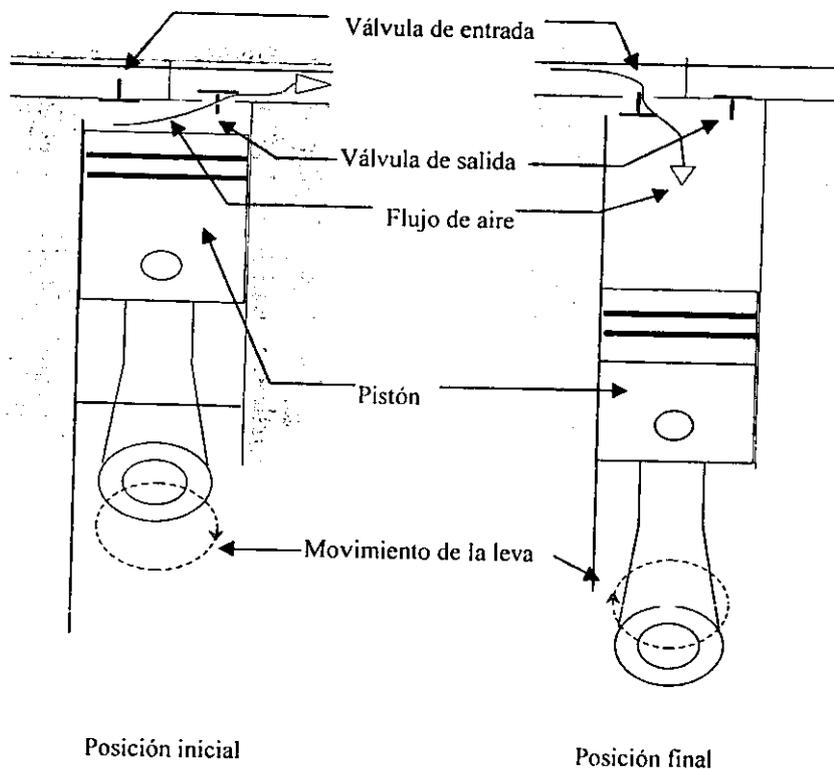


6.1.1. COMPRESORES ALTERNATIVOS

6.1.1.1. COMPRESORES DE EMBOLO DE UNA ETAPA

En los compresores de una etapa, el aire recogido del medio ambiente a presión atmosférica se comprime a la presión deseada de trabajo con una sola compresión.

Para explicar el funcionamiento de el compresor de émbolo de una etapa, hagamos referencia de la siguiente figura, en la cual se muestra un pistón en una posición inicial extendido y posteriormente, debido al movimiento de una leva, en la posición final o retraído:



El movimiento hacia abajo del émbolo aumenta el volumen para crear una presión más baja que la de la atmósfera, lo que hace entrar el aire en el cilindro por la válvula de entrada.

Al final de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la válvula de entrada se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la válvula de salida a abrirse para descargar el aire en el depósito de almacenamiento.

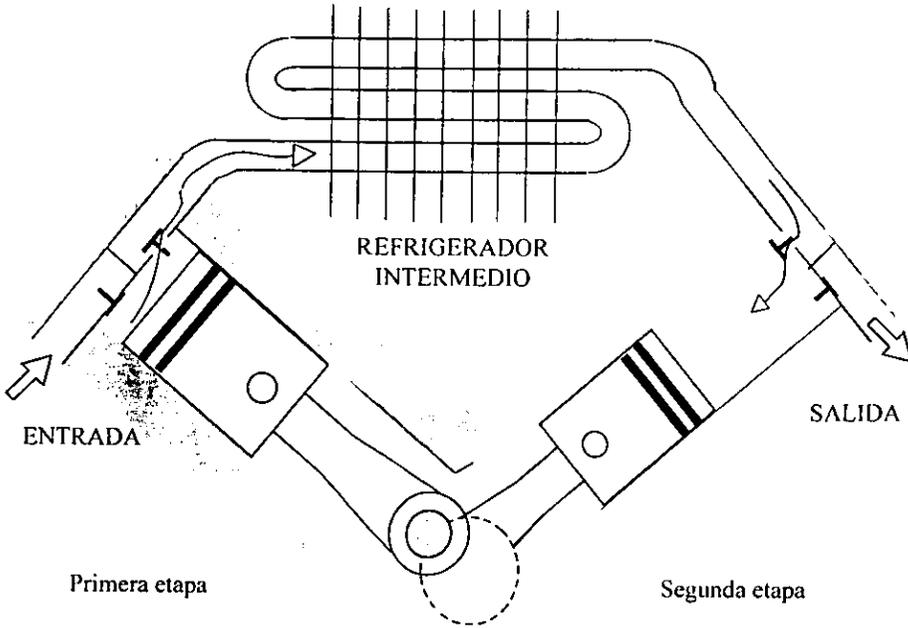
Este tipo de compresor se usa generalmente en sistemas que requieren aire de trabajo en el rango de 3 a 7 bares.

6.1.1.2. COMPRESORES DE EMBOLO DE DOS ETAPAS

En los compresores de dos etapas, es necesaria una segunda etapa para conseguir la presión final requerida.

Cuando se comprime el aire se eleva demasiado la temperatura de éste debido al trabajo aplicado para la compresión.

En un compresor de una etapa, cuando se comprime el aire por encima de 6 bares, el calor excesivo que se crea reduce en gran medida su eficacia. Debido a esto, los compresores de émbolo utilizados en los sistemas industriales de aire comprimido son generalmente de dos etapas, con un arreglo similar al de la figura de la siguiente página.



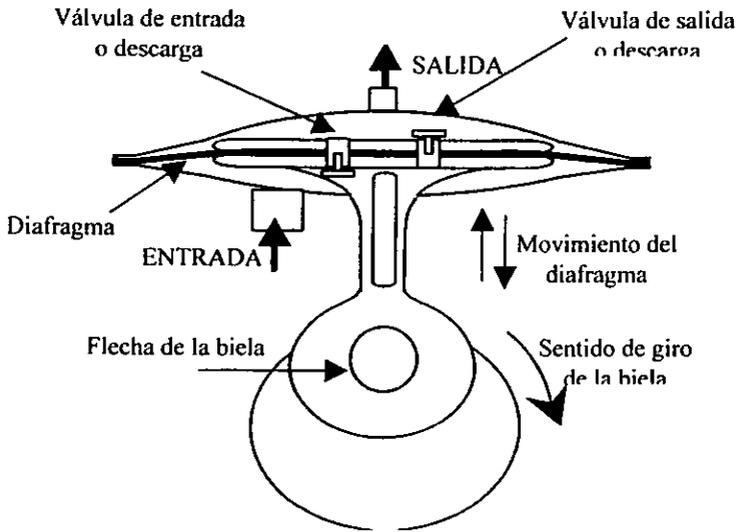
Compresión de dos etapas con refrigeración intermedia

Así, si la presión final deseada es de 7 bares, la primera compresión normalmente comprime el aire hasta aproximadamente 3 bares, pasa el aire comprimido por el refrigerador intermedio donde es enfriado a una temperatura razonable, cercana a la temperatura inicial de entrada. Posteriormente se alimenta entonces el cilindro de la segunda etapa que comprime el aire hasta los 7 bares finales.

Debido al refrigerador intermedio, el aire comprimido entra a la segunda etapa a una temperatura muy reducida, con lo cual se mejora el rendimiento notablemente en comparación con un compresor de una etapa. La temperatura final puede estar alrededor de los 120° C.

6.1.1.3. COMPRESORES DE DIAFRAGMA

La siguiente figura muestra un compresor del tipo de diafragma.



Como muestra la figura, el giro de la biela transmite a le diafragma un movimiento de vaivén vertical. Gracias a este movimiento, el diafragma proporciona un cambio en el volumen de la cámara, lo que permite la entrada del aire en la carrera hacia abajo por la válvula de admisión, y la compresión en la carrera hacia arriba por la válvula de descarga.

Los compresores de diafragma suministran aire comprimido seco hasta 5 bares de presión y libre de aceite, por lo que son utilizados ampliamente en la industria alimenticia, farmacéutica y similares.

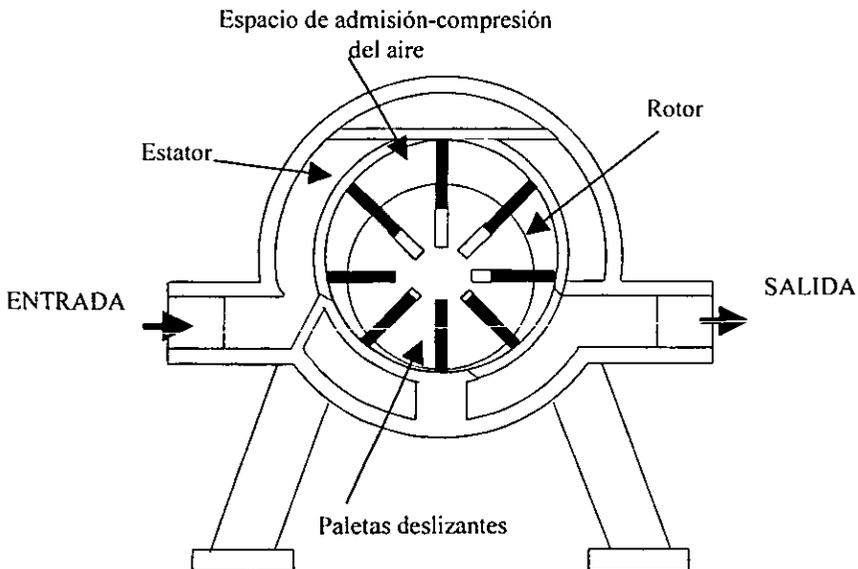
6.1.2. COMPRESORES ROTATIVOS

6.1.2.1. COMPRESOR ROTATIVO DE PALETA DESLIZABLE

Este compresor tiene un rotor montado excéntricamente con una serie de paletas que se deslizan dentro de ranuras radiales.

Al girar el rotor, la fuerza centrífuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator; conforme va girando el rotor, el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada de aire hasta la salida, lo cual lleva así a la compresión final del aire; nuevamente, conforme continua girando el rotor, el espacio entre la pared del rotor y el estator se vuelve a incrementar, lo que permite nuevamente el acceso de un volumen de aire para su compresión.

La siguiente figura ilustra un compresor de paletas deslizantes:



La lubricación y la estanqueidad se obtienen inyectando aceite en la corriente de aire cerca de la entrada. El aceite actúa también como refrigerante para eliminar parte del calor generado por la compresión, para limitar la temperatura alrededor de 190°C .

6.1.2.2. COMPRESOR DE TORNILLO

En el compresor de tipo tornillo, dos motores helicoidales engrana girando en sentidos contrarios. El espacio libre entre ellos disminuye axialmente en volumen, lo que comprime el aire atrapado entre los rotores.

El aceite lubrica y cierra herméticamente los dos tornillos rotativos. Los separadores de aceite eliminan el mismo del aire de salida.

Con estos tipos de compresores, se pueden obtener caudales unitarios continuos y elevados, de más de $400\text{ m}^3/\text{min}$, a presiones superiores a 10 bares.

Este tipo de compresor ofrece un suministro continuo libre de altibajos, aun mejor que el de paletas.

El tipo de compresor industrial de aire más común actualmente sigue siendo el de tipo alternativo, aunque los de tornillo y de paleta cada día ganan más mercado.

6.1.3. CAPACIDAD NORMAL DEL COMPRESOR

La capacidad o salida de un compresor se indica como gasto volumétrico estándar, dado en unidades de m_n^3 / s , m_n^3 / min , dm_n^3 / min . La capacidad también se puede describir teóricamente como volumen desplazado o “volumen teórico de entrada”.

Así, para un compresor de émbolo se tiene:

$$\text{Gasto} = Q = \text{área del émbolo en } dm^2 \times \text{longitud de carrera en } dm \times \text{número de cilindros de primera etapa} \times \text{rpm del motor (dado en l / min)}$$

En el caso de un compresor de dos etapas, se considera sólo el o los cilindros de la primera etapa.

Es importante recalcar que el suministro efectivo es siempre inferior al teórico, debido a las pérdidas volumétricas y térmicas.

De estas, las pérdidas volumétricas son inevitables, dado que no es posible descargar la totalidad del aire comprimido del cilindro al final de la carrera de compresión, ya que queda un pequeño espacio libre, llamado “punto muerto”.

La pérdida térmica, recordando la ley de Charles, se produce debido al hecho de que durante la compresión el aire adquiere una temperatura muy elevada, por lo tanto su volumen aumenta y disminuye cuando se enfría a temperatura ambiente. Por esto los compresores de dos etapas, al pasar el aire por un enfriador intermedio de una etapa a otra, mejoran su rendimiento.

6.1.3.1. RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO

El rendimiento volumétrico se expresa de la siguiente manera, en porcentaje:

$$R_v = \frac{\text{aire libre descargado}}{\text{desplazamiento}}$$

Este rendimiento volumétrico varía según el tamaño, tipo y fabricación de la máquina, número de etapas y presión final. De esta suerte, el rendimiento volumétrico de un compresor de dos etapas es inferior a la del compresor de una sola etapa, debido a que tanto los cilindros de la primera etapa como los de la segunda etapa tienen tiempos muertos, los cuales sumados superan lógicamente al de una sola etapa.

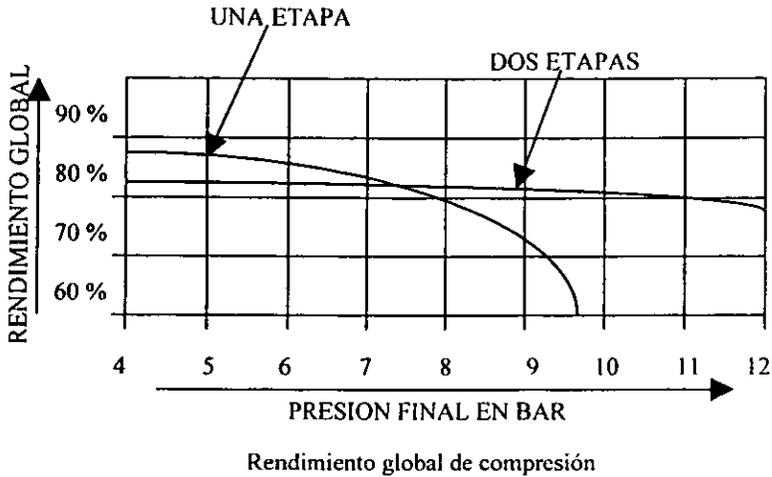
6.1.3.2. RENDIMIENTO TÉRMICO GLOBAL

Como se decía, existen también efectos térmicos que bajan el rendimiento de la compresión del aire. Estas pérdidas reducen aún más el rendimiento global dependiente del coeficiente de compresión y de la carga. Un compresor, trabajando a casi plena capacidad, acumula una gran cantidad de calor y pierde rendimiento.

En un compresor de dos etapas, el coeficiente de compresión por etapa es inferior y el aire, comprimido parcialmente en el cilindro de la primera etapa, se enfría en un refrigerador intermedio antes de ser comprimido a la presión final en el cilindro de la segunda etapa.

Sin embargo, para presiones finales bajas, es mejor un compresor de una etapa, puesto que su rendimiento volumétrico es más elevado.

A continuación se muestra un diagrama que muestra el rendimiento global de un compresor de una etapa y uno de dos etapas.

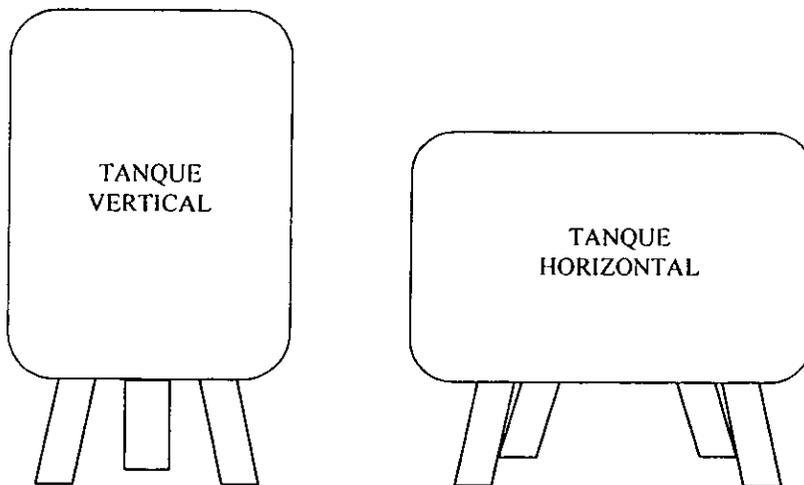


El consumo específico de energía es una medida del rendimiento global y se puede utilizar para estimar el coste de producción del aire comprimido. Como promedio, se puede estimar que se necesita un kW de energía eléctrica para producir 120 a 150 l/min (de 0.12 a 0.15 m³ n / kW) para una presión de trabajo de 7 bares.

6.1.4. ACCESORIOS DEL COMPRESOR

6.1.4.1. DEPOSITO DE AIRE COMPRIMIDO

Un depósito de aire comprimido es un tanque cilíndrico a presión construido en chapa de acero soldado, montado horizontal o verticalmente, directamente después del refrigerador final para recibir el aire comprimido amortiguando así los impulsos iniciales en el caudal del aire.



Depósitos de aire comprimido

Sus funciones principales son las de almacenar una cantidad suficiente de aire para satisfacer las demandas que superen la capacidad del compresor y minimizar la carga y descarga frecuentes del compresor, a la vez de que suministra también un enfriamiento

adicional para precipitar el aceite y la humedad que llegan del refrigerador, antes de que el aire se distribuya posteriormente.

Como se muestra en la figura del compresor, el depósito debe de estar provisto de válvula de seguridad, manómetro, purga y tapas de inspección para la comprobación o limpieza del interior.

El tamaño de los depósitos de aire se selecciona según las salidas del compresor, el tamaño del sistema y de acuerdo a si la demanda es relativamente constante o variable.

Los compresores con accionamiento eléctrico en plantas industriales, normalmente se conectan y desconectan entre una presión mínima y máxima. Este control, de tipo automático, necesita de un volumen mínimo del depósito del aire para evitar que la conexión y desconexión sean demasiado frecuentes.

Los compresores móviles con un motor de combustión no se paran cuando se alcanza una presión máxima, sino que se elevan las válvulas de succión de forma que el aire puede fluir libremente dentro y fuera del cilindro sin ser comprimido. La diferencia de presión entre la compresión y la carrera en vacío es bastante pequeña. En este caso se necesita sólo de un depósito pequeño.

Así, para plantas industriales, la regla aproximada para el tamaño del depósito es:

Capacidad del depósito de aire = salida de aire comprimido por minuto del compresor.

6.1.4.2. FILTRO DE ENTRADA

La atmósfera de una ciudad típica puede contener 40 partes por millón / m^3 de partículas sólidas, es decir polvo, suciedad, polen, etc. Si se comprime este aire a 7 bares, la concentración sería de 320 partes por millón / m^3 . Una condición muy importante para la fiabilidad y duración del compresor debe ser la instalación de un filtro eficaz y adecuado para impedir el desgaste excesivo de cilindros, anillos del émbolo, etc., que es provocado principalmente por el efecto abrasivo de estas impurezas.

El filtro de entrada no debe de ser demasiado fino puesto que el rendimiento del compresor disminuye debido a la elevada resistencia al caudal de aire y así las partículas de aire muy pequeñas (2 a 5 micrones) no se pueden eliminar.

La entrada de aire debe de estar estratégicamente situada, cuidando de que se aspire aire seco limpio, con ductos de entrada de un diámetro lo suficientemente grande para evitar una caída de presión excesiva. En el caso de utilizar silenciadores, es posible incluir el filtro de aire después de la posición del silenciador, de forma de que este sujeto a efectos de pulsaciones mínimos.

6.1.4.3. DESHIDRATACION DEL AIRE

6.1.4.3.1. POST-ENFRIADOR

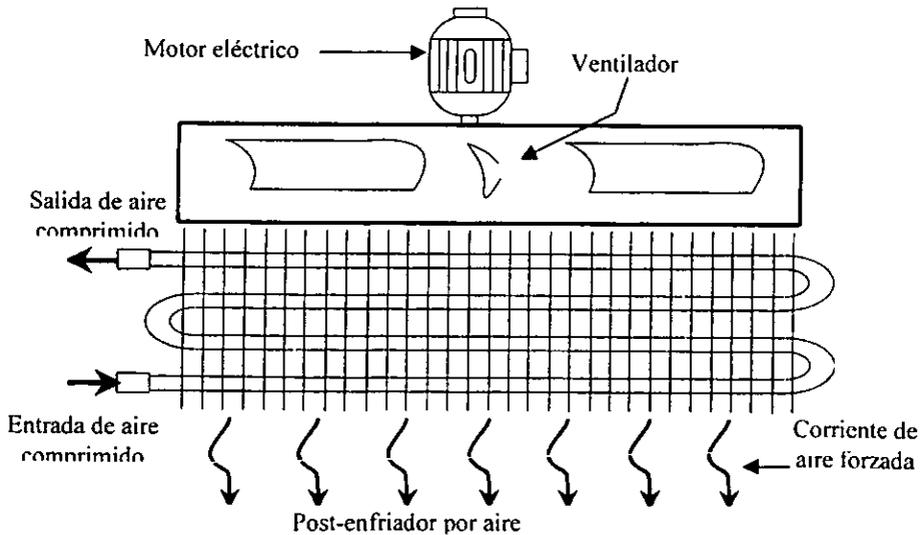
Como ya dijimos anteriormente, después de la compresión final, el aire se encuentra caliente; si se suministra este aire caliente a la red, al enfriarse se condensara el agua contenido en él y se depositara en cantidades considerables en el sistema de tuberías; esto debe de evitarse, y la manera más efectiva de eliminar la mayor parte del agua de

condensación es someter a una refrigeración posterior, inmediatamente después de la compresión.

Así, se utilizan los post-enfriadores, los cuales son intercambiadores que pueden ser unidades refrigeradas por aire o por agua.

6.1.4.3.1.1. REFRIGERACION POR AIRE

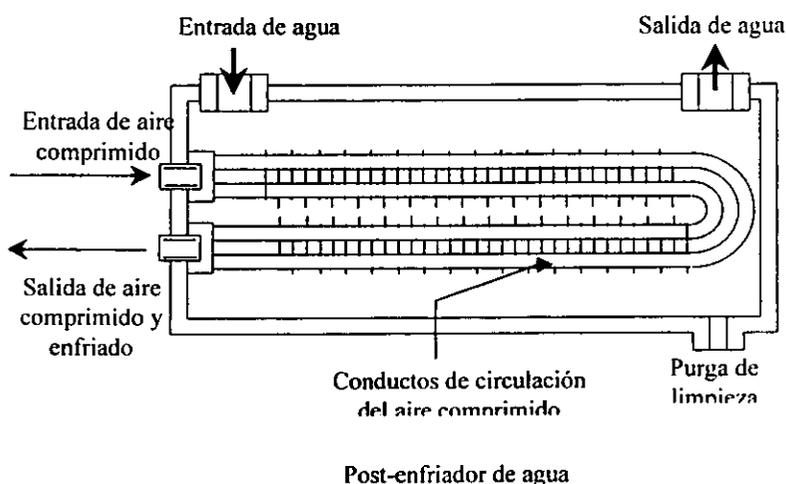
El post-enfriador por aire consiste de una serie de conductos por los cuales fluye el aire comprimido y se hace pasar por ellos una corriente forzada de aire frío por medio de un ventilador. La siguiente figura muestra un post-enfriador de este tipo.



La temperatura de salida del aire comprimido refrigerado debe ser de aproximadamente 15° C por encima de la temperatura del aire de refrigeración.

6.1.4.3.1.2. REFRIGERACION POR AGUA

Se trata esencialmente de un revestimiento de acero que aloja unos conductos en los que el agua circula por un lado y el aire por el otro, normalmente de forma que el flujo de ambos fluidos sea en sentido contrario a través del refrigerador. Este principio se ilustra en la siguiente figura:



El post-enfriador de agua garantiza que el aire descargado estará aproximadamente 10° C por encima de la temperatura del agua de refrigeración.

Para eliminar el condensado acumulado, es recomendable colocar una purga automática acoplada o integrada al post-enfriador.

Así mismo pueden estar equipados con una válvula de seguridad, un manómetro y es recomendable que se incluyan termómetros tanto para el aire como para el agua.

6.1.4.3.2. SECADORES DE AIRE

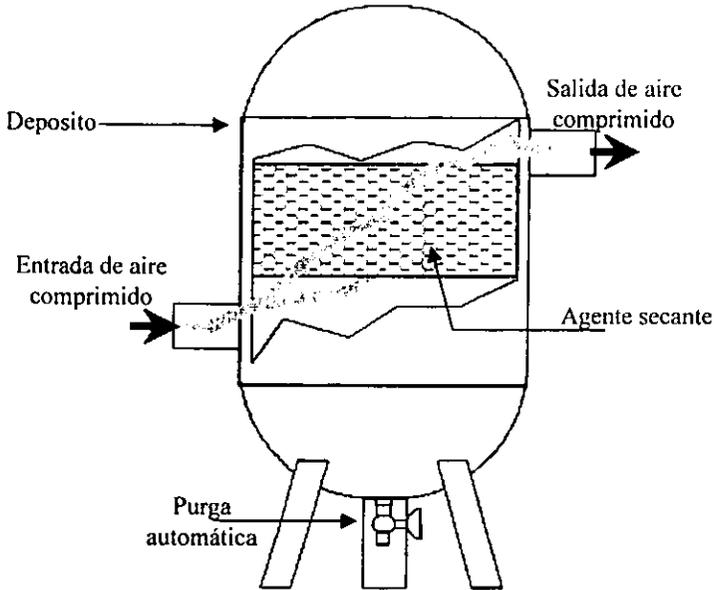
Los post-enfriadores, como ya se mencionó, enfrían el aire hasta unos 10 ó 15° C por encima del medio refrigerante. El control y operación de los elementos de un sistema neumático serán a temperatura ambiente (aproximadamente 20° C). Esto puede llegar a hacer pensar que no se precipitará ningún condensado más y que la humedad remanente es expulsada con el aire de salida de la vuelta a la atmósfera. Constantemente la temperatura del aire a la salida del post-enfriador puede ser más alta que la temperatura circundante con la cual pasa por las líneas de tuberías, por ejemplo durante la noche. Esta situación enfría el aire comprimido todavía más, por lo que habrá todavía vapor que se condensara como agua.

