



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"SISTEMA DE RECTIFICACION AUTOMATICA DE  
UN PROCESO DE EMBOTELLADO"**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A N :  
**JOSE ENRIQUE SOJO MEDINA  
ALEJANDRO RAMIREZ OLIVARES**

ASESOR: M.I. JOSE GUADALUPE ALFONSO RAMOS ANASTASIO

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTONOMA DE  
 MEXICO

DEPARTAMENTO DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 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:

Sistema de rectificación automática de un proceso de embotellado.  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 que presenta al pasante: José Enrique Sojo Medina  
 con número de cuenta: 9232217-2 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

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

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Julio de 2002

PRESIDENTE	M. I. <u>José Guadalupe Alfonso Ramos Anastasio</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. Orilio Gómez Alcántara</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Sergio Pedro Acosta Torres</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Reyes Hugo Torres Merino</u>	<u>[Firma]</u>

## **Agradecimientos**

Agradezco a **Dios** por permitirme lograr una meta más.

Agradezco a mis padres por darme la vida y su apoyo.

Agradezco a mi familia por brindarme su incondicional apoyo.

Agradezco a la Universidad por darme la magnífica oportunidad de formar parte de su comunidad.

Agradezco a todos mis profesores por compartir sus conocimientos conmigo.

Agradezco muy en especial al **M. en I. José Guadalupe Alfonso Ramos Anastasio** por brindarme todo su apoyo, experiencia, conocimiento y tiempo para realizar este trabajo, ya que sin todo esto no me hubiera sido posible realizarlo.

Agradezco profundamente a: **Ing. Otilio Gómez Alcántara, Ing. Enrique Cortés González, Ing. Sergio Pedro Acosta Torres, Ing. Reyes Hugo Torres Merino** por aceptar formar parte de mi jurado.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>CAPITULO 1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>1</b>
1.1 Automatización y Robótica	1
1.2 La Robótica	2
1.3 Tipos de automatización industrial	3
1.4 El Robot Industrial	4
1.5 Clasificación de los robots industriales	5
1.6 Sistemas de Impulsión de los robots industriales	6
1.7 Tiempo de Manipulo	7
1.8 Layout de Máquinas	7
1.9 Dotación de Operación y Supervisión	8
1.10 Costo de Implementación	8
1.11 Beneficios que se obtienen al implementar un robot	9
<b>CAPITULO 2. APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>10</b>
2.1 Campos de aplicación de la robótica.	10
2.2 Factores que limitan el desarrollo e implementación de la automatización.	11
2.3 La automatización en la industria.	12
2.4 La Automatización y la sociedad mundial.	12
2.5 Relación de la automatización y el empleo.	12
<b>CAPITULO 3. PROCESOS DE EMBOTELLADO</b>	<b>14</b>
3.1 Elaboración de refrescos.	14
3.2 Partes que conforman a una línea de embotellado.	14
3.2.1 Filtración	14
3.2.2 Descarga de Botellas	14
3.2.3 Lavado de Cajas Contenedoras	15
3.2.4 Lavado de Botellas	15
3.2.5 Limpieza de la máquina	16
3.2.6 Equipo de Refrigeración y Carbonatación	16
3.2.7 Elaboración de Jarabe	17
3.2.8 Equipo Proporcionador	17
3.2.9 Envasado	18
3.2.10 Empacadora	20
3.2.11 Diagrama del proceso de fabricación de bebidas	21
<b>CAPITULO 4. CONCEPTOS DE NEUMÁTICA</b>	<b>22</b>
4.1 Neumática y componentes principales	22
4.1.1 Compresor de émbolo	23
4.1.2 Compresor de membrana	23
4.1.3 Compresor de émbolo giratorio	23
4.1.4 Compresor helicoidal o de flujo	23
4.2 Regulación de aire comprimido	24
4.2.1 Regulación en vacío	24
4.2.2 Regulación de carga parcial	24
4.2.3 Regulación de todo o nada	25
4.3 Secadores de aire	26
4.3.1 Secador por enfriamiento	26
4.3.2 Secador por adsorción	27
4.3.3 Secador por absorción	27
4.4 Configuración de la red de tubos	29
4.5 Unidad de mantenimiento	30
4.6 Filtros de aire a presión	30
4.7 Mantenimiento de la unidad de lubricación	34

## INDICE

4.8 Actuadores e indicadores	35
4.8.1 Cilindro de simple efecto	35
4.8.2 Cilindros de doble efecto	36
4.8.3 Cilindros con amortiguación en las posiciones finales	37
4.8.4 Cilindro con vástago continuo	37
4.8.5 Cilindros multiposicionales	37
4.8.6 Cilindro de impacto	38
4.8.7 Cilindro giratorio	38
4.8.8 Actuador oscilante	38
4.8.9 Cilindros sin vástago	38
4.9 Estructura de los cilindros	39
4.10 Tipos de sujeción	40
4