La medida empleada en el secado de aire es la bajada del punto de rocío, el cual se define como la temperatura a la cual el aire está completamente saturado de humedad (100 % h.r.). Cuanto más bajo sea el punto de rocío, menos humedad queda en el aire.

Existen tres tipos principales de secadores de aire disponibles que operan por procesos de absorción, adsorción o refrigeración.

6.1.4.3.2.1. SECADO DE AIRE POR ABSORCION (SECADO COALESCENTE)

El aire comprimido es forzado a través de un agente secante, como puede ser yeso deshidratado o cloruro de magnesio que contiene en forma sólida cloruro de litio o cloruro de calcio, el cual reacciona con la humedad para formar una solución que es drenada desde el fondo del depósito. La figura de la siguiente página ilustra esto.



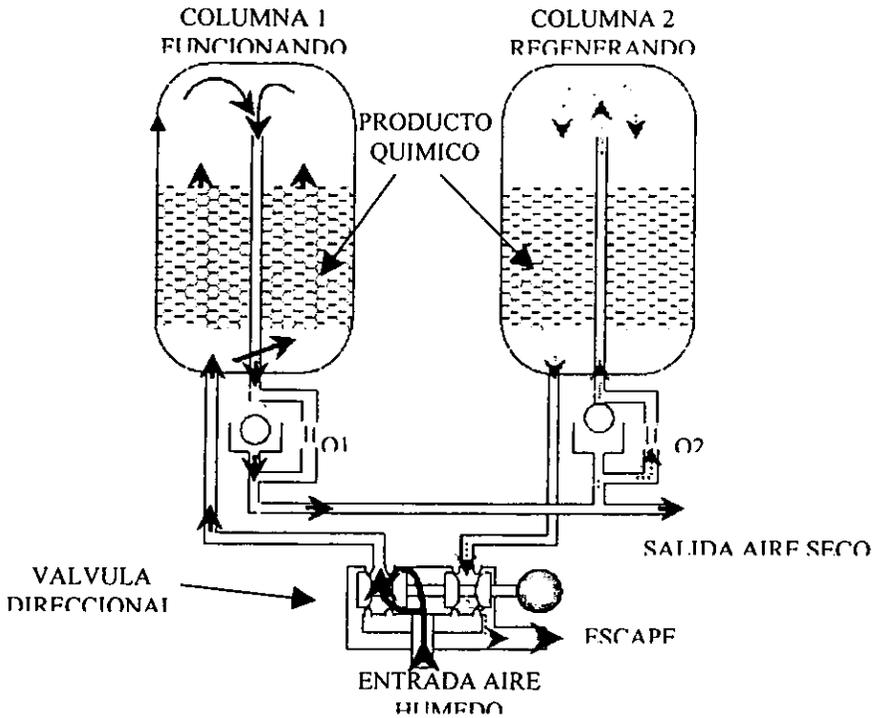
Secador coalescente de aire

El agente secante debe ser regenerado a intervalos regulares ya que el punto de rocío se eleva en función del consumo de sales durante el funcionamiento; de cualquier forma, a presiones de 7 bar, es posible obtener puntos de rocío de 5° C.

Las principales ventajas de este método son su bajo coste inicial y de funcionamiento, siempre y cuando la temperatura de entrada no exceda de 30° C. Sin embargo, los productos químicos son altamente corrosivos necesitando un filtrado cuidadosamente comprobado para asegurar que ninguna fina partícula corrosiva sea arrastrada hacia el sistema neumático.

6.1.4.3.2.2. SECADO DE AIRE POR ADSORCION (DESECANTE)

Este tipo de secador se ilustra en la siguiente figura:



En una cámara vertical está contenido un producto químico tal como la sílica gel o la alúmina activada en forma granular, para que, por métodos físicos, absorba la humedad del aire comprimido que pasa a través de él. Cuando el agente secante se satura es regenerado mediante secado, por calentamiento o, como en la figura anterior, por la pérdida de calor de un flujo de aire secado previamente.

El aire comprimido húmedo entra a través de una válvula de control direccional y pasa atravesando la columna desecante 1. El aire seco fluye hacia la vía de salida.

Entre un 10% y un 20% del aire seco pasa a través del orificio O2 y de la columna 2 en dirección contraria, para reabsorber la humedad del desecante con el fin de regenerarlo. El flujo de aire de refrigeración va entonces hacia el escape.

La válvula de control direccional es accionada periódicamente por un temporizador para conseguir alternativamente el suministro de aire a una columna y la regeneración de la otra, para proporcionar aire seco continuo.

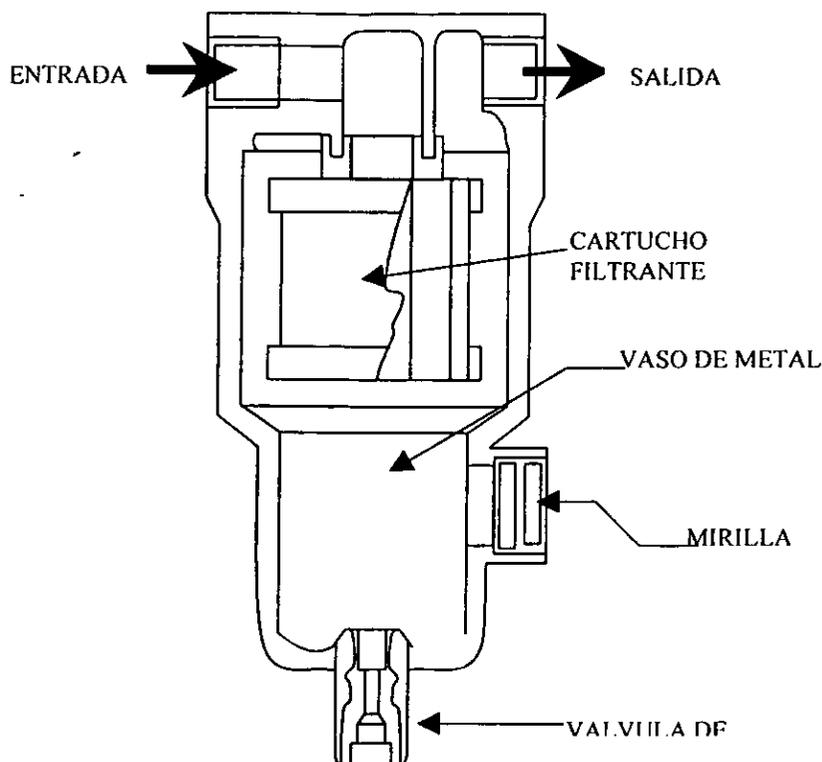
Con este método es posible lograr puntos de rocío verdaderamente bajos, como de -40°C

Para poder comprobar fácilmente el grado de saturación del producto químico, se puede incorporar al sistema un indicador de color. Es necesario colocar un microfiltrador a la salida del secador para prevenir el arrastre de partículas absorbentes. El costo inicial y de funcionamiento es comparativamente alto, pero los costos de mantenimiento tienden a ser bastante reducidos.

6.1.4.4. FILTRO DE LINEA PRINCIPAL

Un filtro de gran capacidad debe de ser instalado después del depósito de aire para eliminar de éste la contaminación, los vapores de aceite procedentes del compresor y el agua.

El filtro debe tener una mínima caída de presión y capacidad para eliminar el vapor de aceite procedente del compresor con el fin de evitar la emulsión en la línea con el líquido condensado.



Filtro de la línea principal

El filtro de la línea principal no posee deflector para la separación de agua como en el caso de los filtros estándar de los cuales nos ocuparemos más adelante. Con una purga de drenaje automático, ya sea incluida de fábrica o acoplada posteriormente, nos asegurará la descarga regular del agua acumulada.

El filtro es generalmente de tipo cartucho de cambio rápido.

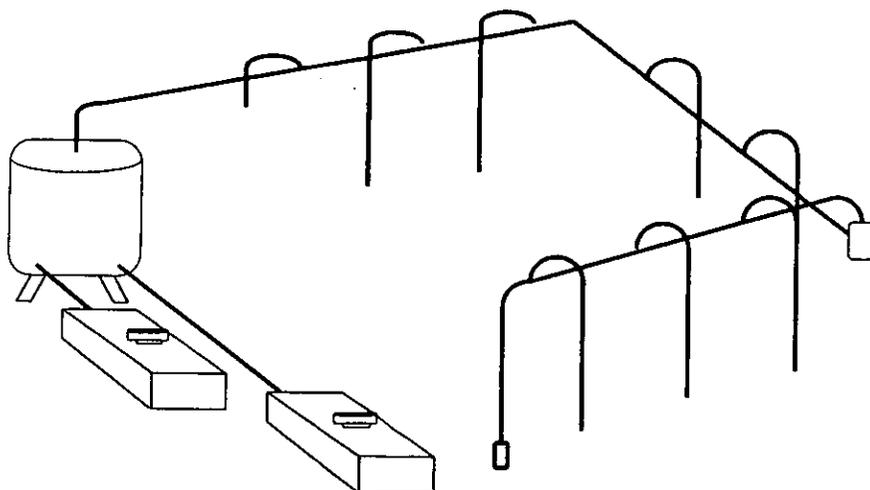
CAPITULO 7 DISTRIBUCION DEL AIRE .

La toma de aire es un sistema de distribución instalado de forma permanente para llevar el aire a varios puntos de consumo.

Se deben de instalar válvulas de aislamiento para dividir la toma de aire en secciones con el fin de limitar el área que deba ser vaciada durante periodos de mantenimiento o reparación.

Existen dos configuraciones de trazado básicas: la de final en línea muerta y conducto principal en anillo.

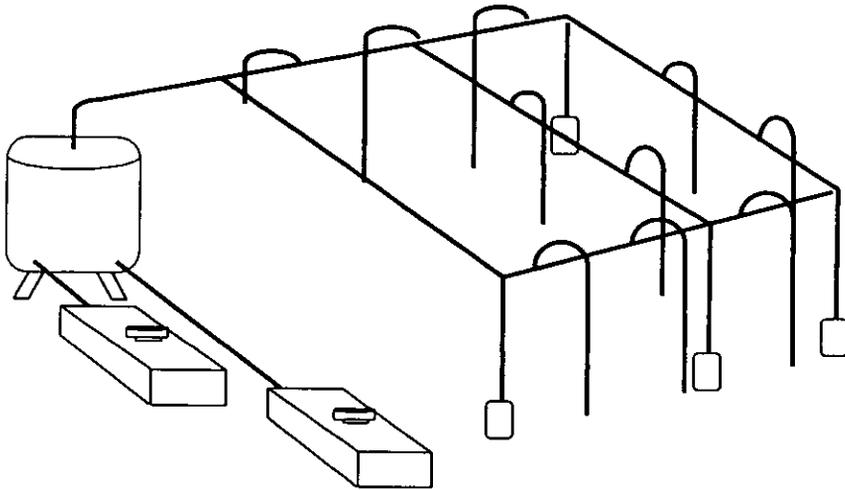
7.1. FINAL EN LINEA MUERTA



En la configuración de final en línea muerta, las tuberías de trabajo tienen una pendiente de alrededor de 1% en la dirección del fluido para favorecer el drenaje. Estas líneas deben de ser purgadas adecuadamente. A intervalos ajustables, la línea principal puede ser

devuelta a su altura original mediante dos largos tubos curvados en ángulo recto y disponiendo una derivación de purga en el punto más bajo.

7.2. CONDUCTO PRINCIPAL EN ANILLO



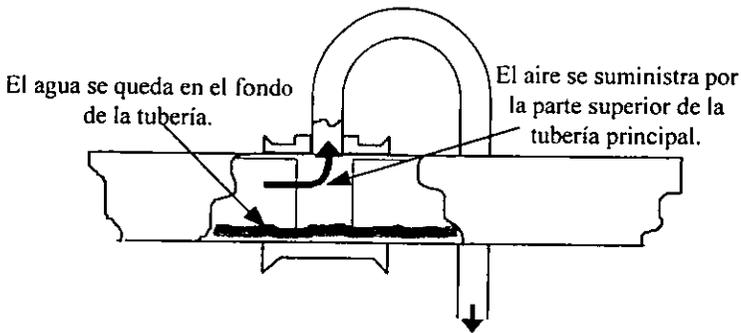
En un sistema de conducto principal en anillo, es posible alimentar el aire de dos lados a un punto de consumo elevado, lo que permite minimizar la caída de presión.

De todas formas el agua es llevada en cualquier dirección y se deben proveer tomas de salida para el agua con purgas automáticas.

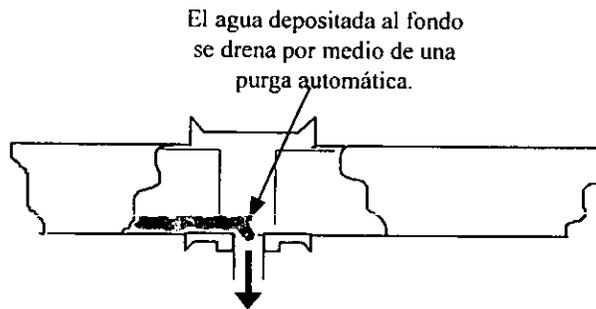
7.3. LINEAS SECUNDARIAS

En el sistema de distribución del aire comprimido, el conducto de distribución actúa como una superficie refrigerante, por lo cual el aire y el aceite se acumulan a lo largo de su longitud.

Las derivaciones de la línea se deben tomar de la parte superior del conducto, para impedir que el agua acumulada en el conducto principal entre a ellas. Así mismo se deberá de purgar la parte inferior de la caída del conducto.



Conexión de tomas de aire de la línea principal



Conexión de purgas de la línea principal

Los puntos de purga deben de estar provistos de empalmes de "T" iguales instalados en puntos estratégicos a lo largo del recorrido, en cada punto bajo. Deben de purgarse manualmente a intervalos regulares o bien estar provistos de purgas automáticas.

Las purgas automáticas son un poco más caras de instalar al principio, pero se compensa si se consideran las horas de trabajo que se ahorran con respecto al funcionamiento del tipo manual, ya que este con la negligencia conlleva a problemas debido a la contaminación del conducto principal.

7.4. SELECCION DEL TAMAÑO DE LOS CONDUCTOS PRINCIPALES DE AIRE.

El costo de los conductos de aire representa una porción elevada del costo inicial de una instalación de aire comprimido. Una reducción en el diámetro de la tubería, aunque baja el costo inicial de la instalación, hace que aumente la caída de presión en el sistema, incrementando así el costo de funcionamiento y superando el costo adicional de una tubería de diámetro más grande; también, debido a que los costos de la mano de obra representa gran parte del costo global y dado que este costo varía muy poco entre diferentes tamaños de tubería. Así, el costo de la instalación, por ejemplo, de una tubería de diámetro interior de 25 mm es parecido al de una tubería de 50 mm de diámetro, mientras que la capacidad de caudal de una tubería de 50 mm es cuatro veces la de una tubería de 25 mm.

En un sistema de conducto principal en anillo de circuito cerrado, el suministro por cualquier punto de salida particular se alimenta por dos derivaciones de tubería. A la hora de determinar el tamaño de la tubería, deberá ignorarse esta alimentación doble, estimando que, en cualquier momento, el aire se suministra sólo por una tubería.

El tamaño del conducto de aire y de las derivaciones se calcula por la limitación de la velocidad del aire, que normalmente se recomienda que sea de 6 m/s, mientras que los sub-circuitos a una presión de aproximadamente 6 bares y de pocos metros de longitud pueden funcionar a velocidades de hasta 20 m/s. La caída de presión desde el compresor al extremo de la derivación de la tubería no debe de superar los 0.3 bares. A continuación se presenta un diagrama para determinar el diámetro de tubería más idóneo.

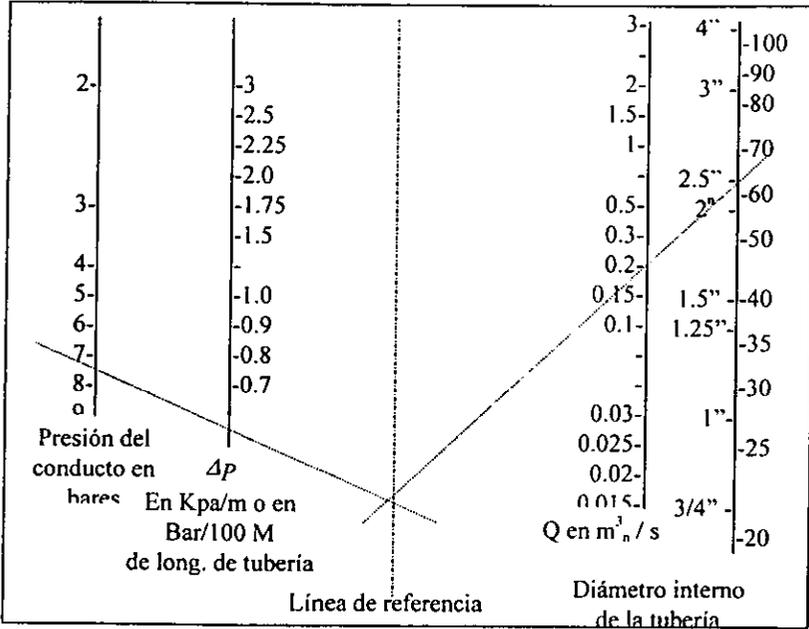


Diagrama para la selección del diámetro de la tubería

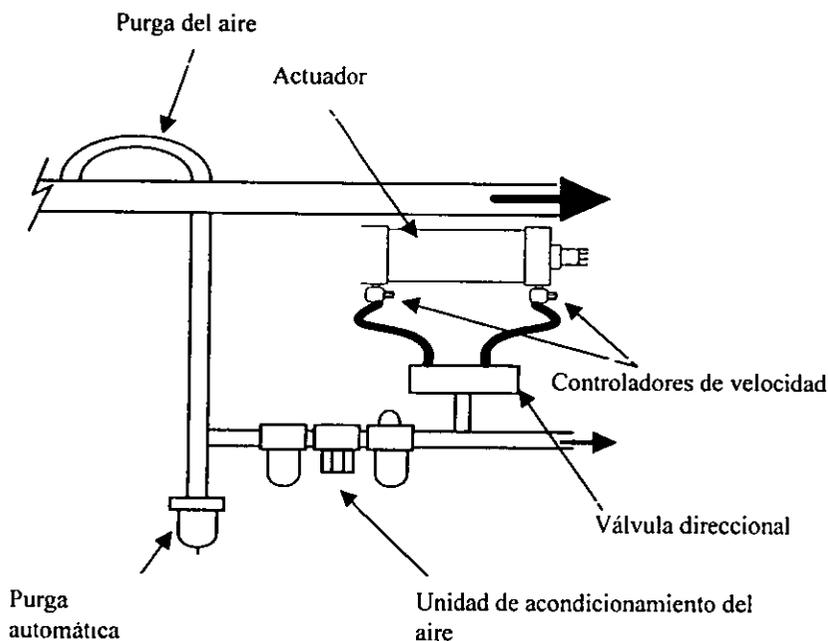
Como ya se menciono anteriormente, los codos y las válvulas pueden provocar rozamiento adicional, el cual se puede expresar como longitud equivalente de tubería, con el fin de determinar la pérdida de presión global. Así, se deben de tener en cuenta todos y cada uno de los accesorios.

Es muy importante considerar también las posibilidades de extensiones futuras a la hora de determinar el tamaño de los conductos para una instalación nueva.

CAPITULO 8. SISTEMA DE UTILIZACION DEL AIRE COMPRIMIDO

Una vez que ya se suministra aire comprimido de la línea principal, este se conduce hasta los puntos de utilización. En estos puntos es necesario tomar algunas consideraciones especiales para evitar en lo posible que algún contaminante que halla alcanzado a colarse por el sistema de tratamiento de aire nos dañe los elementos finales o actuadores.

La siguiente figura muestra un sistema de utilización de aire típico .



Purga del aire. Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

Purga automática. Cada tubo descendente debe de tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática que impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

Unidad de acondicionamiento del aire. Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesitan lubricación. Así, consta de lubricador (de ser necesario), de filtro de aire de acuerdo a las necesidades de filtración y de regulador de presión, para tener la presión requerida en cada punto.

Válvula direccional. Proporciona presión y pone a escape alternativamente las dos conexiones del cilindro para controlar la dirección del movimiento.

Actuador. Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura se ilustra un cilindro lineal, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

Controladores de velocidad. Permiten una regulación fácil y continua de la velocidad de movimiento del actuador.

A continuación veremos por partes los diferentes elementos faltantes que se muestran en el diagrama

8.1. UNIDAD DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El aire atmosférico lleva polvo y humedad . Tras la compresión, la humedad se condensa en el post-enfriador y en el depósito, pero siempre llega a quedar algún residuo. Añadido a esto, finas partículas de aceite carbonizado, cascarillas de la tubería y otras materias extrañas, como material de sellado desgastado, forman sustancias gomosas. Todo esto puede producir efectos nocivos al equipo neumático, incrementando el desgaste de las juntas y de los componentes, la deformación de las juntas y la corrosión y atascamiento de las válvulas.

Para eliminar estos contaminantes, es necesario limpiar ulteriormente el aire lo más cerca posible del punto de utilización. El tratamiento de aire incluye también la regulación de presión y, a veces, la lubricación.

8.1.1. FILTRAJE

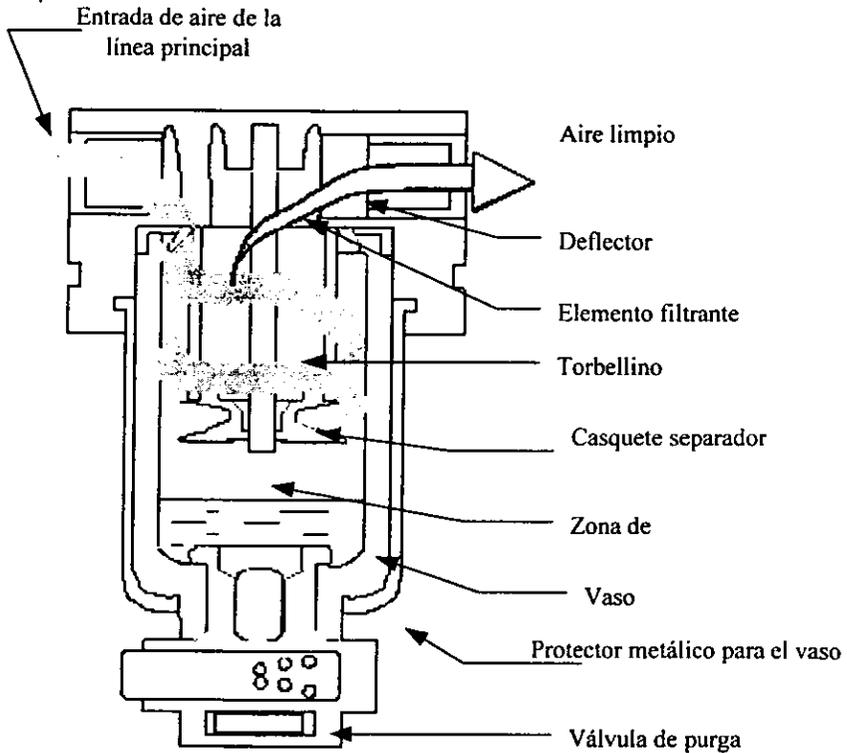
8.1.1.1. FILTRO STANDARD

El filtro standard consta de un separador de agua y un filtro combinados. Si el aire no ha sido deshidratado anteriormente, se recogerá una cantidad considerable de agua y el filtro retendrá impurezas sólidas como partículas de polvo y de óxido.

La separación del agua se produce principalmente por una rotación rápida del aire, provocada por un deflector en la entrada. Las partículas más pesadas de suciedad, agua y aceite son expulsadas para impactar contra el vaso del filtro antes de ir a depositarse en el

fondo. Entonces el líquido puede ser purgado por un drenaje de purga manual o automática. La placa separadora crea una zona de calma debajo del torbellino de aire, impidiendo que el líquido separado vuelva a entrar en la corriente de aire.

La siguiente figura muestra un filtro standard.



El elemento filtrante elimina las partículas más finas de polvo, de cascarilla, de óxido y de aceite carbonizado al fluir el aire hacia la salida.

El elemento filtrante estándar elimina todas las partículas contaminantes de hasta 5 micras. Este elemento puede retirarse fácilmente, lavarse y reutilizarse en determinado número de veces antes de que sea necesario sustituirlo debido a una caída de presión excesiva.

El vaso se fabrica generalmente en policarbonato, el cual no se debe de limpiar con solventes, ni de golpear ya que corre el riesgo de que se dañe y explote una vez presurizado. Por seguridad, debe de estar protegido por un protector metálico. En ambientes químicamente peligrosos deben de utilizarse materiales especiales para el vaso. Cuando el vaso esté expuesto a calor, chispas, etc., es recomendable utilizar un vaso metálico.

Si el agua de condensación se acumula a gran velocidad, es aconsejable instalar una purga automática, la cual descarga el agua acumulada por medio de un flotador.

8.1.1.2. FILTROS MICRÓNICOS

Cuando la contaminación por vapor de aceite es desaconsejable, se utiliza un filtro micrónico. Al ser un filtro puro, no está provisto de casquete deflector.

El aire fluye desde la entrada al centro del cartucho filtrante y luego hacia atrás rumbo a la salida.

El polvo queda así atrapado dentro de los elementos microfiltrantes, el vapor de aceite y la neblina de agua se convierten en líquido por una acción coalescente dentro del material filtrante, formando así unas gotas en el cartucho filtrante que se recogen en el fondo del vaso para su posterior expulsión por medio de la purga.

8.1.1.3. FILTROS SUB-MICRONICOS

Un filtro sub-micrónico elimina virtualmente todo el aceite y el agua así como las partículas más finas de hasta 0.01 micras, proporcionando así la máxima protección para dispositivos neumáticos de medición precisa, pintura pulverizada electrostática, limpieza y secado de accesorios electrónicos, etc.

El principio de funcionamiento es el mismo que con el del filtro micrónico, pero su elemento filtrante tiene capas adicionales con una mayor eficacia filtrante.

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

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

Los fabricantes suministran diagramas de caudal / presión para permitir la correcta selección del tamaño del filtro.

Debe de observarse que la utilización de un filtro standard para la aplicación puede no resultar muy eficiente para bajas velocidades de flujo.

8.1.2. REGULACION DE LA PRESION

La regulación de la presión se hace necesaria ya que el conducto principal del aire comprimido contiene el aire a una presión determinada, y cada aplicación requiere una presión no necesariamente igual a la suministrada por la red, sino que puede ser menor de acuerdo a las necesidades. Así también, cuando la presión del aire es demasiado baja, se tiene un rendimiento escaso del sistema, lo cual es económicamente inaceptable.

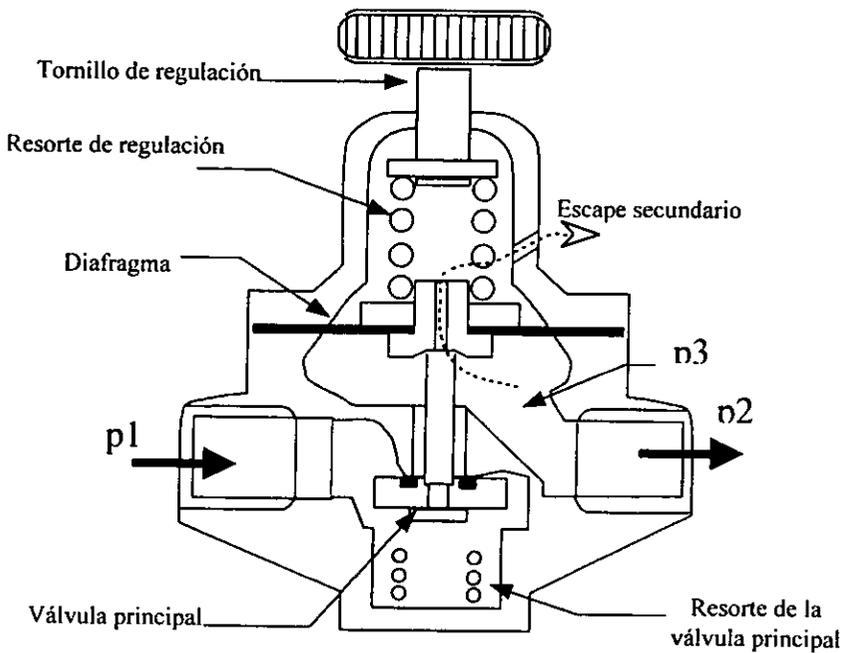
8.1.2.1. REGULADOR ESTANDAR

Los reguladores de presión pueden tener un émbolo o diafragma para equilibrar la presión de salida contra la fuerza regulable de un resorte.

La presión de salida se predispone regulando el tornillo que carga el resorte de regulación para mantener abierta la válvula principal, permitiendo que fluya desde el orificio de entrada de presión p_1 al orificio de la presión de salida p_2 .

Cuando el conducto conectado con la salida se encuentra a la presión preestablecida, actúa sobre el diafragma creando una fuerza elevadora contra la carga del resorte. Si desciende el nivel de consumo, p_2 aumenta ligeramente, lo que hace aumentar la fuerza sobre el diafragma contra la fuerza del resorte; el diafragma de la válvula se eleva entonces hasta que la fuerza del resorte sea nuevamente igualada. El caudal de aire que pasa por la válvula se reduce hasta que se equilibre el nivel de consumo y se mantenga la presión de salida.

Si el nivel de consumo aumenta, p_2 disminuye ligeramente, lo que hace disminuir la fuerza del diafragma contra la del resorte; el diafragma y la válvula descienden hasta que la fuerza del resorte se iguale nuevamente, lo que hace aumentar el caudal de aire por la válvula hasta que se equilibra el nivel de consumo.



Regulador de presión estándar

Sin consumo de aire la válvula está cerrada. Si la presión de salida sube por encima del valor regulado debido a:

- una nueva regulación del regulador a una presión de salida más baja, o bien
- un impulso contrario externo desde el actuador.

Entonces el diafragma se eleva para abrir el asiento de alivio de forma que la presión en exceso pueda ser evacuada por el orificio de escape en la cápsula del cuerpo del regulador.

Con caudales unitarios muy elevados, la válvula se queda completamente abierta. Por lo tanto el resorte se estira y se queda más débil y el equilibrio entre p_2 en el área del diafragma y el resorte se produce a un nivel más bajo. Este problema se puede solucionar creando una tercera cámara con una conexión al canal de salida. En este mismo canal la velocidad del caudal es elevada, y puesto que p_3 se encuentra ahora a una presión estática más baja, el equilibrio contra el resorte debilitado a caudales unitarios queda compensado.

8.1.2.2. REGULADOR PILOTADO INTERNAMENTE

El regulador accionado por piloto ofrece una mayor precisión en la regulación de la presión dentro de una amplia gama de caudales.

Esta precisión se obtiene sustituyendo el resorte de regulación de un regulador estándar por una presión piloto a partir de un pequeño regulador de pilotaje situado en la unidad.

El regulador de pilotaje en la parte superior de la unidad suministra aire de piloto sólo durante las correcciones de presión de salida. Por lo tanto, su resorte no se alarga con caudales unitarios muy elevados.

8.1.2.3. FILTRO-REGULADOR

En este caso, el filtraje del aire y la regulación la realiza un sólo elemento combinado filtro-regulador, lo cual proporciona una unidad más compacta con el obvio ahorro de espacio.

8.1.2.4. SELECCION DEL TAMAÑO DE UN REGULADOR; CARACTERISTICAS

El tamaño de un regulador se selecciona para obtener el caudal deseado para la aplicación, con una variación mínima de presión en toda la gama de caudales de la unidad.

Los fabricantes suministran información gráfica con respecto a las características de caudal de sus equipos. El más importante es el diagrama de caudal contra presión, ya que son las variables que más interesan en los procesos neumáticos. Por lo general, la curva muestra tres partes distintas:

- Poco consumo, con un pequeño intersticio en la válvula que no permite aún una regulación real.
- La gama de caudales en los que es efectiva la regulación y,
- la gama de saturación; la válvula está completamente abierta y una regulación ulterior es imposible.

8.1.3. LUBRICACION DEL AIRE COMPRIMIDO

En los modernos componentes neumáticos ya no es necesaria la lubricación, debido a que están prelubricados para toda su vida. La duración y el rendimiento de estos componentes satisfacen por completo los requisitos de la moderna maquinaria de procesos de alto número de ciclos.

Las ventajas de los sistemas exentos de lubricación incluyen:

- Ahorro en el costo del equipo de lubricación, aceites de lubricación y de mantenimiento de los niveles de aceite.
- Es más limpio. Los sistemas son más higiénicos y esto es especialmente importante en las industrias alimenticia y farmacéutica.
- La atmósfera queda limpia de aceite para un ambiente de trabajo más sano y más seguro.

Sin embargo, algunos equipos aún requieren lubricación. Para asegurarse de que estén continuamente lubricados, se añade cierta cantidad de aceite al aire comprimido por medio de un lubricador.

8.1.3.1. LUBRICADORES PROPORCIONALES

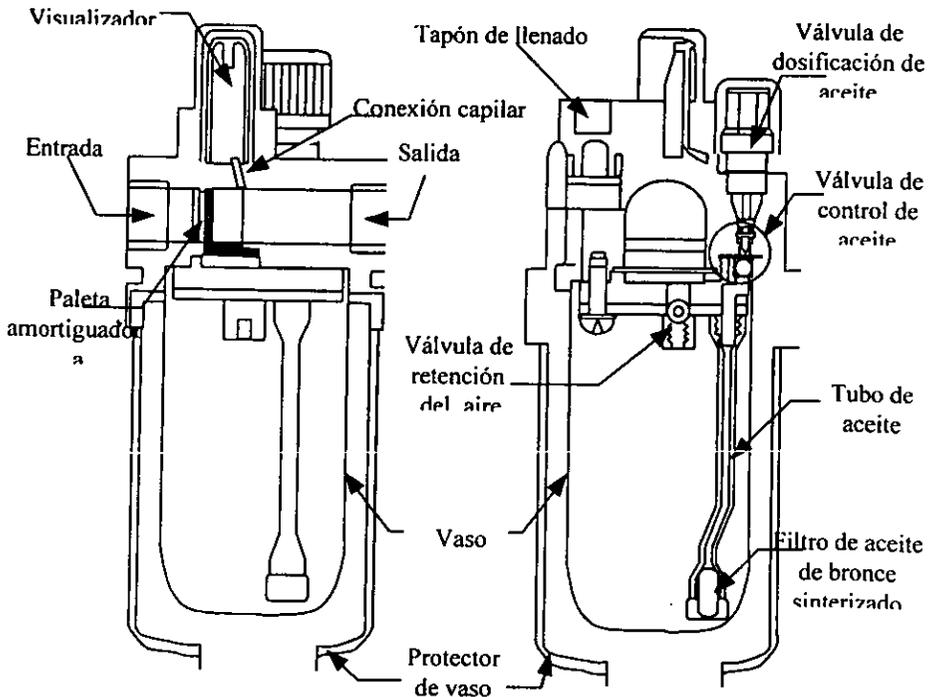
En un lubricador proporcional se crea una caída de presión entre la entrada y la salida, directamente proporcional al caudal unitario y se hace subir el aceite del vaso al visualizador del goteo.

Con un tamaño fijo de restricción, un caudal unitario muy alto crearía una caída de presión excesiva y produciría una mezcla de aire/aceite que contendría demasiado aceite y que inundaría el sistema neumático. Por el contrario, un caudal unitario disminuido puede no crear la caída de presión suficiente, lo que tendría como consecuencia una mezcla demasiado pobre.

Para solventar estos problemas, los lubricadores tienen secciones transversales auto-reguladas para producir una mezcla constante.

Así, el aire que entra por el puerto de entrada sigue dos caminos: fluye por la paleta amortiguadora hacia la salida y también entra en el vaso del lubricador por la válvula de retención.

Cuando no hay caudal, existe la misma presión sobre la superficie del aceite en el vaso, en el tubo del aceite y en el visualizador del goteo. Por consiguiente, no hay movimiento de aceite.



Cuando el aire fluye por la unidad, el restrictor del visualizador de goteo provoca una caída de presión entre la entrada y la salida. Cuanto más elevado es el caudal, más grande es la caída de presión.

Puesto que el visualizador del goteo está conectado por un orificio capilar a la zona de baja presión inmediatamente después del mismo, la presión es inferior a la del vaso.

Esta diferencia de presión fuerza la subida del aceite en el tubo, por la válvula de retención del aceite y el regulador del caudal hasta el visualizador.

Una vez en el visualizador, el aceite se infiltra por el orificio capilar en la corriente de aire principal de mayor velocidad. El aceite se rompe en partículas minúsculas, se atomiza y mezcla homogéneamente con el aire debido al torbellino creado por la paleta amortiguadora.

La paleta amortiguadora está fabricada en material flexible para permitir que se doble al aumentar el caudal, ensanchando el paso del caudal, para regular automáticamente la caída de presión y mantener siempre una mezcla constante.

El regulador del caudal permite la regulación de la cantidad de aceite para una caída de presión determinada. La válvula de retención del aceite retiene el aceite en la parte superior del tubo, en el caso en que se detuviera temporalmente el caudal de aire.

La válvula de retención del aire posibilita el rellenado de la unidad sin necesidad de desconectar el suministro de aire.

El avance correcto del aceite depende de las condiciones de funcionamiento, aunque, como norma general, se permiten una o dos gotas por ciclo de la máquina.

Es recomendable utilizar un aceite mineral puro de 32 centistokes de viscosidad.

8.1.3. UNIDADES DE FILTRO-REGULADOR-LUBRICADOR (F.R.L.)

Los elementos compuestos por filtro, regulador de presión y lubricador modulares pueden estar combinados en una unidad de servicio conectándolos con bloques de unión y anclaje. En las configuraciones más recientes se pueden instalar fácilmente escuadras de fijación y otros accesorios. Al conjunto F.R.L. también se le llama unidad de servicio.

El tamaño de la unidad modular debe de seleccionarse de acuerdo con el caudal máximo del sistema. Generalmente los fabricantes proporcionan información suficiente para una buena elección.

8.2. ACTUADORES

El elemento final de los sistemas neumáticos son los actuadores, los cuales nos transforman la potencia neumática en fuerza mecánica, movimientos lineales o movimientos rotatorios.

El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo; éstos también proporcionan movimientos rotativos con un ángulo de hasta 270° por medio de actuadores del tipo paleta y de piñon-cremallera, y motores neumáticos de rotación continua.

8.2.1. CILINDROS LINEALES

Los cilindros neumáticos en sus diferentes configuraciones representan los componentes de energía más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales se derivan algunas construcciones especiales:

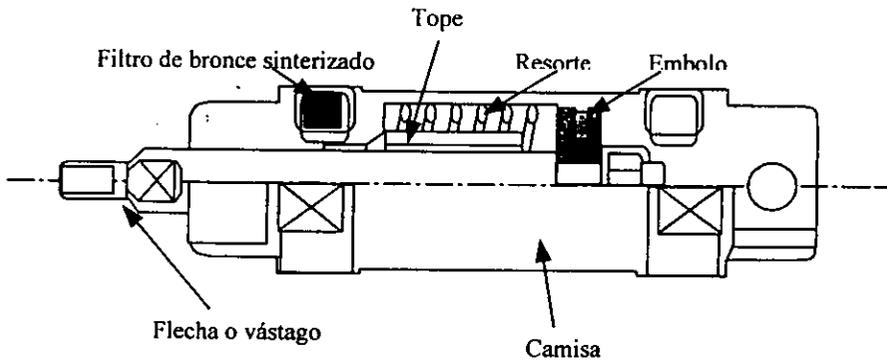
- Cilindros de simple efecto con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un solo sentido.

- Cilindros de doble efecto con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

8.2.1.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como carga, gravedad, movimiento mecánico, etc.

Pueden ser de tipo normalmente adentro (retraído o contraído) o normalmente fuera (extendido). A continuación se muestra un cilindro de simple efecto con retorno por resorte normalmente adentro o contraído.

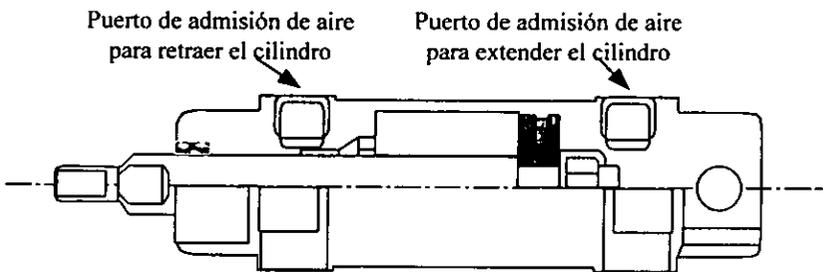


Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, entre otras aplicaciones. Tienen un consumo de aire algo más bajo que el cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno más grande.

También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada.

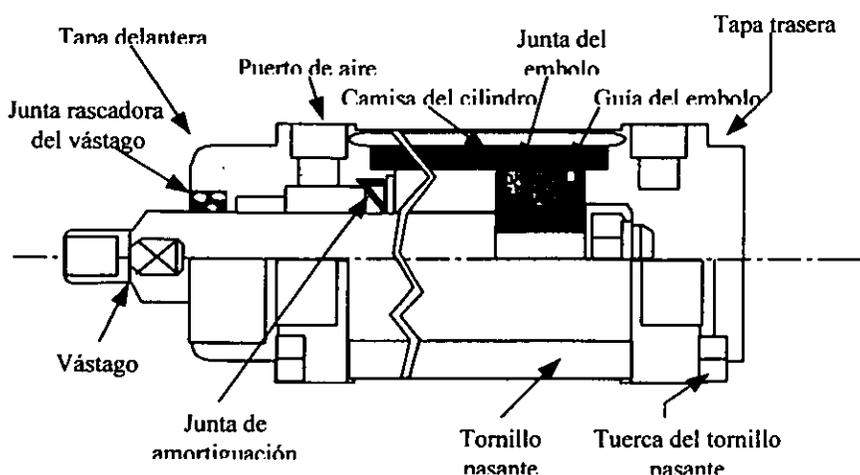
8.2.1.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

Con este actuador, el trabajo se desarrolla en ambas carreras, en la de entrada y la de retroceso, puesto que la presión se aplica alternativamente a los lados opuestos del émbolo. El impulso disponible en la carrera de retroceso es menor debido a que el área efectiva del émbolo se ve disminuida por el área ocupada por el vástago; sin embargo, sólo es necesario considerarlo si el cilindro tiene que accionar con la misma carga en ambos sentidos.



8.2.1.3. COMPONENTES DE LOS CILINDROS

A continuación se ilustra la construcción de un cilindro de doble efecto mostrando algunos de sus componentes.



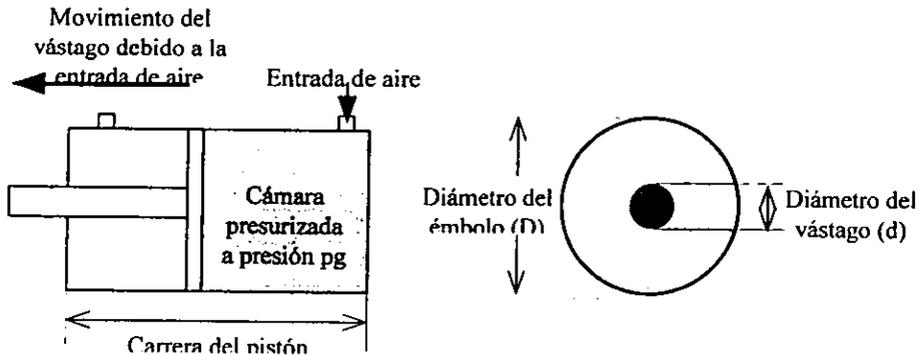
La camisa del cilindro está hecha generalmente con un tubo sin costura que puede tener un revestimiento duro y muy bien acabado en la superficie de trabajo interna, para minimizar el desgaste y el rozamiento.

Las tapas delantera y trasera son de alguna aleación de aluminio o de hierro maleable y están sujetas por tornillos pasantes, como el de la figura, o en el caso de cilindros pequeños, pueden ser roscados en el tubo del cilindro o embutidos.

La junta del émbolo es la que restringe el aire al entrar por alguno de los puertos del pistón, lo cual permite que el cilindro se vaya presurizando y, debido a la fuerza que se genera por esta presión en el área del émbolo, el cilindro tiende a moverse en dirección contraria a la entrada de aire presurizado.

8.2.1.4. CALCULO DE FUERZA DE UN CILINDRO

Así, la fuerza desarrollada por el cilindro esta en función del diámetro del émbolo, de la presión del aire de alimentación y de la resistencia debida al rozamiento.



Sin tener en cuenta las fuerzas de rozamiento, se pueden realizar los cálculos teóricos de fuerza de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Fuerza (Nw)} = \text{Area del émbolo (m}^2\text{)} \times \text{presión del aire (Nw / m}^2\text{)}$$

Por lo tanto, para un cilindro de doble efecto, tenemos:

- Carrera de salida:

$$F_E = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p_g$$

- Carrera de entrada:

$$F_R = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p_g$$

Como se ve, la fuerza de entrada del pistón es menor a la fuerza de salida, esto debido a el área que ocupa el diámetro del vástago.

Para un cilindro de simple efecto:

- Carrera de salida:

$$F_E = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p_g - F_S$$

Donde F_S es la fuerza del resorte al extremo de la carrera.

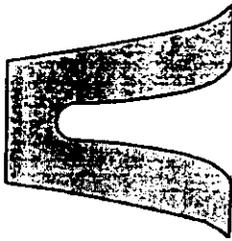
- Carrera de entrada:

$$F_R = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p_g - F_S$$

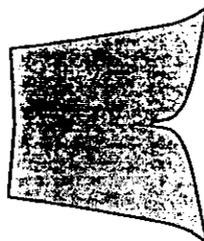
8.2.1.5. TIPOS DE SELLOS DEL EMBOLO

Usualmente, el material que se utiliza en los sellos del émbolo suele ser hule buna, teflón, en ocasiones cuero, que es muy bueno pero muy caro, y algunos materiales especiales como vitón para aplicaciones de alta temperatura.

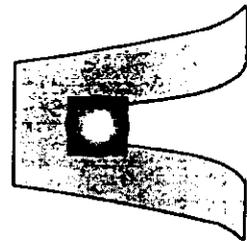
Los sellos del émbolo pueden ser de las siguientes secciones transversales:



Sección "U"



Sección "V"



Sección "U"
con o-ring

Pueden ser también alguna combinación de estos, como de múltiple en "V".

También se llega a utilizar el de tipo o-ring de sección transversal o de sección cuadrada, aunque no es muy recomendable para presiones altas; es mejor utilizar los de tipo o-ring para empujar otros empaques, como el que se muestra en la figura anterior.



O-ring de sección redonda.



O-ring de sección cuadrada

También se suelen utilizar de anillo metálico, los cuales duran mucho y soportan altas temperaturas, pero el sello no llega a ser perfectamente hermético.

Los sellos de tipo copa son muy utilizados en los pistones neumáticos, debido a que garantizan un buen sello y alta durabilidad.



Sellos de tipo copa

En lo que respecta a la junta del vástago, generalmente es de tipo "U" o de o-ring de sección transversal circular o cuadrada.

8.2.1.6. SELECCION DE LAS DIMENSIONES DEL CILINDRO

Como se decía, los cálculos fuerza de un cilindro dependen de el diámetro del émbolo, del diámetro del vástago y de la presión de trabajo de aire.

Así, los diferentes fabricantes de cilindros neumáticos proporcionan tablas que facilitan en gran medida la selección de un cilindro de acuerdo a las características requeridas.

Como ejemplo, se muestra la siguiente tabla que proporciona Schrader- Bellows Parker:

Cilindro	Presión del cilindro				
	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar
D= 50 mm vástago d= 20 mm	78 / 66	98 / 82	118 / 99	137 / 115	157 / 132
D= 63 mm vástago d= 20 mm	124 / 112	156 / 140	187 / 168	218 / 196	250 / 224
D= 80 mm vástago d= 20 mm	200 / 181	250 / 227	300 / 272	352 / 317	402 / 363
D= 100 mm vástago d= 20 mm	314 / 294	392 / 368	471 / 442	550 / 551	628 / 589
D= 125 mm vástago d= 20 mm	491 / 459	614 / 573	736 / 688	860 / 802	982 / 917

8.2.1.7. CAUDAL DE AIRE Y CONSUMO

Existen dos formas para expresar el consumo de aire de un cilindro o un sistema neumático. Uno es el consumo medio por hora; el segundo es el consumo máximo de un cilindro, el cual se usa para calcular el tamaño correcto de la válvula que lo va a accionar o, en el caso de un sistema neumático, para calcular el tamaño necesario de la unidad filtro-regulador-lubricador.

Así, el consumo de aire de un cilindro viene definido como:

Consumo del cilindro = Área del émbolo x longitud de carrera x N_o de carreras x minuto x presión absoluta

Donde El número de recorridos por minuto del cilindro es el número de carreras. Cada ciclo consta de dos carreras, una de ida y otra de regreso.

Entonces, el consumo de aire de un cilindro en una sola carrera es:

$$\text{Consumo del cilindro} = \frac{\pi D^2}{4} l \cdot P_{abs}$$

Donde:

D= Diámetro del cilindro en cm

l= Longitud del cilindro en cm

P_{abs}= Presión del cilindro en bar

Y el resultado lo obtenemos en cm³ / carrera (cm³ estándar). Entonces, el consumo para un ciclo será el doble, ya que para facilidad se desprecia el volumen del vástago.

El consumo de las tuberías entre las válvulas y el cilindro viene determinado por la formula:

$$\text{Consumo en tuberías} = \frac{\pi d_i^2}{4} l \cdot P$$

Donde:

d= Diámetro interior del tubo

l= Longitud total del tubo

P= Presión manométrica

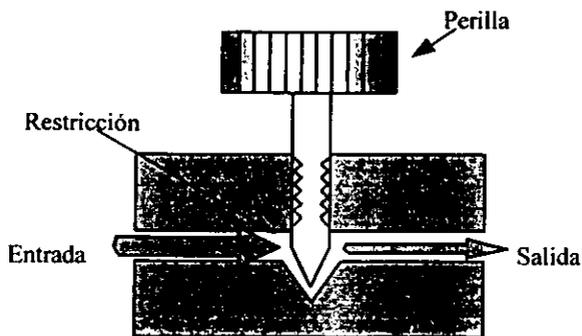
La suma de todos los cilindros de una máquina representa el consumo de aire considerado como coste de energía.

8.2.1.8. CONTROL DE VELOCIDAD

La velocidad de un cilindro está determinada por la fuerza que ejerce el aire comprimido detrás del embolo, sobre de la carga.

Sin un control de velocidad, el pistón se puede extender o contraer demasiado aprisa, lo cual puede afectar a la carga a mover o en daños o golpes demasiado violentos, o bien puede ser demasiado lento por lo que la producción se puede ver perturbada.

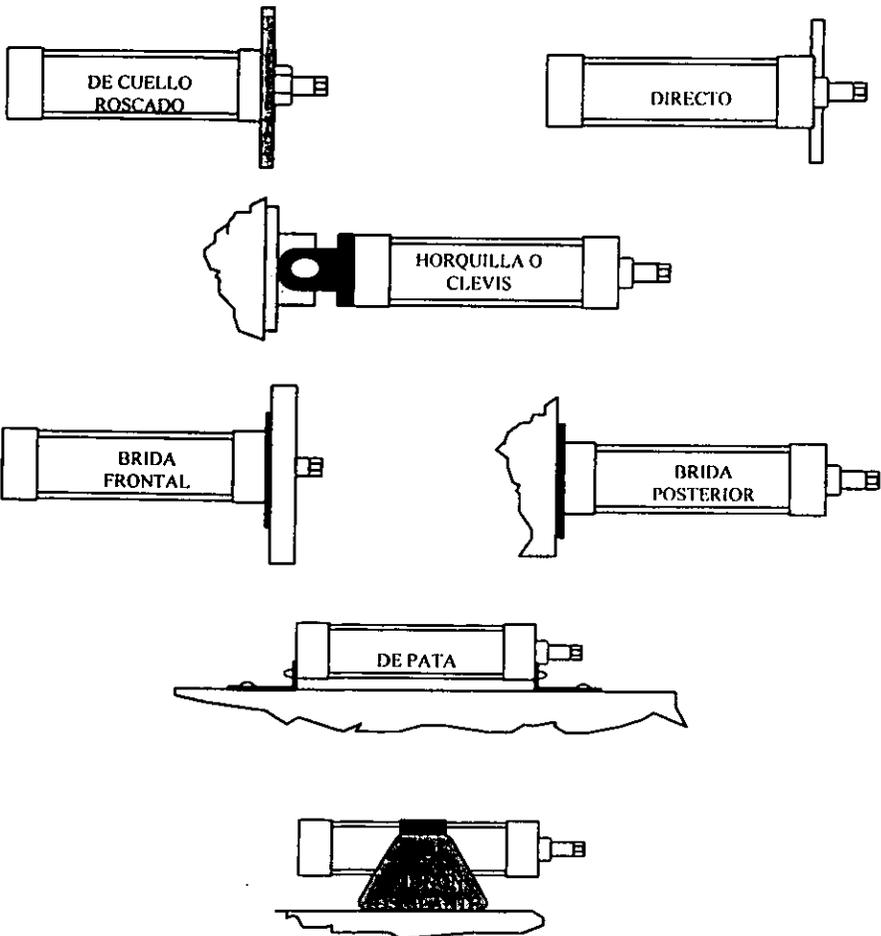
Una restricción en el caudal de aire que escapa crea una fuerza neumática que viene definida por la velocidad del pistón, ya que de ella depende el volumen de aire que trata de pasar a través de la restricción. Esto se logra con un regulador de velocidad. Este fenómeno limita y estabiliza la velocidad del pistón.



Regulador de caudal

8.2.1.8. MONTAJE DEL CILINDRO

Para asegurar que los cilindros estén montados correctamente, de acuerdo a la aplicación que se desee, los fabricantes de estos ofrecen una gama de fijaciones que satisfacen prácticamente todos los requisitos, incluyendo el movimiento oscilante. A continuación se muestran varios métodos de fijación de cilindros:



8.2.2. CILINDROS ESPECIALES

Existen también en el mercado una gran gama de cilindro especiales para usos en aplicaciones particulares, entre los que se encuentran:

- Cilindros de doble vástago. Pueden ser utilizados, por ejemplo, para accionar una mesa de carrera larga. Los extremos del vástago del émbolo se mantienen fijos, mientras que lo que mueve la mesa es el cuerpo al estar fijado a ella.
- Cilindros tándem. Este esta formado por dos cilindros de doble efecto unidos por un vástago común, con lo que se consigue que la fuerza de salida sea casi del doble que la de un cilindro estándar del mismo diámetro.
- Cilindro multiposicional. Este cilindro consta de dos émbolos y dos vástagos separados dentro de la cámara del cilindro, con lo cual se consigue posicionar el cilindro en tres posiciones diferentes.
- Cilindro de vástagos paralelos. Este cilindro consta de dos vástagos paralelos en el mismo cilindro, lo que nos proporciona más fuerza de accionamiento, a la vez de mayor resistencia a la flexión de esté.
- Cilindro plano. En estos cilindros, el embolo no tiene el perfil de un circulo, sino más bien de una elipse, con lo cual se tiene un ahorro de espacio a la vez de la propiedad de antigiro.
- Cilindro sin vástago. Esto cilindros pueden ser de dos formas: sin vástago con fijación magnética entre el émbolo y el carro, y cilindros sin vástago con acoplamiento mecánico. Estos cilindros presentan la ventaja sobre los estándar de que se pueden

utilizar de la misma carrera que estos pero en espacios más reducidos, y se pueden adquirir en carreras muy largas.

- Cilindro de vástago hueco. El vástago hueco proporciona una conexión directa entre el equipo generador de vacío y una ventosa acoplada al extremo del vástago, por lo que su aplicación es la de “tomar” y “colocar” objetos.

- Pinzas. Este es un actuador diseñado para tomar componentes en aplicaciones de robótica.

- Actuadores de giro. Estos actuadores de giro se pueden ajustar mecánicamente para que den giros de 45° , 90° , 180° , 270° , 360° , o los grados necesarios de acuerdo a la aplicación, de no más de 360° . Estos actuadores principalmente se utilizan para posicionamiento de piezas.

8.3. VALVULAS

Las válvulas se dividen en 5 grupos:

- Válvulas de presión, o reguladores de presión.
- Válvulas de caudal, o reguladores de flujo.
- Válvulas de cierre.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de vías, distribuidoras o direccionales.

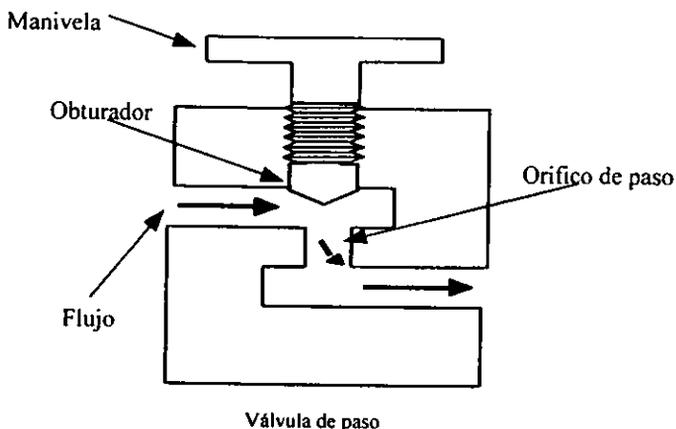
Las válvulas reguladoras de presión y las reguladoras de caudal ya las vimos en secciones anteriores.

8.3.1. VALVULAS DE CIERRE

Las válvulas de cierre sirven para permitir u obstruir el paso del fluido, en este caso aire comprimido, a un determinado sistema.

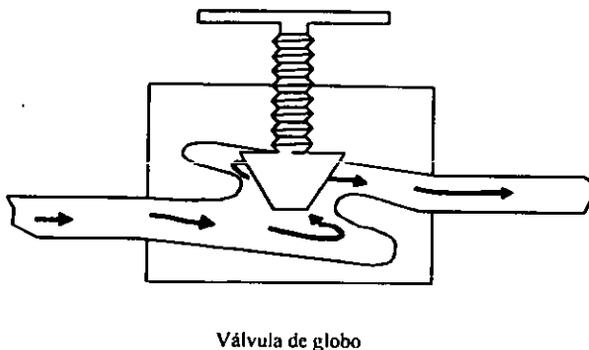
Estas válvulas pueden ser de tipo globo, de cuchilla, de bola de 1/4 de vuelta, de aguja, de paso, unidireccionales o bidireccionales.

Las válvulas de paso tienen un conducto de flujo directo a través de su centro. El tamaño del orificio se modifica girando la manivela que posiciona el obturador.

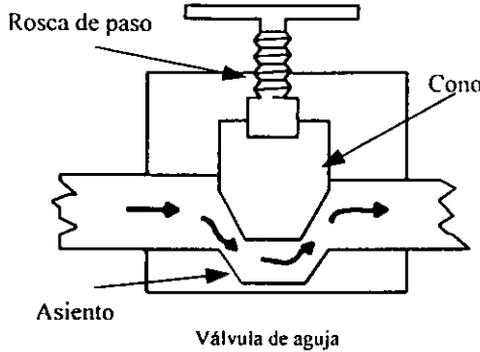


Aunque las válvulas de paso no se diseñan para restringir caudal, se usan en sistemas donde se requiere una regulación del tipo abierto-cerrado.

Las válvulas de globo no tienen un conducto interno de pasaje directo, ya que el fluido tiene que girar 90 ° y pasar a través de una abertura que es el asiento de un tapón o globo. El tamaño de la abertura se modifica posicionando el tapón.

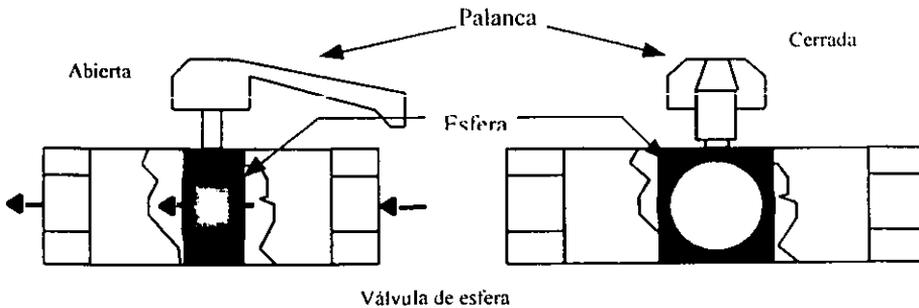


El fluido que pasa por una válvula de aguja debe de girar 90 ° y pasar a través de una abertura que es el asiento de un vástago con su punta en forma de cono. El tamaño del orificio se puede modificar gradualmente debido a una rosca de paso muy fina sobre el eje de la válvula y a la forma del cono.



Las válvulas de aguja tienen su mayor aplicación en sistemas hidráulicos.

Las válvulas de bola proporcionan el paso a través de una esfera, generalmente metálica, que presenta un conducto en el centro y a través de ésta. Para limitar el paso, basta con girar la palanca para que el cuerpo de la válvula selle gradualmente el orificio de la esfera, restringiendo el paso del fluido, hasta completar 1/4 de vuelta, con lo cual queda completamente sellada la entrada.



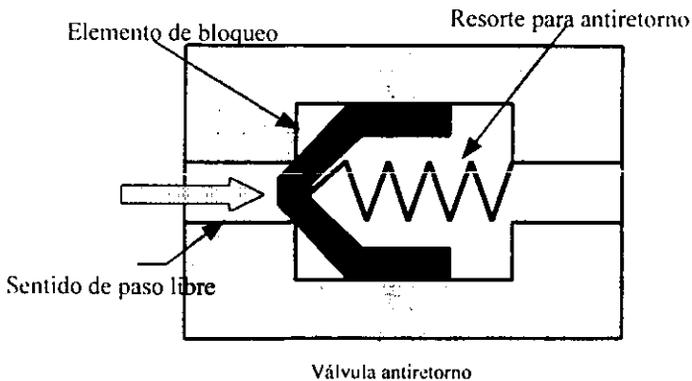
Al cerrar una válvula de este tipo, se garantiza la obstrucción del fluido al sistema, pero también la salida de este, es decir, que el sistema se queda presurizado. Dado que en algunos sistemas es conveniente que al cerrar la válvula de paso de aire el sistema quede despresurizado, existen válvulas de cierre con desfogue al cerrar, con lo cual se libera la presión del sistema.

8.3.2. VALVULAS DE BLOQUEO

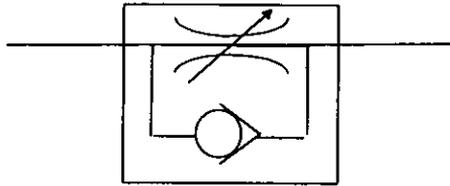
En casi todos los mandos son necesarias las válvulas de bloqueo y reguladoras de caudal. Se tienen 3 tipos generales de válvulas de bloqueo:

- Válvulas antiretorno.
- Válvulas tipo "O".
- Válvulas tipo "Y".

Como ya vimos, las válvulas reguladoras estrangulan el aire comprimido en sentido del flujo. En cambio, las válvulas antiretorno son elementos que bloquean el flujo en un sentido y lo dejan pasar libremente en otro.

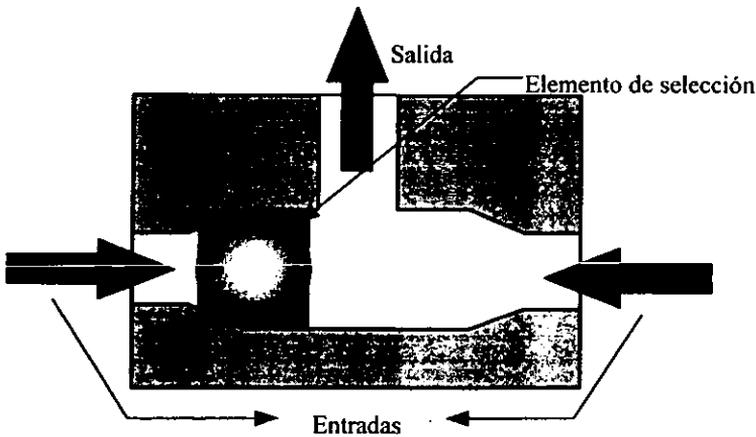


La combinación de ambas válvulas representa a los reguladores unidireccionales, en los cuales el aire tiene el paso libre en un sentido, sin embargo en el sentido contrario pueden disminuirse ó incluso hasta cerrarse por completo. Esto se representa de la siguiente manera:



Símbolo de regulador de flujo unidireccional

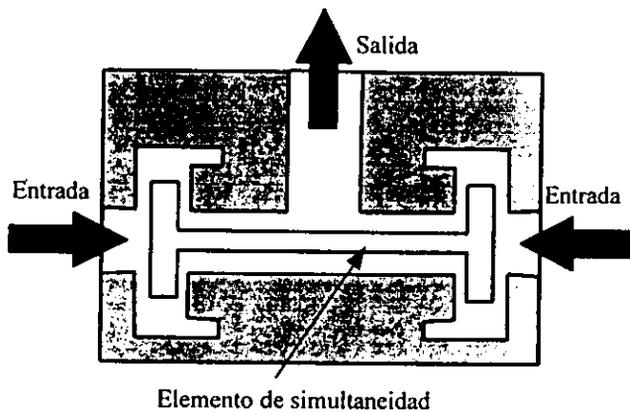
La válvula de tipo "O" ó selectora de circuito tiene dos entradas (X, Y) y una salida A. Este tipo de válvula impide el escape del aire por el puerto de entrada que no tiene presencia de aire.



Válvula selectora

Como se puede apreciar en la figura anterior, cuando hay presencia de aire por la entrada Y, el balín cierra el paso de este hacia el puerto de entrada X, por lo cual el aire va en la dirección Y-A. Este tipo de válvulas son muy utilizadas como escapes rápidos.

La válvula "Y" o válvula de simultaneidad tiene 2 entradas (X, Y) y una salida A. En este caso, el paso del aire comprimido solo se produce cuando existen ambas señales de entrada.



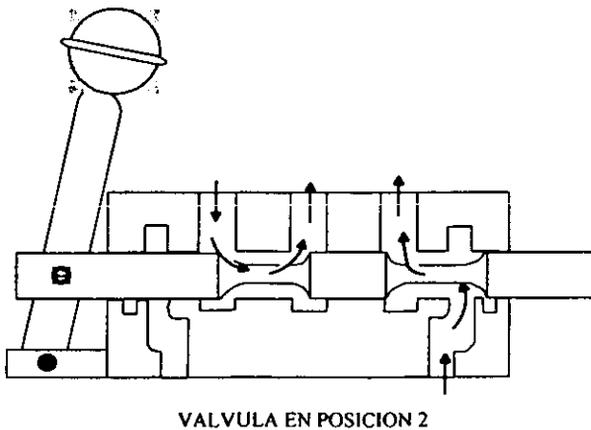
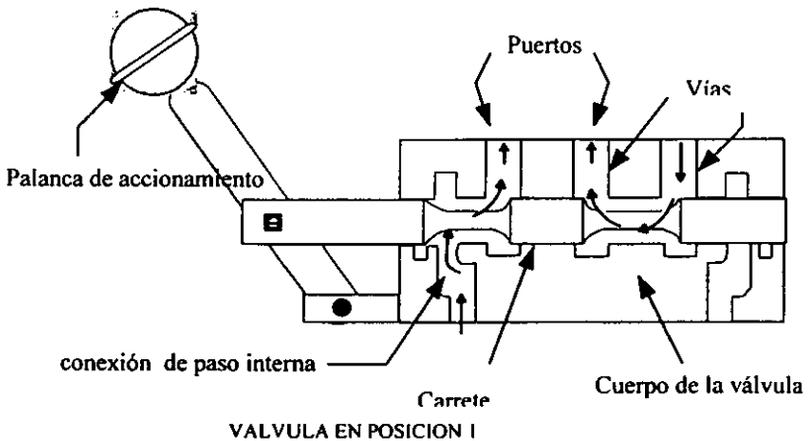
Válvula de simultaneidad

La figura anterior muestra como la salida se bloquea en tanto no se presente señal de aire comprimido en las dos entradas de la válvula. Esta válvula se utiliza principalmente en mandos de bloqueo, seguridad, funciones de control ó enlaces lógicos.

8.3.3. VALVULAS DE VIAS O DIRECCIONALES

Las válvulas direccionales controlan el paso por entre sus vías por medio de una parte móvil dentro de un cuerpo con conductores internos, abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas para de esta forma llevar el aire comprimido a la dirección deseada.

En las válvulas direccionales el vástago o carrete constituye la parte móvil. Esto se ilustra en la siguiente figura.

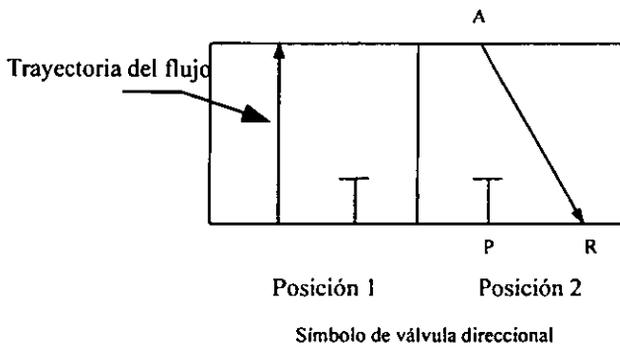


Como se representa en la figura, al accionar la palanca en una u otra dirección se desplaza el carrete conectado a ésta, con lo cual la válvula cambia de estado y el paso del aire también se modifica, dando posibilidad de alimentar un elemento diferente en cada acción.

Puesto que, como ya dijimos, el carrete es móvil, las válvulas pueden tener por lo menos dos posiciones diferentes.

La designación de una válvula distribuidora depende de la cantidad de vías y de posiciones de trabajo, así como de su método de activación y su posición normal o de relajación.

El símbolo fundamental de una válvula es un cuadrado al cual se le agregan flechas que muestran la trayectoria del flujo y la dirección de la misma.



La cantidad de cuadros yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula. Tomando en cuenta un solo cuadro, el número de vías es el número de entradas y salidas de la válvula.

Las conexiones de entradas y salidas se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición en reposo.

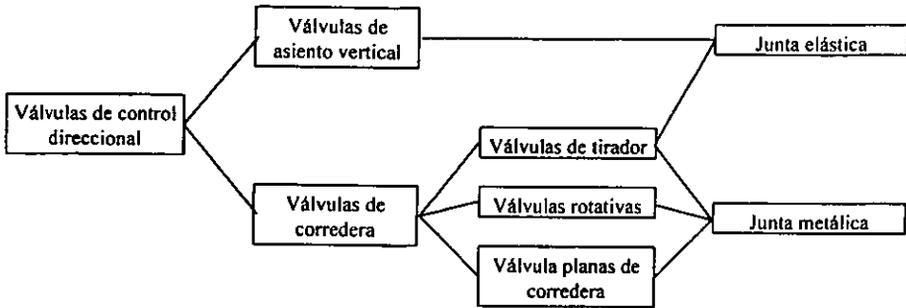
La designación de los puertos depende de su utilización, y se nombran de acuerdo a la norma de construcción, como se ilustra en la siguiente tabla:

	Norma europea	Internacional	Americana
PRESION	P	I	In
SERVICIO	A, B, C,...	2, 4, 6	Out
ESCAPE	R, S, T	3, 5, 7	Ex
PILOTAJE	Z, Y, X	12, 14, 16	Pil

Como ya decíamos, para designar a una válvula distribuidora o de mando, se debe de referir primero a el numero de vías de que consta y luego a el número de posiciones que puede adoptar, separado por una diagonal. Así, por ejemplo, una válvula que conste de dos vías y pueda adoptar dos posiciones sería una válvula 2/2, una con cuatro vía y tres posiciones sería 4/3, y la válvula de la figura anterior es una válvula 3/2.

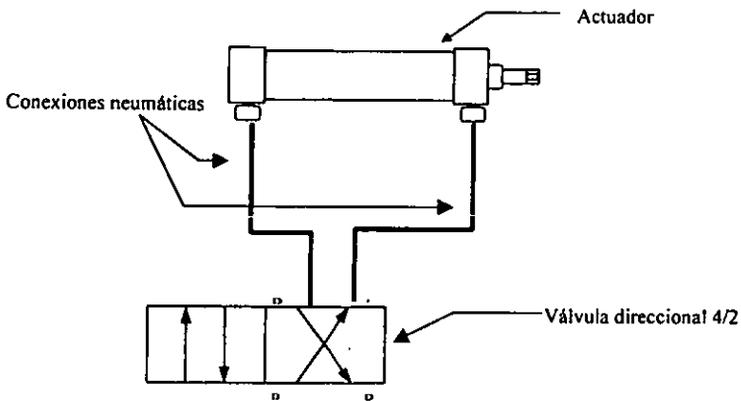
8.3.3.1. TIPOS DE VALVULAS DIRECCIONALES

Los dos métodos principales de construcción son de asiento vertical y de corredera, con juntas metálicas o elásticas. El siguiente diagrama ilustra varios tipos de válvulas.



Las aplicaciones de las válvulas direccionales pueden ser muy variadas, sirviendo tanto para elaborar un control lógico complejo como para únicamente accionar un solo pistón.

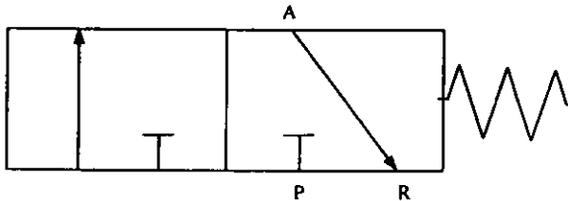
La siguiente figura muestra una aplicación sencilla:



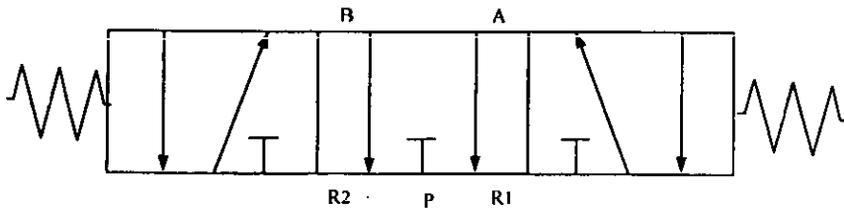
Como muestra la figura de la pagina anterior, al estar la válvula en la posición inicial, el pistón se encuentra retraído, ya que el aire va de P hacia A. Una vez que la válvula cambia de estado, el pistón se extiende, debido a que la presión iría en el sentido de P a E, como lo ilustran las flechas paralelas. Al retomar la válvula a su posición original, una vez más el pistón tendría aire en el lado de enfrente por el puerto A, por lo cual se retrae, con lo que se encuentra listo para un ciclo más.

8.3.4. ACCIONAMIENTO DE LAS VALVULAS DIRECCIONALES

Por lo general, una válvula direccional de dos posiciones utiliza un tipo de actuador para desplazar hacia un extremo el vástago de la válvula direccional, y es bastante común que el mismo vuelva a su posición original por medio de un resorte. Las válvulas direccionales de dos posiciones de este tipo se conocen como válvulas con resorte de retorno, y las de tres posiciones son normalmente centradas.



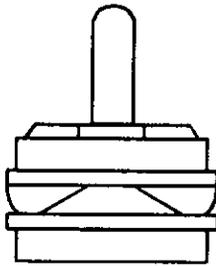
Válvula direccional 3/2, normalmente cerrada, con resorte



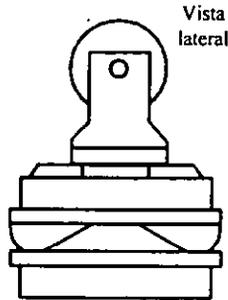
Válvula direccional 5/3 normalmente centrada por resortes

8.3.4.1. ACCIONAMIENTO MECANICO

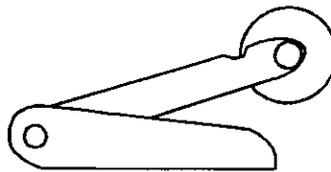
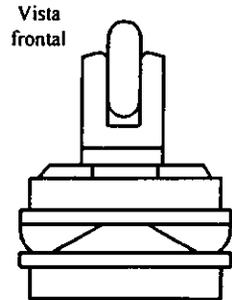
Este tipo de accionamiento es utilizado en maquinas automatizadas, en las cuales algún elemento en movimiento es capaz de accionar la válvula con lo cual se efectúa el cambio de posición de esta y con ello efectuar el control automático del ciclo de trabajo. La siguiente figura ilustra algunos de estos accionamientos mecánicos.



DE PIVOTE



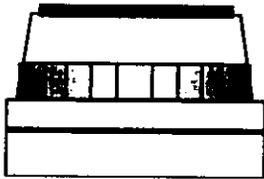
DE RODILLO



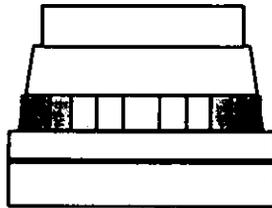
DE RODILLO ESCAMOTEABLE

8.3.4.2. ACCIONAMIENTO MANUAL

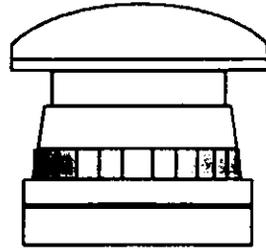
El accionamiento manual se obtiene generalmente acoplando una cabeza de accionamiento sobre una válvula de accionamiento mecánico. Estos accionamientos pueden ser de tipo pulsador o de tipo selector, con o sin enclavamiento, algunos incluso con protección por llave. La siguiente figura muestra diferentes tipos de accionamientos manuales.



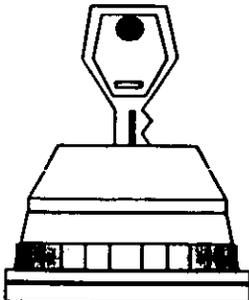
BOTON RASANTE



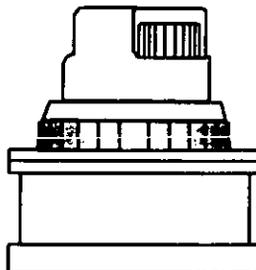
BOTON OPERADOR



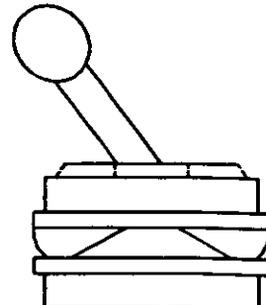
BOTON TIPO HONGO



SELECTOR DE LLAVE



SELECTOR



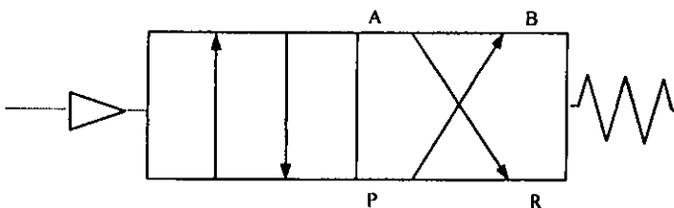
SELECTOR DE PALANCA

8.3.4.3. ACCIONAMIENTO POR PILOTAJE NEUMATICO

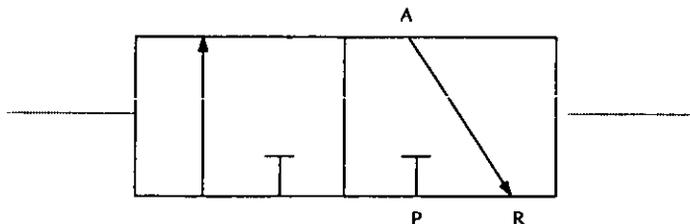
Generalmente se utilizan válvulas pequeñas con accionamiento manual para colocar en un panel de control, las cuales actúan a su vez a alguna válvula más grande con la cual se lleva a cabo el trabajo sobre un actuador. Este tipo de válvula es conocido como válvula servopilotada. Pueden ser válvulas servopilotadas a una posición y con regreso por resorte, o bien válvulas servopilotadas en ambas posiciones.



SIMBOLOS DE PILOTAJE NEUMATICO



VALVULA CON PILOTAJE NEUMATICO Y RETORNO POR RESORTE



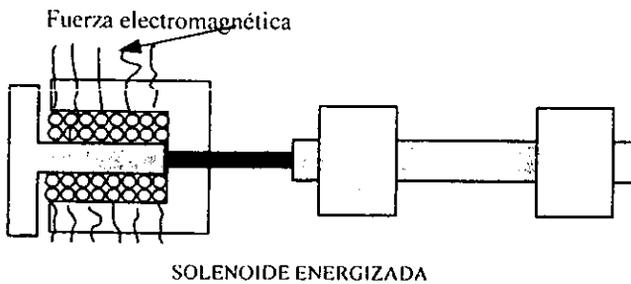
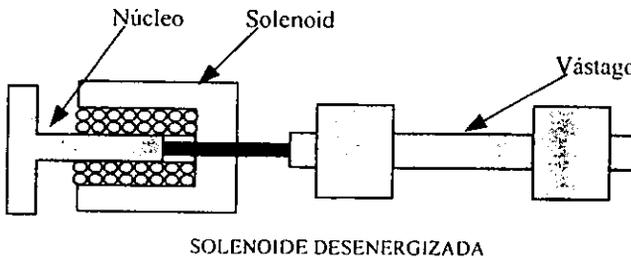
VALVULA CON PILOTAJE NEUMATICO PARA AMBAS POSICIONES (DE MEMORIA)

Las válvulas que requieren dos servopilotajes para cambiar de un estado a otro son también llamadas válvulas de memoria, debido a que cuando se les aplica aire en alguno de los pilotajes, ésta cambia de estado, y permanece en este estado aunque se elimine el pilotaje inicial: solo cambiara de estado hasta que sea pilotada por la otra entrada de pilotaje, y permanecerá en la nueva posición aún después de eliminar los pilotajes.

8.3.4.4. ACCIONAMIENTO ELECTRICO (POR SOLENOIDE)

El accionamiento eléctrico de una válvula neumática es realizado por una solenoide y un núcleo interno. Debido a esto es que se conocen generalmente como electroválvulas.

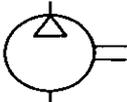
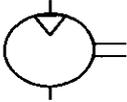
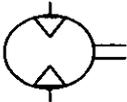
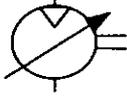
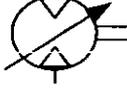
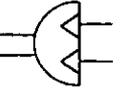
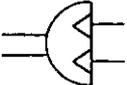
Las electroválvulas de accionamiento directo se emplean la fuerza electromagnética del solenoide para mover el vástago o tirador.

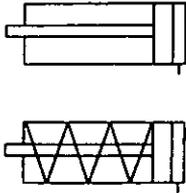
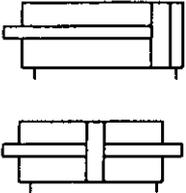
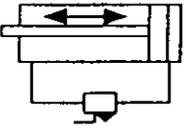
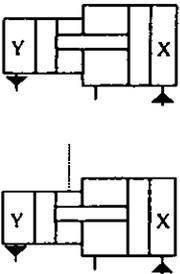


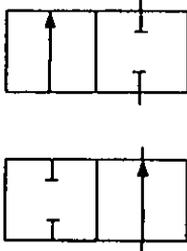
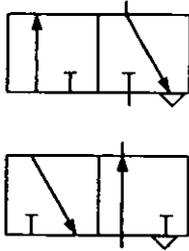
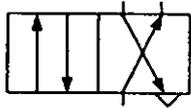
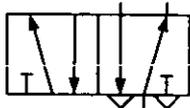
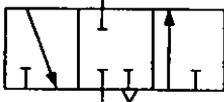
En válvulas grandes, para evitar que el tamaño del solenoide sea demasiado grande, se proveen de un accionamiento indirecto; es decir, al accionar el solenoide esta mueve un carrete pequeño el cual da paso a aire a presión que es el que finalmente mueve el carrete y cambia de estado la válvula. Así, estas válvulas prácticamente son el arreglo de dos válvulas, una pequeña accionada eléctricamente y una mayor con servopilotaje.

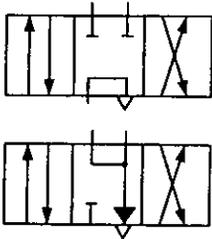
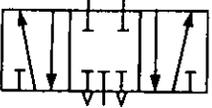
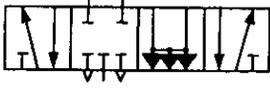
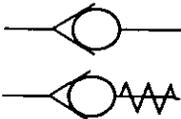
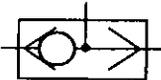
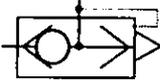
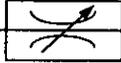
8.4. SIMBOLOGIA

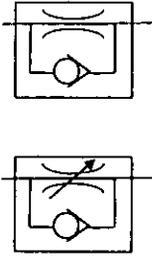
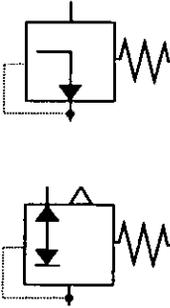
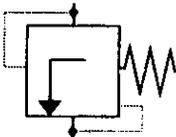
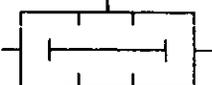
A continuación, se presenta una tabla de simbología para los diferentes tipos de elementos neumáticos.

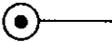
DENOMINACION	SIGNIFICADO	SIMBOLO
TRANSFORMACION DE LA ENERGIA		
Compresor	Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)	
Motor neumático	Con volumen constante de desplazamiento	
	Con un sentido de flujo	
	Con dos sentidos de flujo	
	Con volumen variable de desplazamiento	
	Con dos sentidos de flujo	
Actuador giratorio	Motor neumático con giro limitado	

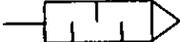
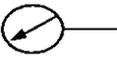
<p>Cilindro de simple efecto</p>	<p>Retroceso por una fuerza no determinada (por ejemplo, por gravedad)</p> <p>Retroceso por resorte</p>	
<p>Cilindro de doble efecto</p>	<p>Con vástago simple</p> <p>Con doble vástago</p>	
<p>Cilindro con accionamiento constante</p>	<p>Cilindro en el que, una vez que se le suministra presión de aire, el movimiento del embolo de extensión y retroceso se invierte automáticamente hasta que se corta el suministro de aire a presión.</p>	
<p>Multiplicador de presión</p>	<p>Son dispositivos que convierten una presión X en una presión Y mayor.</p> <p>Para medios de presión del mismo fluido (por ejemplo neumático a neumático)</p> <p>Para medios de presión de diferente fluido (por ejemplo neumático a hidráulico)</p>	

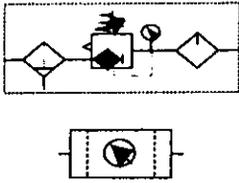
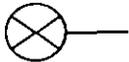
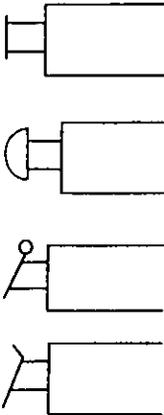
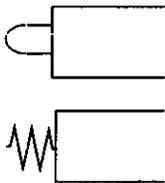
VALVULAS DE MANDO		
2/2 vías	<p>Dos conexiones, posición de reposo cerrada</p> <p>Dos conexiones, posición de reposo abierta</p>	
3/2 vías	<p>En primera posición de conexión, entrada cerrada</p> <p>En segunda posición, escape o línea de refluo cerrado</p>	
4/2 vías	<p>Con dos posiciones de conexión</p>	
5/2 vías	<p>Con dos posiciones de conexión</p>	
3/3 vías	<p>Con posición central cerrada y dos posiciones de conexión</p>	

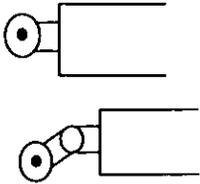
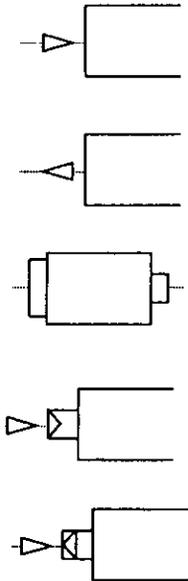
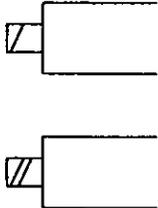
<p>4/3 vías</p>	<p>Con posición central a depósito y dos posiciones de conexión</p> <p>Con posición central en salida a escape y dos posiciones de conexión</p>	
<p>5/3 vías</p>	<p>Con posición central cerrada y dos posiciones de distribución</p>	
<p>5/4 vías</p>	<p>Con posición central cerrada y tres posiciones de distribución</p>	
<p>Válvula antirretorno</p>	<p>Sin resorte</p> <p>Con resorte</p>	
<p>Válvula selectora</p>	<p>El puerto con mayor presión está automáticamente unido a la salida, mientras que el otro puerto está cerrado</p>	
<p>Válvula de escape rápido</p>	<p>Cuando el puerto de entrada está sin aplicación de presión, la salida se encuentra con escape a la atmósfera</p>	
<p>Válvula de estrangulación</p>	<p>Con estrangulación regulable</p>	

<p>Regulador unidireccional (válvula antirretorno con estrangulación)</p>	<p>Regulador con paso de aire en un sentido y estrangulación en el otro.</p> <p>Con estrangulación regulable</p>	
<p>Válvula reguladora de presión</p>	<p>Válvula que mantiene confiablemente constante la presión de salida independientemente de las alteraciones en la presión de entrada.</p> <p>Sin escape.</p> <p>Con escape.</p>	
<p>Regulador de presión diferencial</p>	<p>La presión de salida se reduce en un valor fijo, que depende de la presión de entrada.</p>	
<p>Válvula de aislamiento o cierre</p>		
<p>Válvula de simultaneidad</p>	<p>Solamente hay aire a presión a la salida cuando las dos entradas se hallen bajo presión</p>	

TRANSMISION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA ENERGIA		
Fuente de presión		
Conducción de trabajo	Conducción para transmisión de aire a presión	
Conducción de mando	Conducción para transmisión de energía de mando (incluyendo ajuste y regulación)	
Conducción de salida o fuga		
Unión de conducción flexible	Para unir piezas móviles	
Conducción eléctrica	Conducción para transmisión de energía eléctrica	
Unión entre conducciones	En "T" En cruz	
Cruce de conductores	Conductores no unidos entre si	
Orificio de salida		

Toma de energía		
Silenciador		
Recipiente (deposito de aire comprimido)		
Filtro	Dispositivo para separar partículas de suciedad	
Separador de agua	Accionamiento manual	
	Con purga automática	
Filtro con separador de agua	Accionamiento manual	
	Con purga automática	
Secador de aire		
Lubricador	Enriquece el aire con un pequeño flujo de aceite para la lubricación de los elementos de trabajo	
Manómetro		

<p>Unidad de mantenimiento</p>	<p>Unidad de dispositivos que consiste de filtro, regulador de presión, manómetro y lubricador</p> <p>Símbolo simplificado</p>	
<p>Indicación óptica</p>	<p>Indicación de presencia de presión mediante color</p>	
<p>TIPOS DE ACCIONAMIENTO</p>		
<p>Accionamiento muscular</p>	<p>En general (sin indicación del tipo de accionamiento)</p> <p>Mediante pulsador</p> <p>Mediante palanca</p> <p>Mediante pedal</p>	
<p>Accionamiento mecánico</p>	<p>Mediante leva</p> <p>Mediante muelle</p>	

<p>Accionamiento mecánico (continuación)</p>	<p>Mediante rodillo</p> <p>Mediante rodillo escamoteable</p>	
<p>Accionamiento neumático</p>	<p>Efecto directo por medio de la aplicación de presión</p> <p>Mediante escape en el pilotaje</p> <p>Mediante diferentes superficies de mando</p> <p>Mediante aplicación de presión de la válvula servopilotada</p> <p>Mediante compensación de la válvula servopilotada</p>	
<p>Accionamiento eléctrico</p>	<p>Mediante electroimán con un bobinado</p> <p>Con dos bobinados de efecto en el mismo sentido</p>	

<p>Accionamiento eléctrico (continuación)</p>	<p>Con dos bobinados de efecto en sentido inverso</p>	
<p>Enclavamiento</p>	<p>Dispositivo que mantiene una posición prefijada</p>	

PARTE III. AUTOMATIZACION DEL EMPAQUETADO DE PAÑALES

INTRODUCCION

Para hacer más eficientes las operaciones, es necesario automatizarlas. Una forma muy practica de hacerlo, es por medio de sistemas electroneumáticos, ya que son sencillos de implementar y pueden trabajar a velocidades de moderadas a rápidas, a la vez de que en el mercado existen artículos muy variados que hacen posible llevar a cabo prácticamente cualquier tarea a través de un diseño adecuado y una ingeniería bien aplicada.

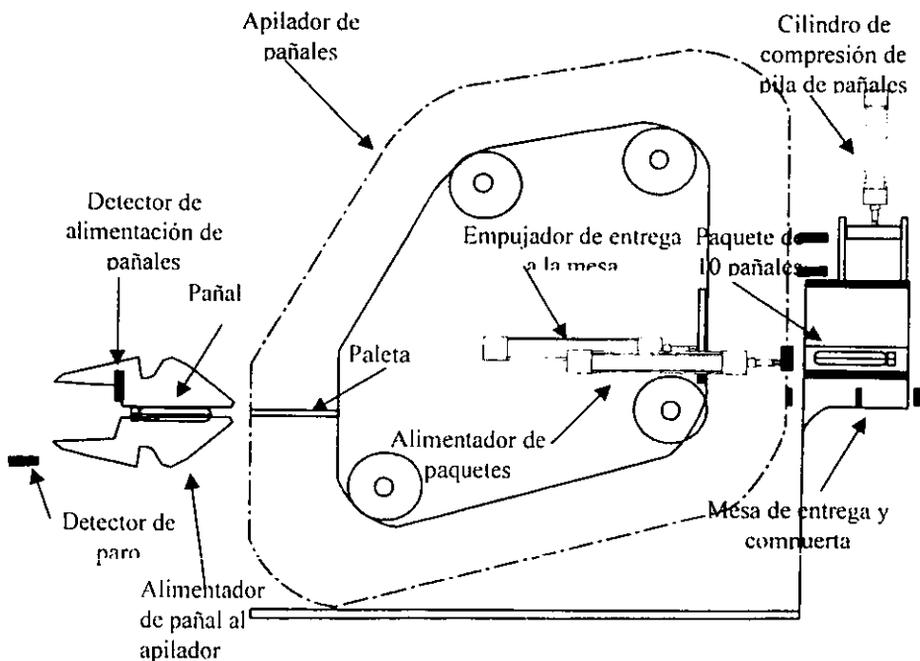
Es necesario que al implementar un sistema automático, se tengan en cuenta varias características, como son sencillez en el diseño, no redundar demasiado en los elementos, que estos sean de fácil adquisición en caso de daño, que sean accesibles para su mantenimiento, y, sobre todo, que su operación sea segura. Para esto, es deseable utilizar equipos que existan en el mercado, tener bien definida la operación que se desea realizar y poner elemento de seguridad para evitar cualquier tipo de accidentes con la operación del sistema.

Cada vez más equipos se encuentran completamente automatizados en su operación, sin embargo algunos solo tienen automatizada una parte y otra no o, en otros casos, lo que se desea es que una maquina ya implementada se automatice completamente o en alguna de sus secciones. En este ultimo caso, es necesario que la parte que se va a automatizar tenga en cuenta la operación que le precede o antecede para cumplir correctamente con su cometido, que es hacer más eficiente la maquina. Para esto se deben de considerar los tiempos, indicadores y movimientos de las otras secciones.

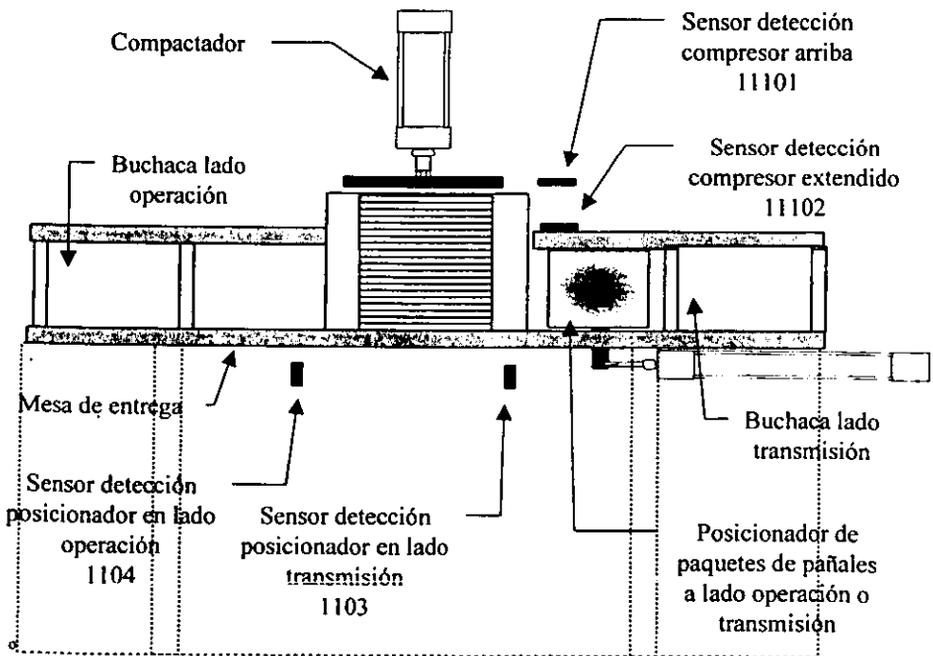
CAPITULO 9. RECEPCION DE PAÑALES

9.1. CARACTERISTICAS DE ENTREGA DE PAÑALES

La maquina puede entregar 400 pañales por minuto (PPM), que va alimentando a un apilador con el cual se pueden entregar paquetes de 10 pañales a una buchaca o a dos, entregando dos paquetes por buchaca para completar 20 pañales por bolsa. En la siguiente figura se ilustra la entrega de pañales de la maquina (por medio de bandas) a los "dedos" (paletas) del apilador.

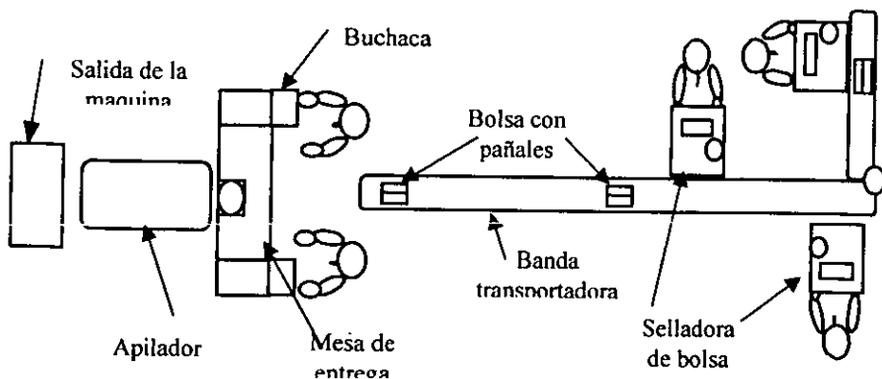


Como se puede apreciar de la figura anterior, la sección de alimentación de pañales cuenta con 2 sensores de proximidad, el detector de alimentación y el detector de paro, los cuales se han colocado de tal forma que puedan detectar claramente el pañal. Así mismo, el empujador de entrega cuenta con un sensor que detecta el limite de carrera en posición retraído (11100). Este cilindro se extiende cada que el apilador acumula 10 pañales a la salida, con lo cual entrega el paquete a la mesa de entrega, donde, al detectar el PLC el cambio de posición a posición retraída del empujador, activa el cilindro de compresión de pañales. Este cilindro de compresión cuenta con dos sensores de posición para los extremos de su carrera, extendido (11102) y retraído (11101). En la siguiente figura se muestra el sistema de frente.



Cuando se detecta al compresor en posición extendida (de compresión), se activa el cilindro de selección de buchaca del paquete de pañales, dependiendo de la última posición que tenga y si se han seleccionado dos o una buchaca. En cuanto se activa el correspondiente sensor de posición del cilindro de selección, lado operación (11104) o lado transmisión (11103), retrocede el cilindro de compresión, a la vez que avanza el cilindro de alimentación de paquetes del lado correspondiente (transmisión u operación). Si es el primer paquete que se posiciona en el lado correspondiente, operación o transmisión, el cilindro de selección regresa a su posición original y el cilindro de alimentación solo sale hasta la mitad de su carrera detectada por un sensor (11106 lado operación, 11111 lado transmisión). En caso de que se hayan posicionado ya dos paquetes de pañales, el cilindro de selección se queda en esa última posición y el cilindro de alimentación recorre su carrera completa, detectada por otro sensor (11107 lado operación, 11112 lado transmisión), con lo cual queda listo para otro ciclo.

Actualmente, el operador se encarga de colocar la bolsa de recepción del paquete de pañales en la buchaca, recibe los dos paquetes y lo coloca en una banda transportadora a donde llega a la selladora de bolsa, que operada por una persona que toma el paquete de la banda transportadora, lo coloca en la selladora, la actúa y queda listo para el siguiente paquete. El paquete así sellado es llevado por otra banda transportadora hasta donde hay una persona que acomoda los paquetes en cajas para formar corrugados, los coloca en un elevador y estos son llevados al área de almacén por otra banda transportadora.



9.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.

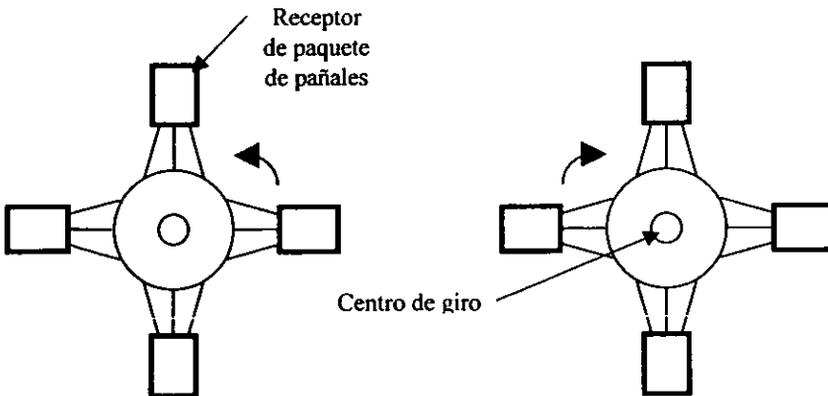
El sistema automatizado consiste de 5 secciones fundamentales:

- Contenedor de paquetes de pañales
- Alimentador de bolsa
- Abridor de bolsa
- Posicionador de bolsa
- Alimentador de paquete de pañales a la bolsa.

A continuación veremos cada una de estas secciones por separado.

9.2.1. CONTENEDOR DE PAQUETES.

El contenedor de bolsa es una cruz que cuenta con un receptor de paquete en cada una de sus puntas y es movido por un motor de C. A. para hacer un movimiento de giro. Es uno para cada lado de la maquina (operación y transmisión). A continuación se muestran vistos de frente.



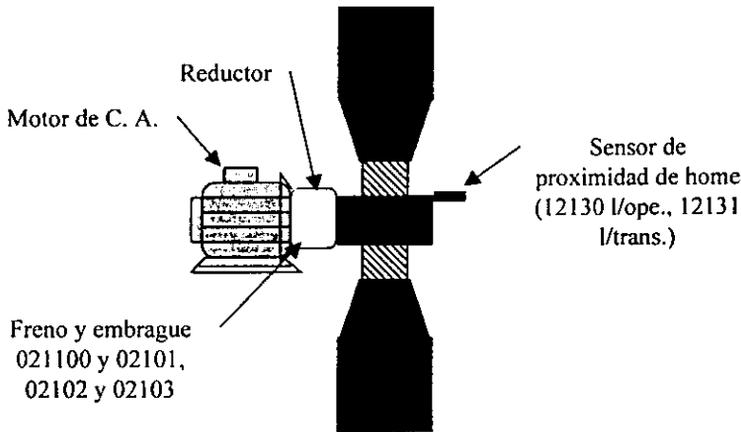
Contenedor lado operación

Contenedor lado transmisión

La forma de operar es la siguiente:

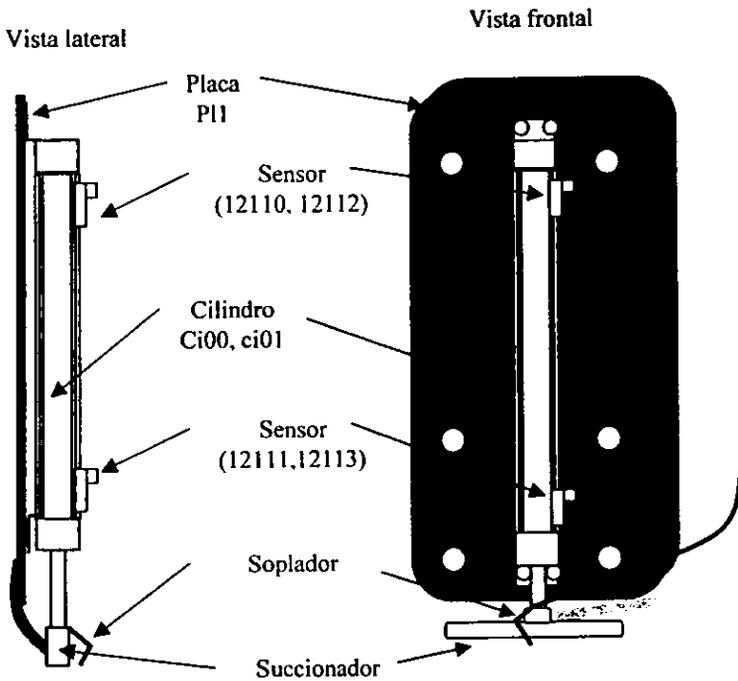
En la posición de home del contenedor, el receptor de la parte superior se encuentra listo para recibir un paquete de pañales de la buchaca. Una vez que ha recibido un paquete, gira el receptor $\frac{1}{4}$ de vuelta de forma que quede la arista contigua lista para recibir el siguiente paquete de pañales y la que contiene el paquete queda en la posición para el llenado de la bolsa. El contenedor es accionado por un motor que siempre esta girando, y para hacer el giro de activa un embrague a la vez que se quita un freno del mismo embrague. El acoplamiento entre el motor y el contenedor es por medio de un reductor. La posición de home es detectada por un sensor de proximidad.

En la siguiente figura se muestran estos elementos.



9.2.2. ALIMENTADOR DE BOLSA

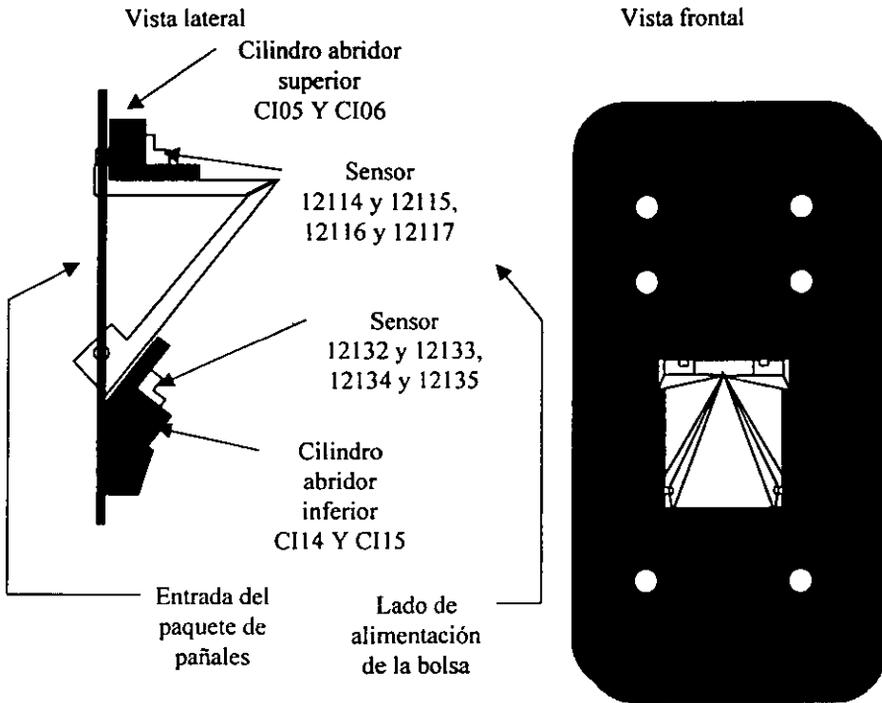
El alimentador de bolsa consiste en un cilindro colocado en una placa en posición vertical, el cual baja para tomar la bolsa por medio de un pequeño cabezal de succión, sube y se coloca a la altura del contenedor de bolsa, por medio de una manguera se sopla aire a la bolsa para ayudar a abrir esta e insertarla en el abridor de bolsa.



La placa (PL1) tiene entradas para flechas para moverse horizontalmente, por medio de Ball-Bushig (rodamientos de balas para movimientos longitudinales).

9.2.3. ABRIDOR DE BOLSA

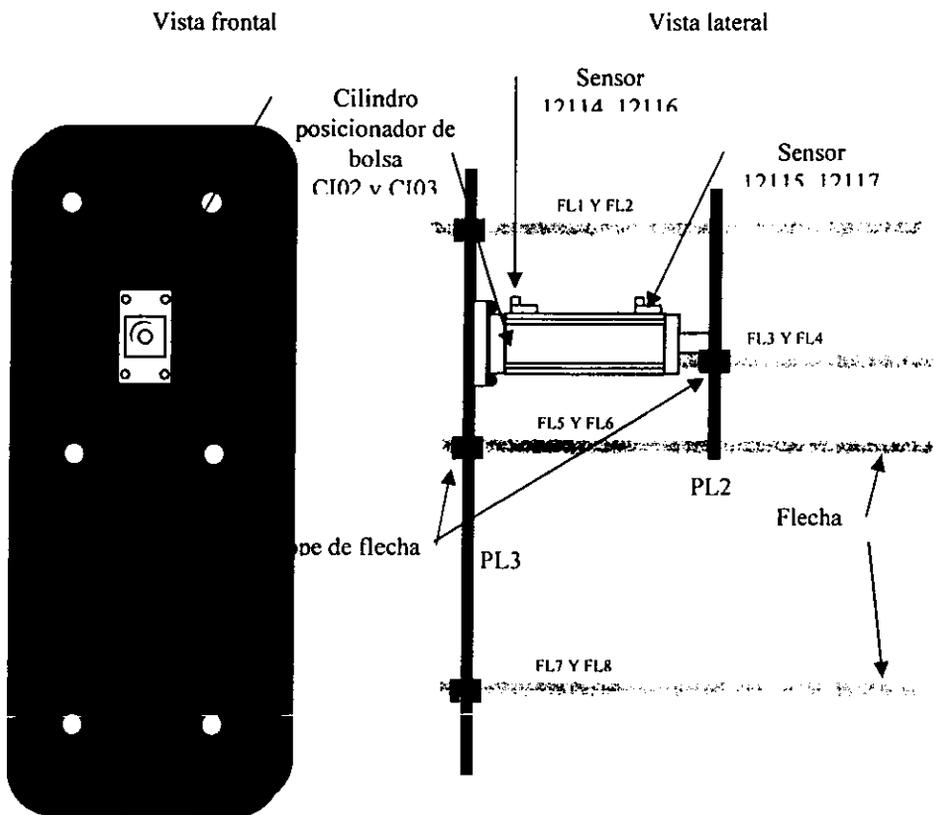
El abridor de bolsa consta de una placa (PL2) con una ventana rectangular por donde pasa libremente el paquete de pañales por un lado, y por el otro tiene unos “dedos” que reciben la bolsa y la abren para que se le alimente el paquete de pañales.



Quando se detecta al alimentador de bolsa arriba y al posicionador de bolsa extendido, se accionan los dedos abridores (superior e inferior) y abren la bolsa, con lo cual quedan listos para recibir el paquete de bolsa.

9.2.4. POSICIONADOR DE BOLSA

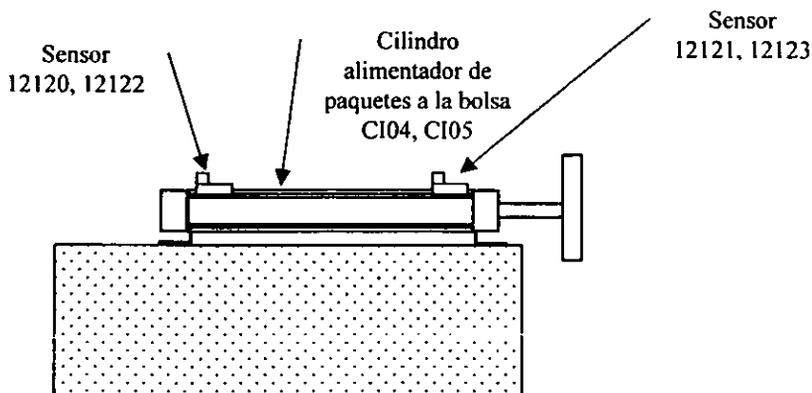
El posicionador de bolsa es un cilindro colocado horizontalmente en una placa vertical (PL3) fija y que al accionarse mueve a las placas PL1 y PL2 por medio de las flechas con Ball-Bushing que para el efecto tienen.



En cuanto se detecta que ha sido tomada una bolsa y que el alimentador de bolsa, el alimentador de paquete a la bolsa y el contenedor de paquetes se encuentran en posición, el posicionador de bolsa avanza y mueve el alimentador de bolsa con lo cual la coloca en el abridor de bolsa, y al continuar avanzando mueve también el abridor de bolsa junto con el alimentador de bolsa hasta colocarlos en posición de recibir el paquete de pañales del contenedor.

9.2.5. ALIMENTADOR DE PAQUETES A LA BOLSA

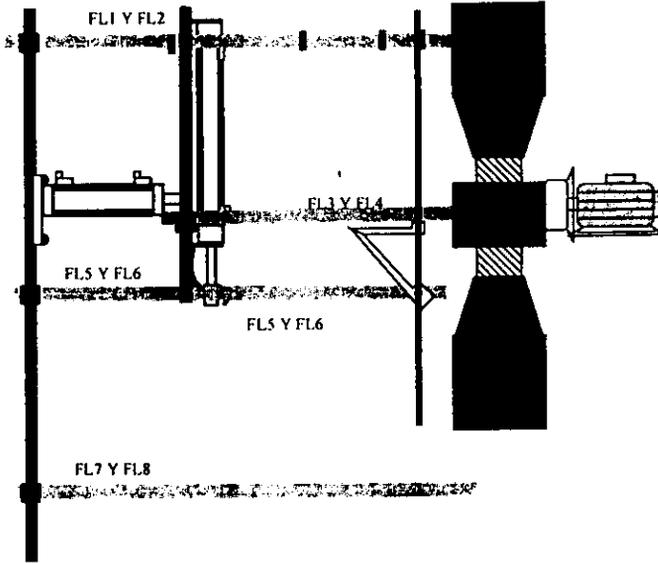
Esta sección consiste de un cilindro horizontal que empuja el paquete de pañales que se encuentra en posición en el contenedor para que entren en la bolsa colocada en el extremo opuesto.



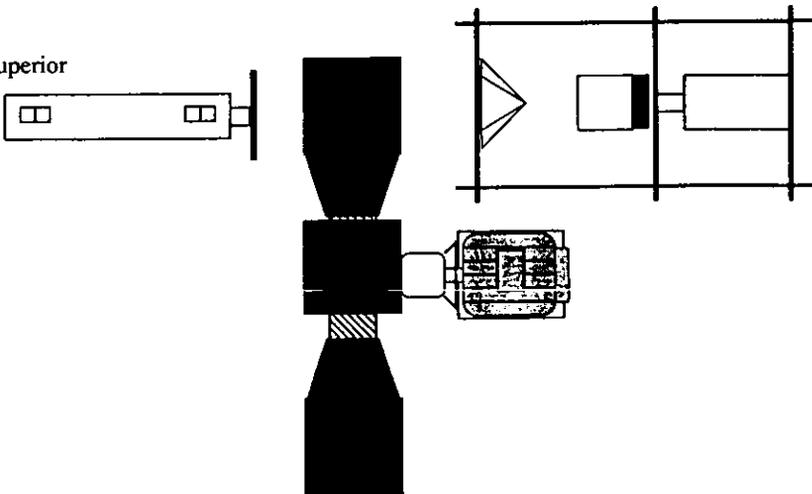
9.2.6. VISTA GENERAL DEL SISTEMA

Así, el sistema queda de la siguiente forma:

Vista lateral:



Vista superior



El principio de operación del sistema automatizado es el siguiente:

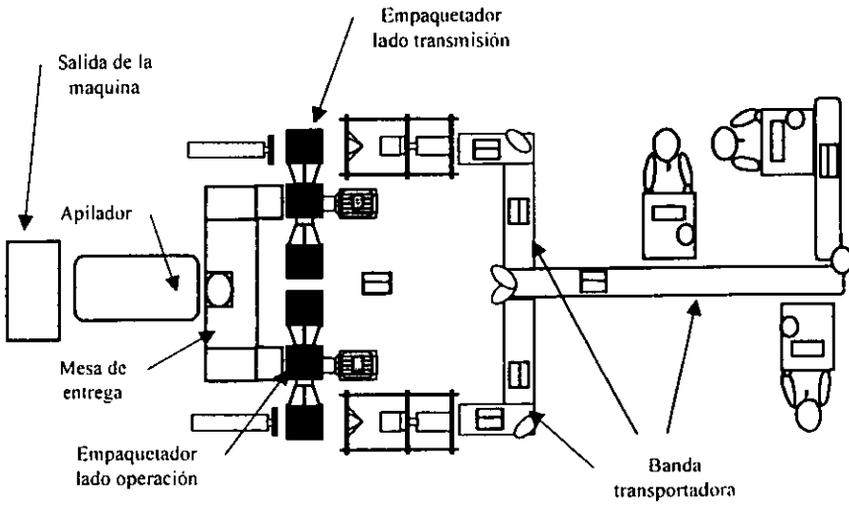
Una vez que el sistema detecta que el cilindro alimentador de paquete del lado correspondiente (11105 operación o 11110 transmisión) ha retrocedido después de extender su carrera completa (11107 o 1112), se quita el freno (02100, 02102) y se actúa el embrague del contenedor (02101, 02103), el cual gira $\frac{1}{4}$ de vuelta. Ya que se ha detectado el contenedor en su posición (12130, 12131), se desactiva el embrague y se activa el freno, y se extiende el cilindro posicionador de bolsa. Ya que se encuentra en posición (12115, 12117), se extienden los cilindros del abridor de la bolsa (12125 y 12133 l/o, 12127 y 12135 l/t) y se extiende el cilindro de alimentación de paquete a la bolsa (12121, 12123), a la vez que se cierra el vacío (021130, 021131) de el cilindro alimentador de bolsa, cae la bolsa, retrocede el cilindro de alimentación de paquete a la bolsa (12120, 12122), se retraen los cilindros posicionador de bolsa (12114, 12116) y el contenedor queda listo para alimentar un paquete más. Entretanto, el cilindro posicionador de bolsa se retrae por completo, con lo que el cilindro de alimentación de bolsa baja (12111, 12113), se abre el vacío para tomar otra bolsa, sube el cilindro alimentador (12110, 12112) y se activa por un instante el soplador (02132, 02133) para abrir un poco la bolsa, con lo cual queda listo para el siguiente movimiento del contenedor.

Como se puede ver, es condición necesaria que el alimentador de paquetes a la buchaca, el alimentador de paquetes a la bolsa y el posicionador de bolsa se encuentren completamente retraídos para que sea posible el movimiento del contenedor, así como es necesario que este se encuentre estático para que se extiendan dichos cilindros.

La posición de inicio (home) para el sistema automatizado es con las siguientes condiciones:

Contenedor en posición estática y correcta, cilindro alimentador de bolsa (CI00 y CI01) retraído (12110 "on" y/o 12112 "on"), cilindro posicionador de bolsa (CI02 y CI03) retraído (12114 on y/o 12114 on), cilindros del sistema receptor de bolsa extendidos y cilindro de alimentador de paquete a la bolsa (CI04 y CI05) retraídos (12120 y/o 12122 "on"). Estas condiciones se deben de cumplir para un nuevo ciclo.

La vista de la salida de la maquina con el sistema en ambos lados (operación y transmisión) sería la siguiente:



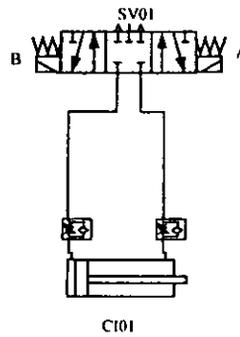
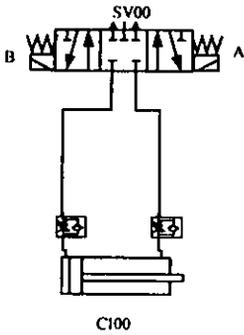
9.3. CONTROL DEL SISTEMA

9.3.1. DIAGRAMAS NEUMATICOS

CILINDRO ALIMENTADOR DE BOLSA

LADO OPERACIÓN

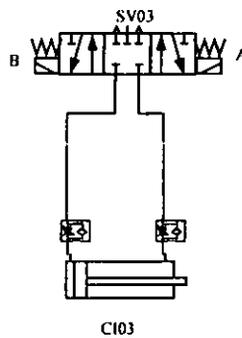
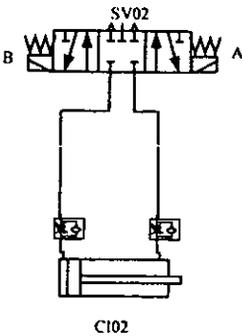
LADO TRANSMISION



CILINDRO POSICIONADOR DE BOLSA

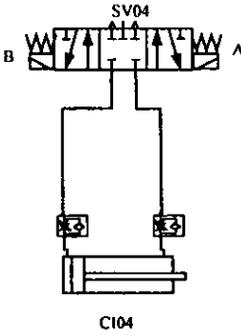
LADO OPERACIÓN

LADO TRANSMISION

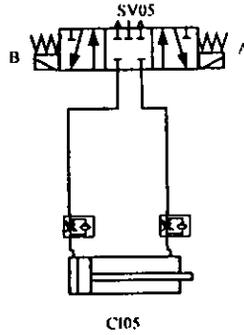


CILINDRO ALIMENTADOR DE PAQUETE A LA BOLSA

LADO OPERACIÓN

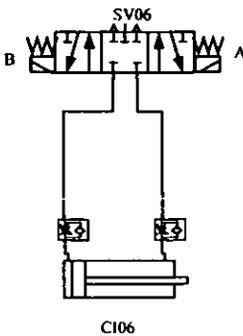


LADO TRANSMISION

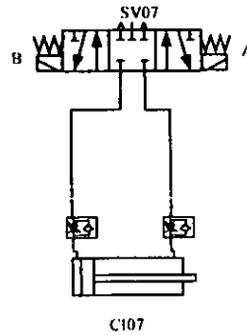


CILINDRO SUPERIOR ABRIDOR DE BOLSA

LADO OPERACIÓN



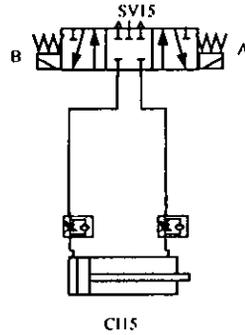
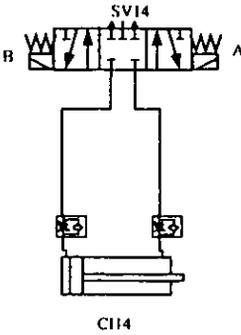
LADO TRANSMISION



CILINDRO INFERIOR ABRIDOR DE BOLSA

LADO OPERACIÓN

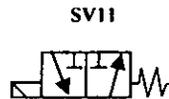
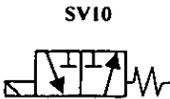
LADO TRANSMISION



VALVULA VACIO LEVANTE DE BOLSA

LADO OPERACIÓN

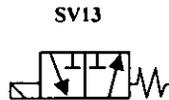
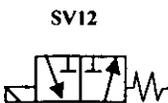
LADO TRANSMISION



VALVULA SOPLADOR ABRIDOR DE BOLSA

LADO OPERACIÓN

LADO TRANSMISION



Cilindro aliment. paquete a la bolsa retraído l/oper.

Cilindro aliment. paquete a la bolsa extendido l/oper.

Cilindro aliment. paquete a la bolsa retraído l/trans.

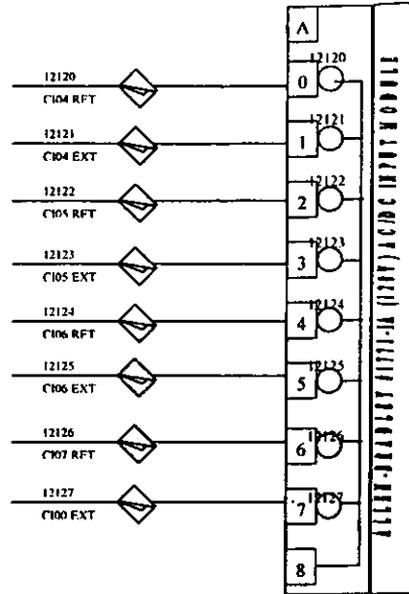
Cilindro aliment. paquete a la bolsa extendido l/trans.

Cilindro abridor superior de bolsa retraído l/oper.

Cilindro abridor superior de bolsa extendido l/oper.

Cilindro abridor superior de bolsa retraído l/trans.

Cilindro abridor superior de



Buchaca l/oper. En posición

Buchaca l/trans. En posición

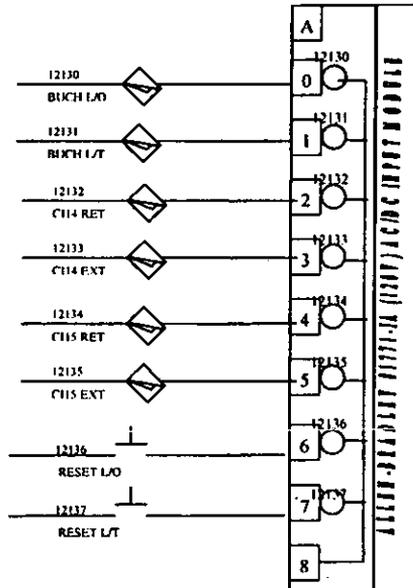
Cilindro abridor inferior de bolsa retraído l/oper.

Cilindro abridor inferior de bolsa extendido l/oper.

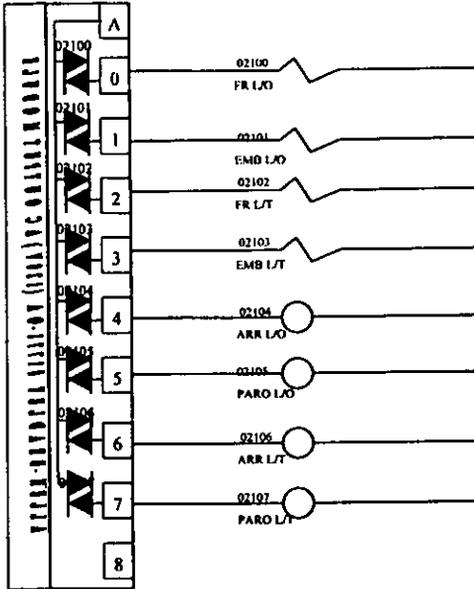
Cilindro abridor inferior de bolsa retraído l/trans.

Cilindro abridor inferior de bolsa extendido l/trans.

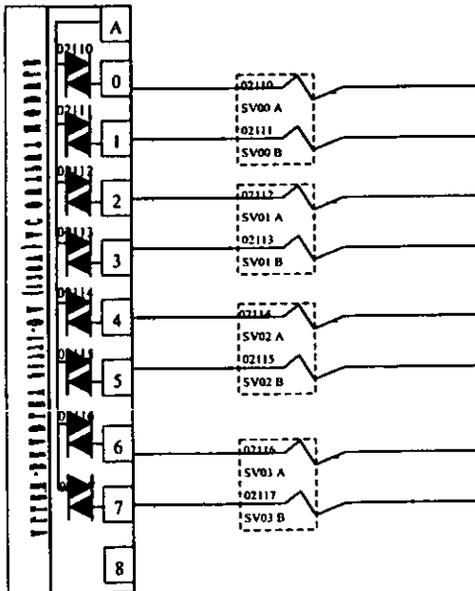
Reset l/transmisión



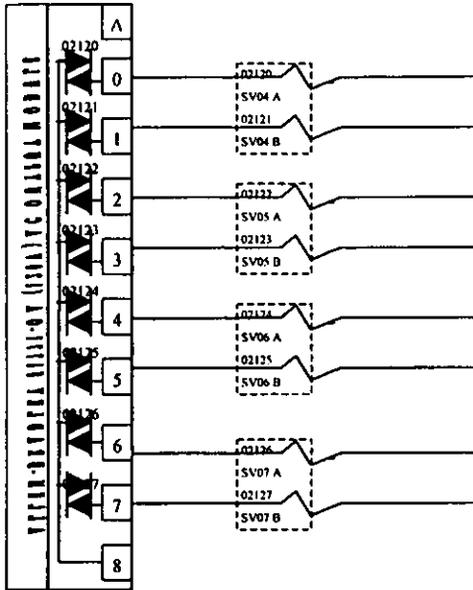
9.3.3. MODULO DE SALIDAS



- Freno l/operación
- Embrague l/operación
- Freno l/transmisión
- Embrague l/transmisión
- Relevador arranque l/operación
- Relevador paro l/operación
- Relevador arranque l/transmisión
- Relevador paro l/transmisión



- Subir alimentador de bolsa l/operación
- Bajar alimentador de bolsa l/operación
- Subir alimentador de bolsa l/transmisión
- Bajar alimentador de bolsa l/transmisión
- Retraer posicionador de bolsa l/operación
- Extender posicionador de bolsa l/operación
- Retraer posicionador de bolsa l/transmisión
- Extender posicionador de bolsa l/transmisión



Retraer alimentador de paquete a la bolsa l/oper

Extender alimentador de paquete a la bolsa l/oper

Retraer alimentador de paquete a la bolsa l/trans

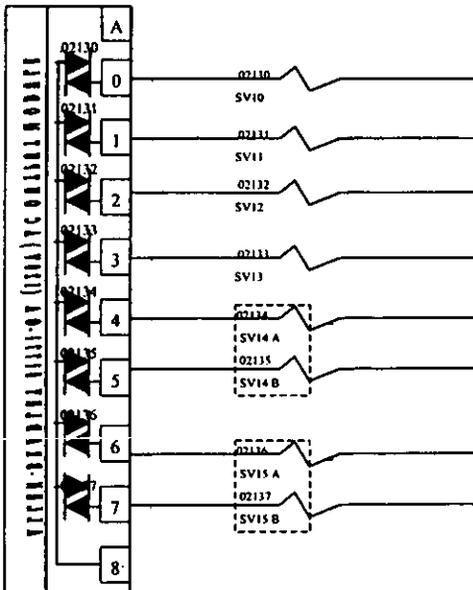
Extender alimentador de paquete a la bolsa l/trans

Retraer abridor superior de bolsa l/operación

Extender abridor superior de bolsa l/operación

Retraer abridor superior de bolsa l/transmisión

Extender abridor superior



Válvula de vacío abre l/operación

Válvula de vacío abre l/transmisión

Válvula soplador de aire l/operación

Válvula soplador de aire l/transmisión

Retraer abridor inferior de bolsa l/operación

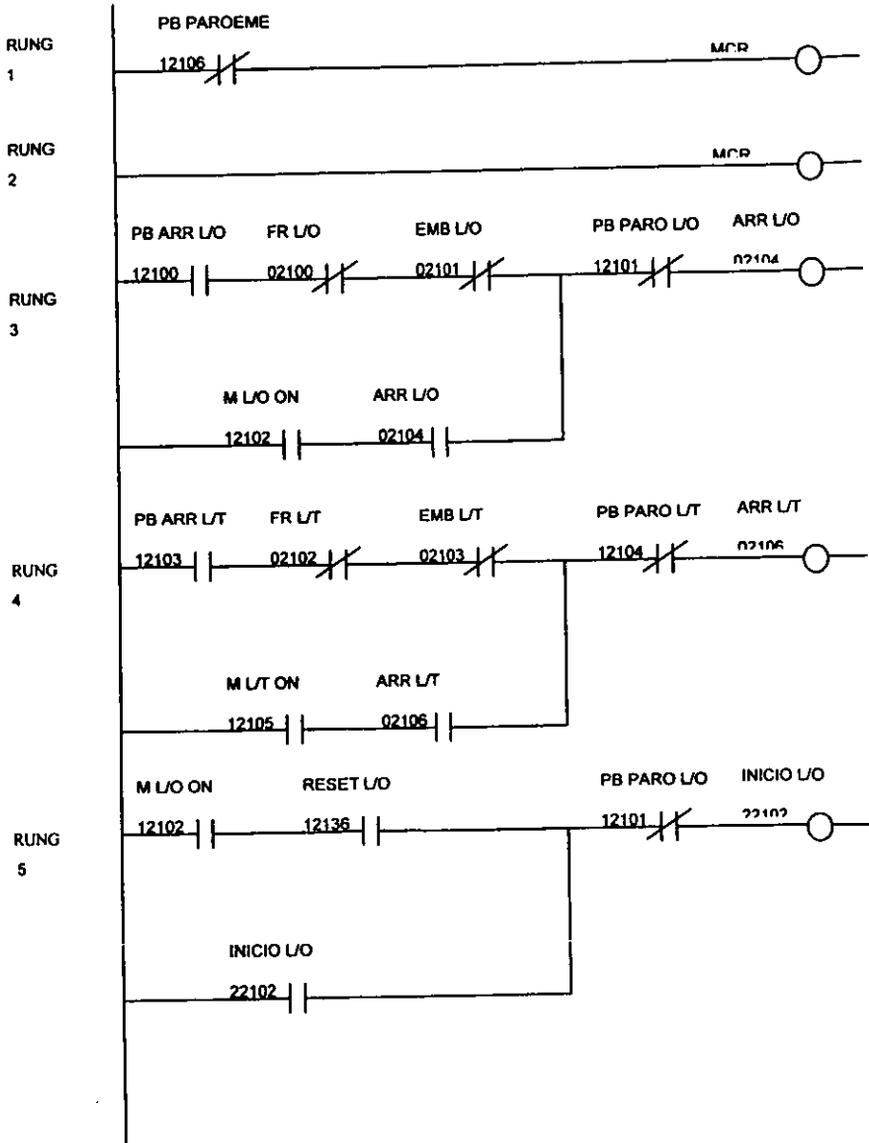
Extender abridor inferior de bolsa l/operación

Retraer abridor inferior de bolsa l/transmisión

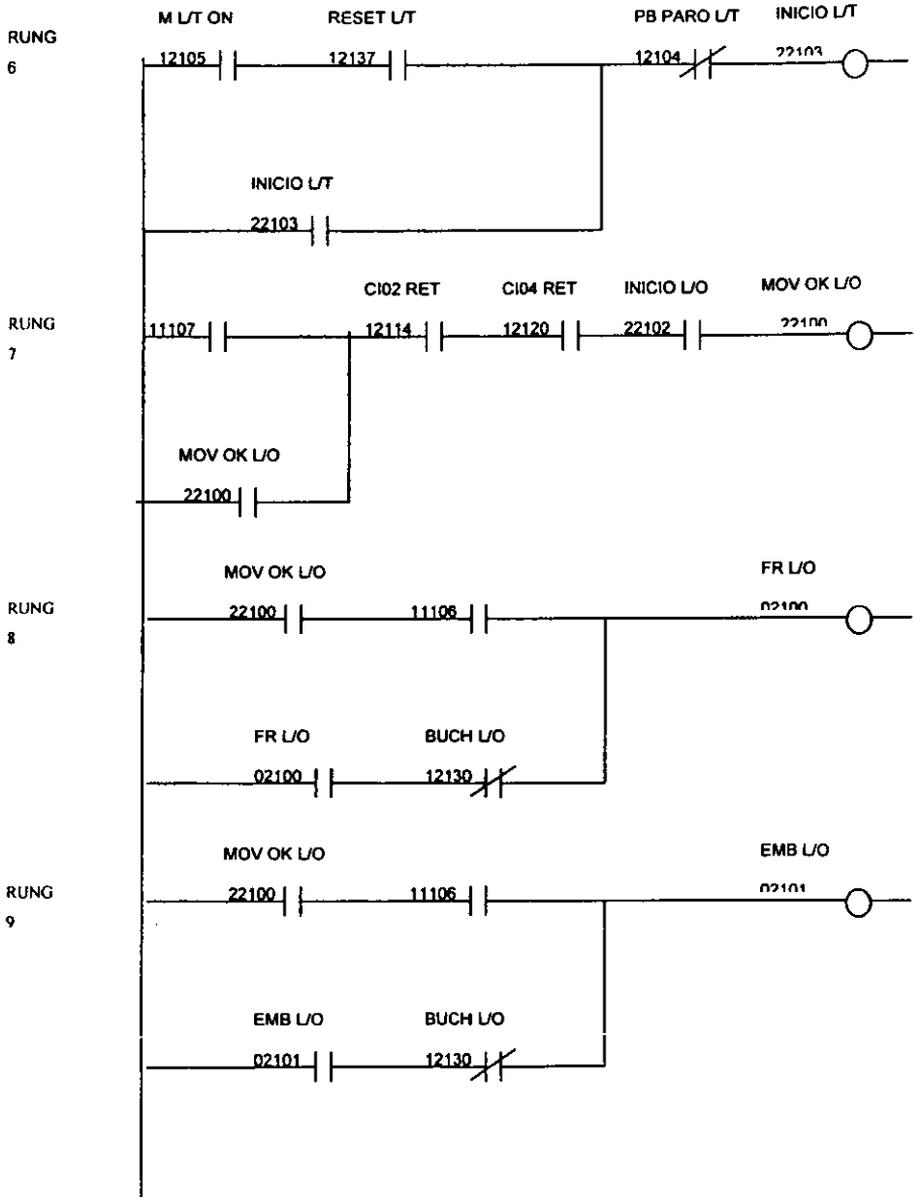
Extender abridor inferior de

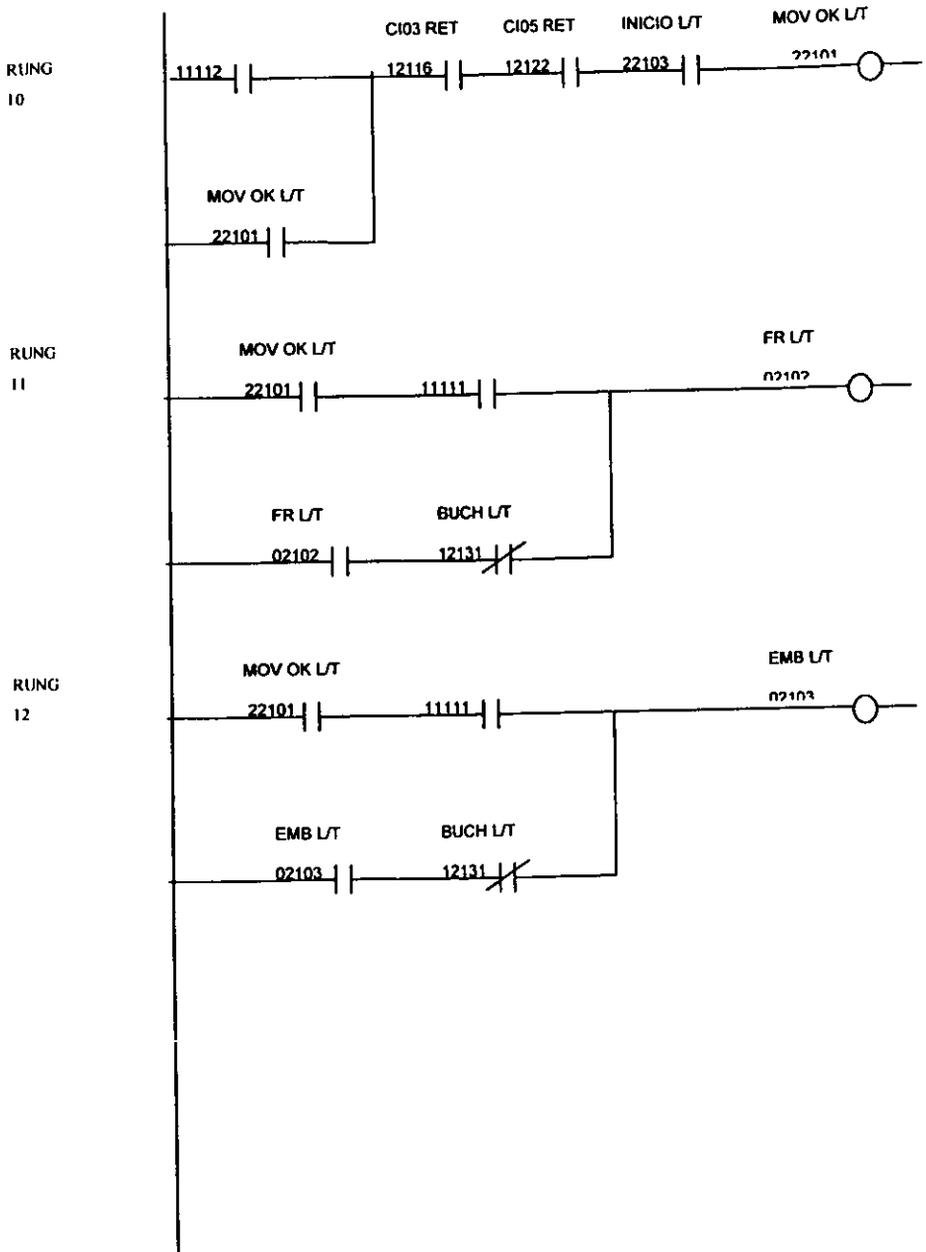
9.3.4. PROGRAMA DE ESCALERA PARA EL PLC

Paro y arranque de motores.

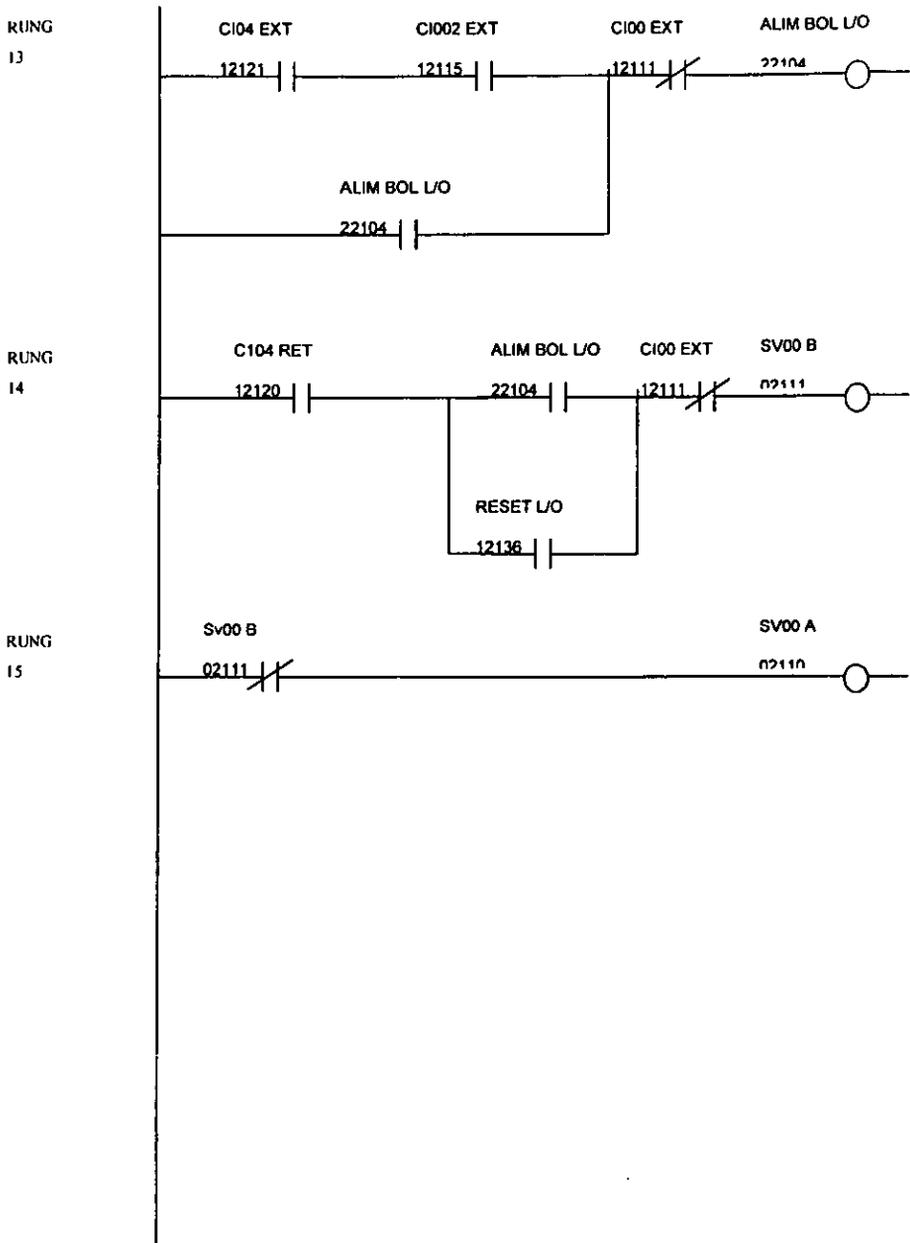


Movimiento de contenedores de paquete de pañales

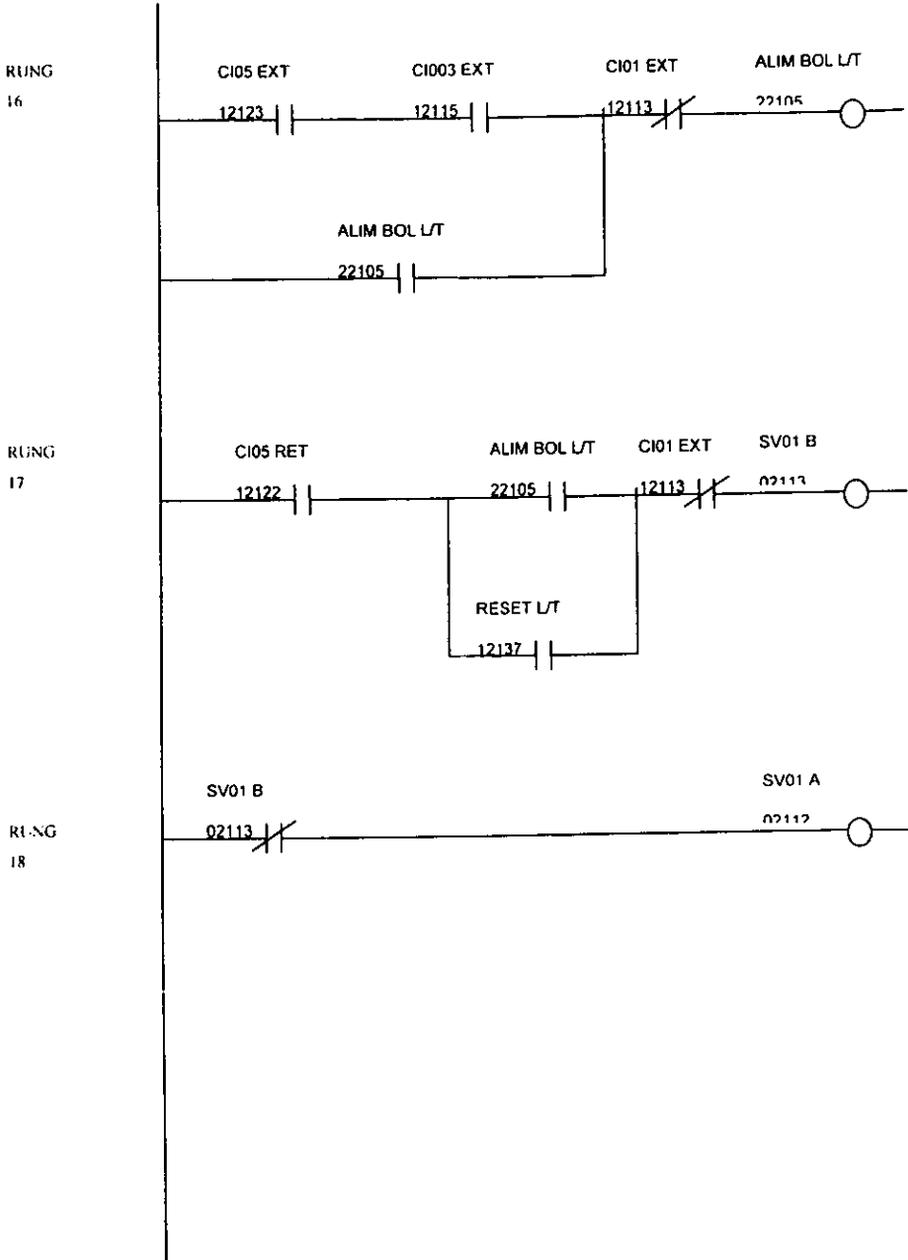




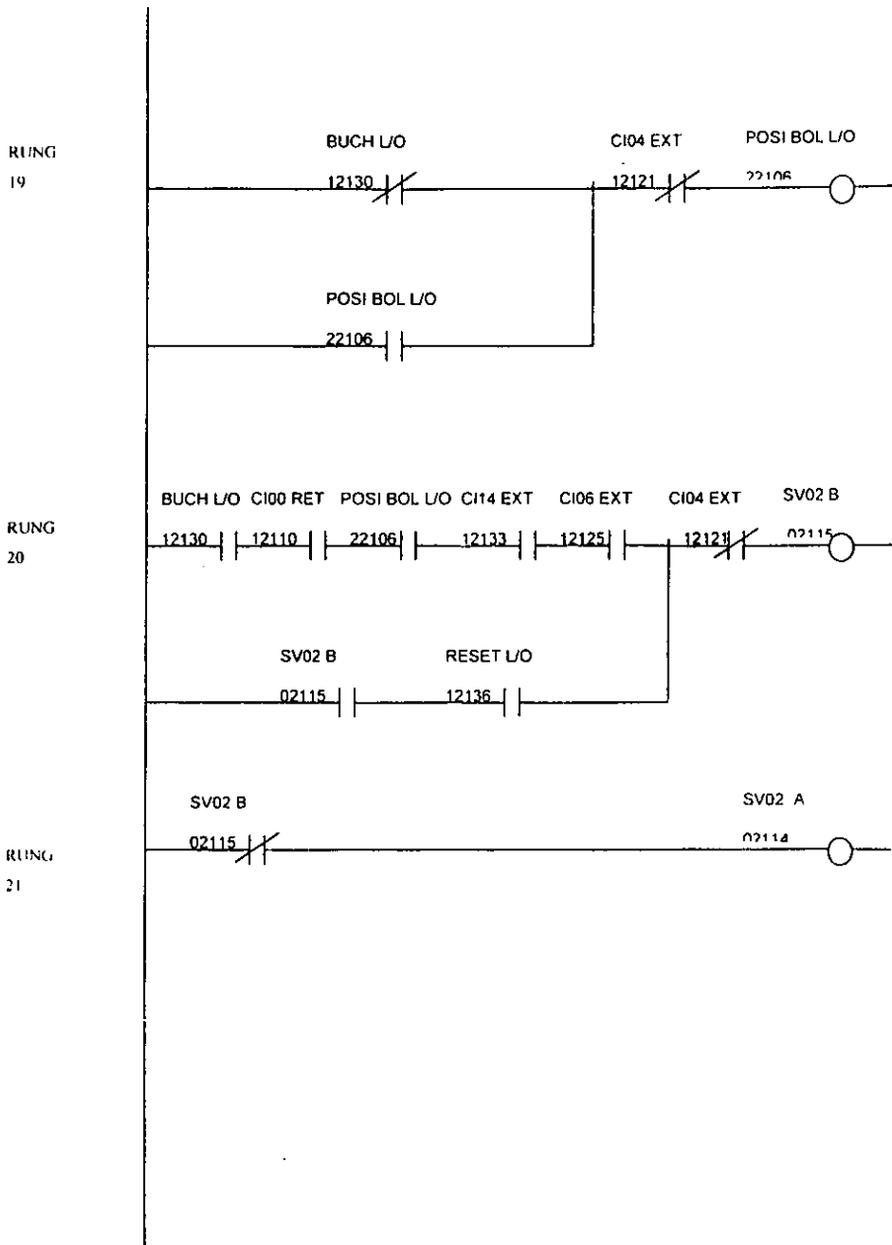
Movimiento de cilindro alimentador de bolsa lado operación



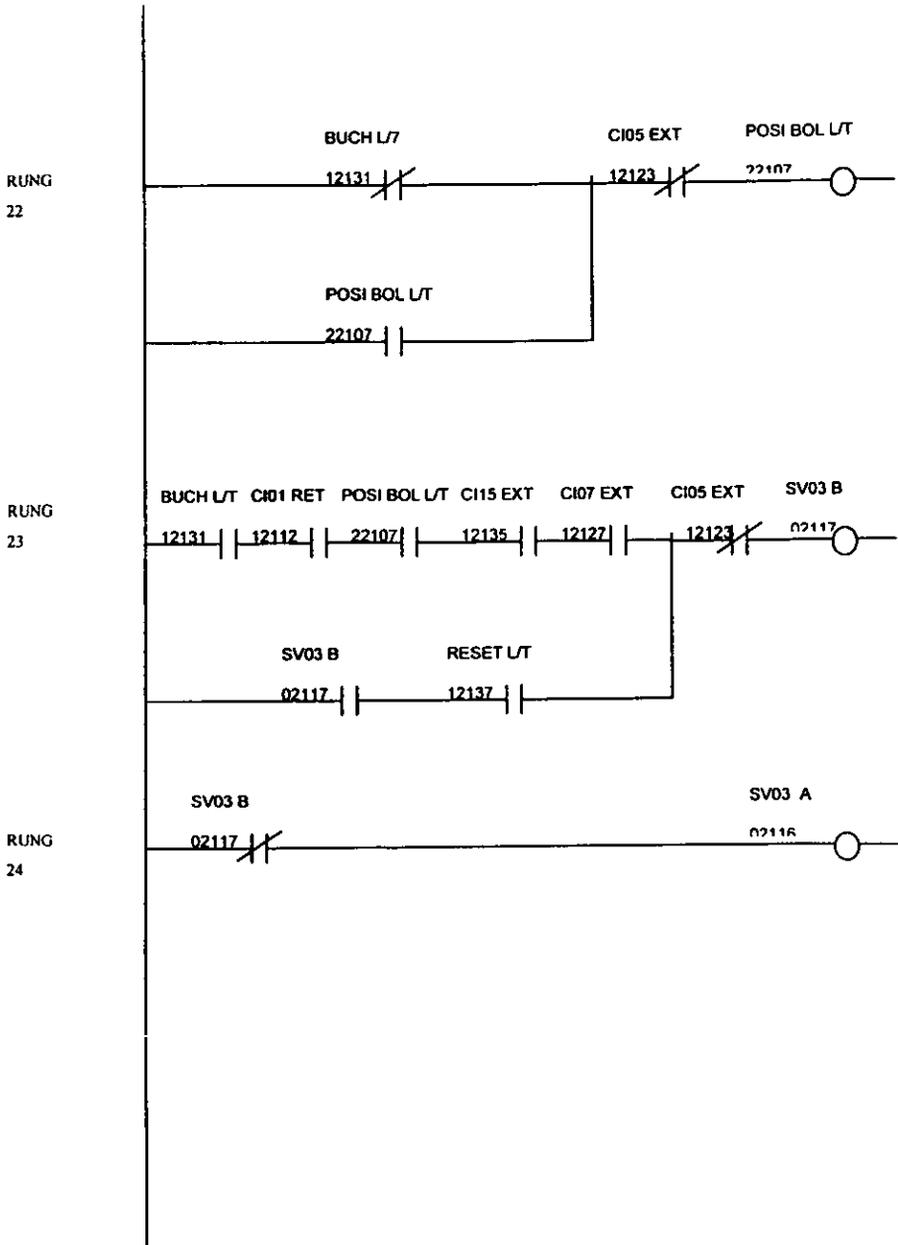
Movimiento de cilindro alimentador de bolsa lado transmisión



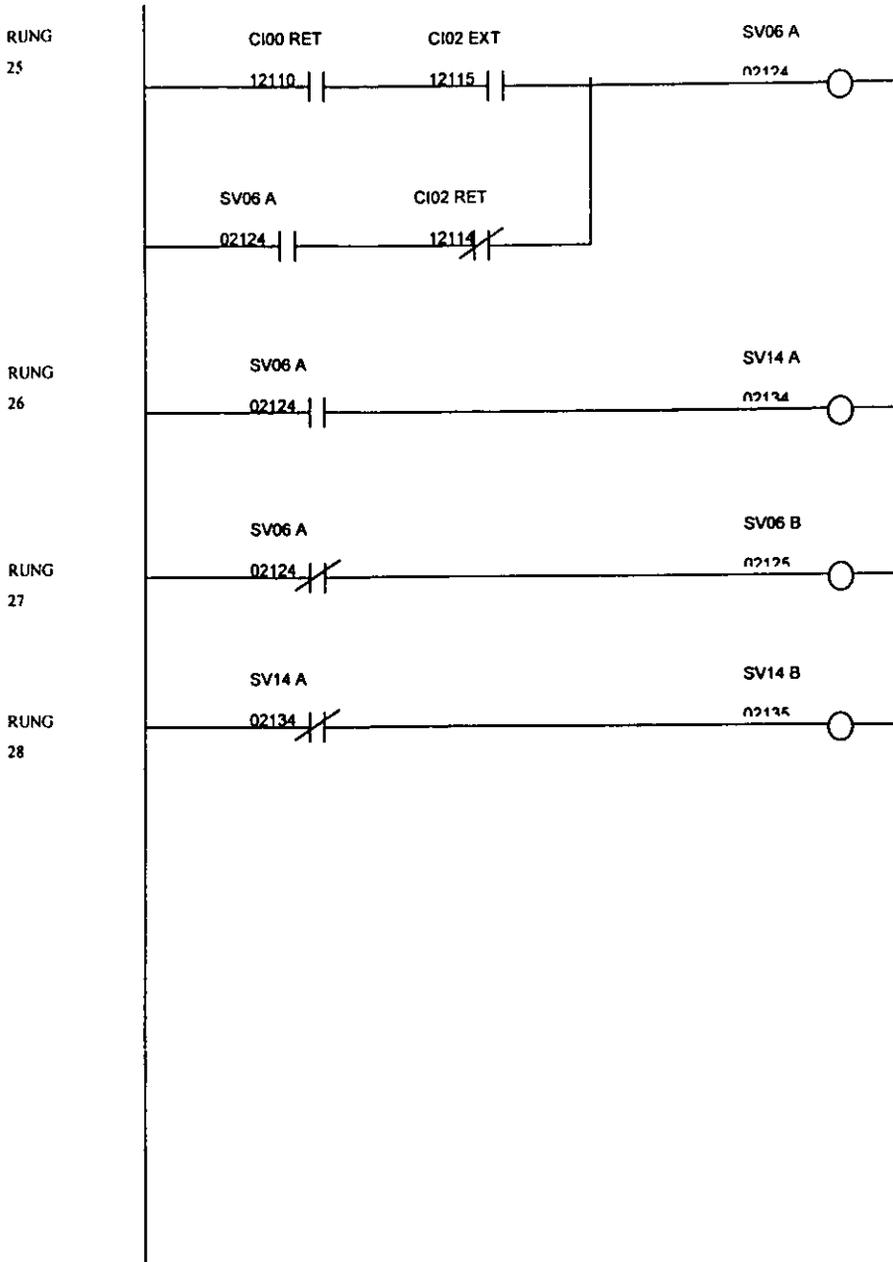
Movimiento de cilindro posicionador de bolsa lado operación



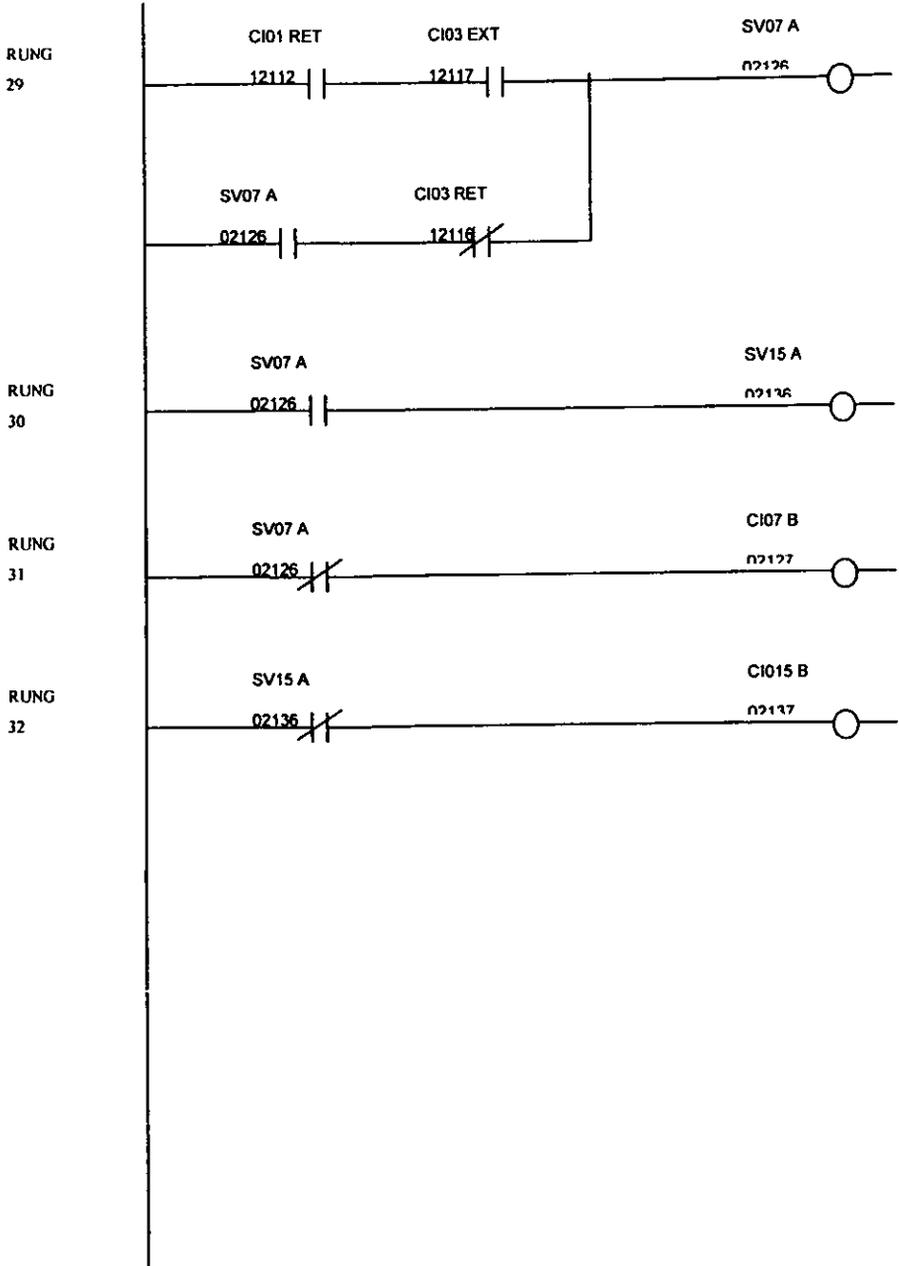
Movimiento de cilindro posicionador de bolsa lado transmisión



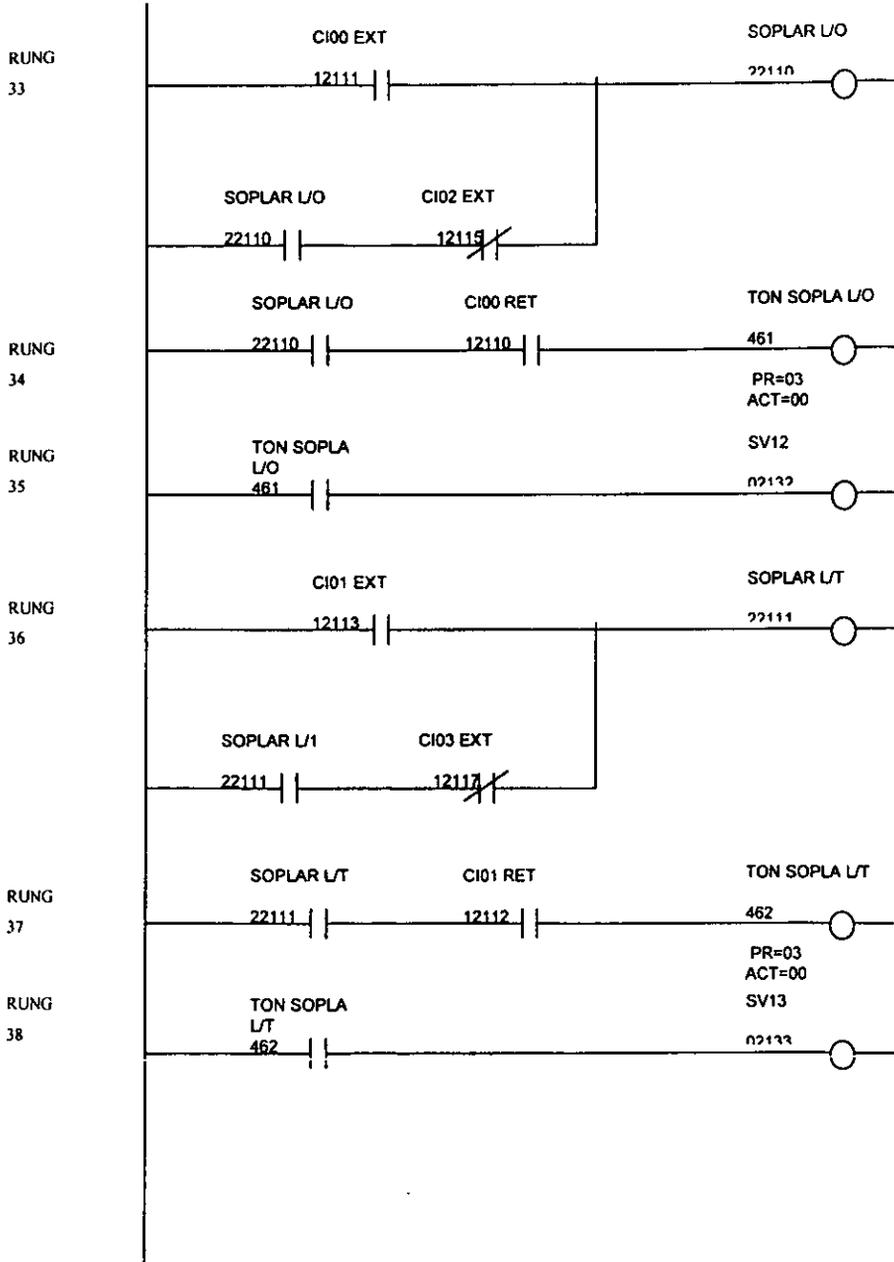
Movimiento de cilindros abridores de bolsa lado operación



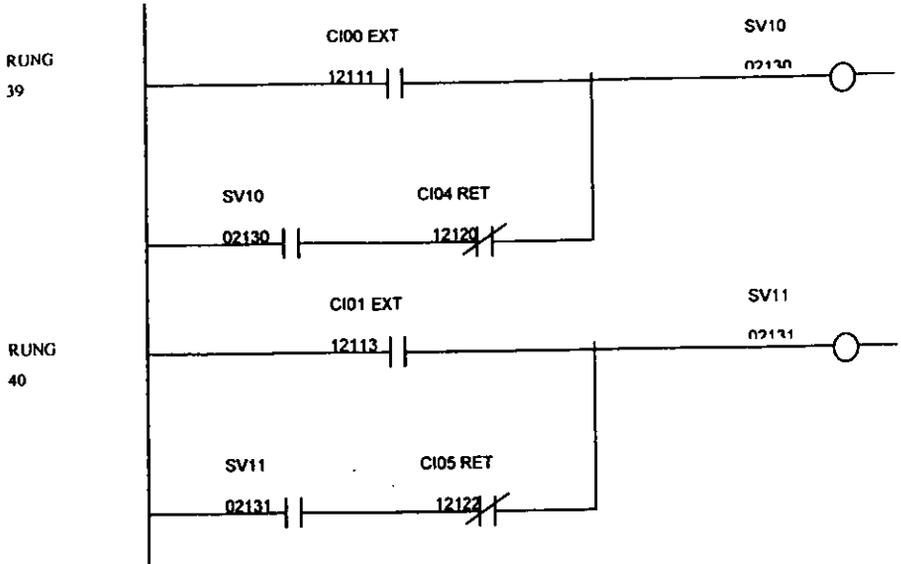
Movimiento de cilindros abridores de bolsa lado transmisión



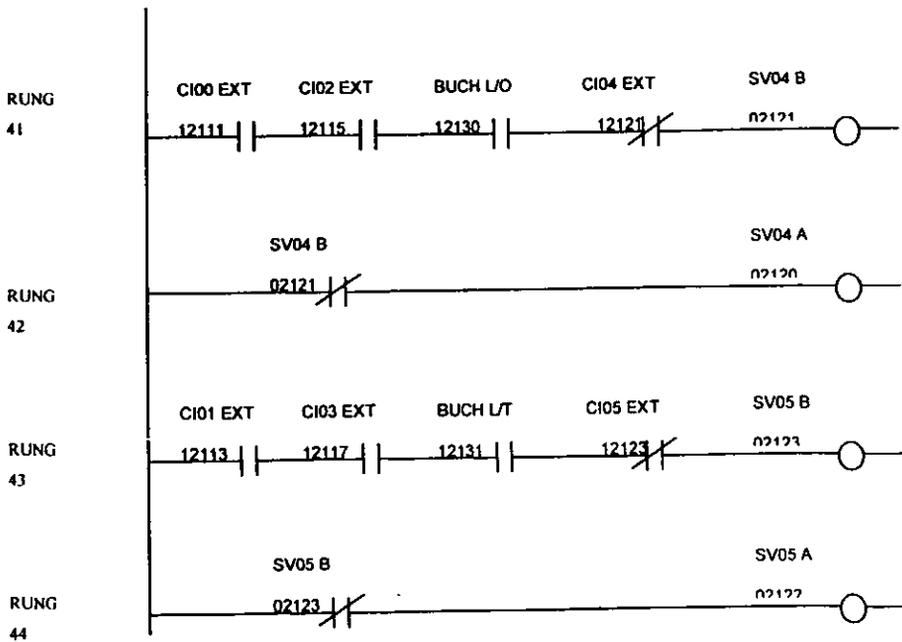
Accionamiento sopladores abridores de bolsa



Accionamiento válvulas de vacío para levante de bolsa



Movimiento de cilindros alimentadores de paquete a la bolsa



9.3.4.1 REFERENCIA CRUZADA

12100			P. B. ARRANQUE MOTOR L/OPER.
	}] [3		PB ARR L/O
12101			P. B. PARO MOTOR L/OPER.
		}] [3, 5	PB PARO L/O
12102			RETRO MOTOR EN "ON" L/OPER
	}] [3, 5		M L/O ON
12103			P. B. ARRANQUE MOTOR L/TRANS.
	}] [4		PB ARR L/T
12104			P. B. PARO MOTOR L/TRANS.
		}] [6	PB PARO L/T
12105			RETRO MOTOR EN "ON" L/TRANS.
	}] [4, 6		M L/T ON
12106			PARO DE EMERGENCIA
		}] [1	PARO EME
12110			CILINDRO ALIMENTADOR DE BOLSA ARRIBA L/OPER.
	}] [20, 25, 34		C100 RET.
12111			CILINDRO ALIMENTADOR DE BOLSA ABAJO L/OPER.
	}] [33, 39, 41	}] [13, 14	C100 EXT.
12112			CILINDRO ALIMENTADOR DE BOLSA ARRIBA L/TRANS.
	}] [23, 29, 37		C101 RET.
12113			CILINDRO ALIMENTADOR DE BOLSA ABAJO L/TRANS.
	}] [36, 40, 43	}] [16, 17	C101 EXT.
12114			CILINDRO POSICIONADOR DE BOLSA RETRAIDO L/OPER.
	}] [7	}] [25	C102 RET

12115	}] [13, 16, 25, 41	}] [33	CILINDRO POSICIONADOR DE BOLSA EXTENDIDO L/OPER CI02 EXT.
12116	}] [10	}] [29	CILINDRO POSICIONADOR DE BOLSA RETRAIDO L/TRANS. CI03 RET
12117	}] [29, 43	}] [36	CILINDRO POSICIONADOR DE BOLSA EXTENDIDO L/TRANS. CI03 EXT.
12120	}] [7, 14	}] [39	CILINDRO ALIMENT. PAQUETE A LA BOLSA RETRAIDO L/OPER. CI04 RET.
12121	}] [13	}] [19, 20, 41	CILINDRO ALIMENT. PAQUETE A LA BOLSA EXTENDIDO L/OPER. CI04 EXT.
12122	}] [10, 17	}] [40	CILINDRO ALIMENT. PAQUETE A LA BOLSA RETRAIDO L/TRANS. CI05 RET.
12123	}] [16	}] [22, 23, 43	CILINDRO ALIMENT. PAQUETE A LA BOLSA EXTENDIDO L/TRANS. CI05 EXT.
12125	}] [20		CILINDRO ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA EXTENDIDO L/OPER. CI06 EXT
12127	}] [23		CILINDRO ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA EXTENDIDO L/TRANS. CI07 EXT.
12130	}] [20, 41	}] [8, 9, 19	BUCHACA L/OPER. EN POSICION BUCH L/O
12131	}] [23, 43	}] [11, 12, 22	BUCHACA L/TRANS. EN POSICION BUCH L/T
12133	}] [20		CILINDRO ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA EXTENDIDO L/OPER. CI14 EXT

12135	]	[	23		CILINDRO ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA EXTENDIDO L/TRANS C115 EXT.
12136	]	[	5, 14, 20		RESET L/OPERACIÓN RESET L/OPER.
12137	]	[	6, 17, 23		RESET L/TRANSMISION RESET L/TRANS.
02100			8		FRENO L/OPERACIÓN
	]	[	8	 3	FR L/O
02101			9		EMBRAGUE L/OPERACIÓN
				 3, 9	EMB L/O
02102			11		FRENO L/TRANSMISION
	]	[	11	 4	FR L/T
02103			12		EMBRAGUE L/TRANSMISION
	]	[	12	 4	EMB L/T
02104			3		RELEVADOR ARRANQUE L/OPERACIÓN
	]	[	3	 4	ARR L/T
02106			4		RELEVADOR ARRANQUE L/TRANSMISION
	]	[	4		ARR L/T
02110			15		SUBIR ALIMENTADOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV00 A
02111			14		BAJAR ALIMENTADOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV00 B
				 15	
02112			18		SUBIR ALIMENTADOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV01 A
02113			17		BAJAR ALIMENTADOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV01 B
				 18	

02114	21			RETRAER POSICIONADOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV02 A
02115	20			EXTENDER POSICIONADOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV02 B
		☐ ☐	20	 21
02116	24			RETRAER POSICIONADOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV03 A
02117	23			EXTENDER POSICIONADOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV03 B
		☐ ☐	23	 24
02120	42			RETRAER ALIMENTADOR DE PAQUETE A LA BOLSA L/OPER. SV04 A
02121	41			EXTENDER ALIMENTADOR DE PAQUETE A LA BOLSA L/OPER. SV04 B
				 42
02122	44			RETRAER ALIMENTADOR DE PAQUETE A LA BOLSA L/TRANS. SV05 A
02123	43			EXTENDER ALIMENTADOR DE PAQUETE A LA BOLSA L/TRANS. SV05 B
				 44
02124	25			RETRAER ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV06 A
		☐ ☐	25, 26	 27
02125	27			EXTENDER ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA L/OPERACIÓN SV06 A
02126	29			RETRAER ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV07 A
		☐ ☐	29, 30	 31
02127	31			EXTENDER ABRIDOR SUPERIOR DE BOLSA L/TRANSMISION SV07 A
02130	39			VALVULA DE VACIO ABRE L/OPERACIÓN SV10
		☐ ☐	39	

02131	40		VALVULA DE VACIO ABRE L/TRANSMISION
	40	}]	SV11
02132	35		VALVULA SOPLADOR DE AIRE L/OPERACION
			SV12
02133	38		VALVULA SOPLADOR DE AIRE L/TRANSMISION
			SV13
02134	26		RETRAER ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA L/OPERACION
		}C 28	SV14 A
02135	28		EXTENDER ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA L/OPERACION
			SV14 B
02136	30		RETRAER ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA L/TRANSMISION
		}C 32	SV15 A
02137	32		EXTENDER ABRIDOR INFERIOR DE BOLSA L/TRANSMISION
			SV15 B
22100	7		MOVIMIENTO LISTO L/OPERACION
	7, 8, 9	}]	MOV OK L/O
22101	10		MOVIMIENTO LISTO L/TRANSMISION
	10, 11, 12	}]	MOV OK L/T
22102	5		INICIO DE CICLO L/OPERACION
	5, 7	}]	INICIO L/O
22103	6		INICIO DE CICLO L/TRANSMISION
	6, 10	}]	INICIO L/T
22104	13		ALIMENTAR BOLSA L/OPERACION
	13, 14	}]	ALIM BOL L/O
22105	16		ALIMENTAR BOLSA L/TRANSMISION
	16, 17	}]	ALIM BOL L/T

22106	19	POSICIONAR BOLSA L/OPERACIÓN
	☐ ☐ 19, 20	POSI BOL L/O
22107	22	POSICIONAR BOLSA L/TRANSMISION
	☐ ☐ 22, 23	POSI BOL L/T
22110	33	SOPLAR L/OPERACIÓN
	☐ ☐ 33, 34	SOPLAR L/O
22111	36	SOPLAR L/TRANSMISION
	☐ ☐ 36, 37	SOPLAR L/T
461	34	TIEMPO DE SOPLADOR L/OPERACIÓN
	☐ ☐ 35	TON SOPLA L/O
462	37	TIEMPO DE SOPLADOR L/TRANSMISION
	☐ ☐ 38	TON SOPLA L/T

9.3.5. CODIGOS DE PARTES.

ELEMENTO	DESCRIPCION	CODIGO	MARCA	CANT.
SV00-SV007 SV144-SV15	ELECTROVALVULA 5/3 PARA ACCIONAMIENTO DE CILINDROS	MN1H-5/3G- D-1-C	FESTO	10 PZAS
SV00-SV007 SV144-SV15	MONTAJE DE ELECTROVALVULA 5/3	NAV-3/8- 1C-ISO	FESTO	4 PZAS
SV10-SV13	ELECTROVALVULA 3/2	225B-111JC	MAC	4 PZAS
CI00, CI01	CILINDRO DOBLE EFECTO ALIMENTADOR DE BOLSA	DZH-100125- PPV-A	FESTO	2 PZAS
CI02, CI03	CILINDRO DOBLE EFECTO POSICIONADOR DE BOLSA	DNG-16080- PPV-A	FESTO	2 PZAS
CI04, CI05	CILINDRO DOBLE EFECTO ALIM. DE PAQUETE A LA BOLSA	DZH-10050- PPV-A	FESTO	2 PZAS
CI06, CI07, CI14, CI15	ACTUADORES DE SUJECION ABRIDORES SUPERIORES DE BOLSA	HGR-32-A	FESTO	4 PZAS
REGULADORES DE FLUJO	RÉGULADORES DE FLUJO PARA CONTROL DE VELOCIDAD DE ACCIONAMIENTO DE CILINDROS	GRLA-3/8- QS-6-B 162 969	FESTO	28 PZAS
MOTOR	MOTOR DE C.A ACCIONAMIENTO DE LOS CONTENEDORES	TEFC 841 PLUS, 5HP, 440V, 3F.	US MOTORS	2 PZAS
MODULOS DE ENTRADA	ENTRADAS AL PLC	1771-IA 120 V A. C	ALLEN BRADLEY	4 PZAS
MODULOS DE SALIDA	SALIDAS AL PLC	1771-OA 120 V A. C.	ALLEN BRADLEY	4 PZAS
BUCH L/O BUCH L/T	SENSOR DE POSICION DE LA BUCHACA	BI2-M12- AZ31X 13030	TURCK	2 PZAS
SENSORES	DETECTORES DE POSICION DE LOS ACTUADORES	SME-8-K- LED-230	FESTO	20 PZAS

CONCLUSIONES

Los tiempos actuales exigen mejorar la operaciones a las industrias para poder tener una mejor competitividad en el mercado. Una manera de obtener esto es automatizando las operaciones, ya que con esto se minimizan los errores y los gastos, a la vez que logra agilizarlas e incrementar la velocidad.

Sin embargo, el creciente avance de la tecnología y la implementación de esta cada vez mayor en la industria, conlleva a que sea requerido personal especializado tanto para las operaciones como para el mantenimiento.

El PLC es una gran herramienta para el desarrollo de proyectos, ya que es muy versátil, cada vez es más fácil su programación gracias a el desarrollo de softwares para ello, además de haber una gran cantidad de tipos, modelos, marcas y tamaños en el mercado por lo que es posible conseguir uno acorde a las necesidades particulares del sistema o empresa, a la vez de que los precios han disminuido considerablemente.

BIBLIOGRAFIA

- CARNICER ROYO E.
AIRE COMPRIMIDO: NEUMATICA CONVENCIONAL.
EDITORIAL BLUME. 1980

- JIMENEZ DE CISNEROS, LUIS MARIA.
MANUAL DE NEUMATICA.
EDITORIAL BLUME. 1979

- KOSOW L. IRVING. PH. D.
CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS.
EDITORIAL REVERTE. 1982

- FOLEY, JOSEPH. H.
FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS.
EDITORIAL MC GRAW-HILL. 1983

- S. A. NASAR Y L. E. UNNEWEHR.
ELECTROMECHANICA Y MAQUINAS ELECTRICAS.
EDITORIAL LIMUSA. 1982

- VICENT DEL TORO.
FUNDAMENTOS DE INGENIERIA ELECTRICA.
EDITORIAL PRENTICE HALL. 1988

- MANUAL DE PLCS.
CAPACITACIONES FESTO DIDACTIC. 1989

- BENJAMIN C. KUO.
SISTEMAS AUTOMATICOS DE CONTROL
EDITORIAL CONTINENTAL. 1986

- THEODORE BAUMEISTER Y EUGENE A. AVALLONE.
MARKS, MANUAL DEL INGENIERO MECANICO.
EDITORIAL MCGRAW HILL. 1988

- MANUAL DE NEUMATICA
CAPACITACIONES DE FESTO DIDACTIC. 1996

- MANUAL DE NEUMATICA
CAPACITACIONES SMC CORP. 1997

- MANUAL DE MAQUINAS DE PAÑAL PCMC.
CAPACITACIONES PCMC. 1995

- MANUAL DE SISTEMA AUTOMAX
PROGRAMACION SISTEMA
RELIANCE

- MANUAL DE SLC 150
ALLEN BRADLEY

- MANUAL DE SENSORES
OMROM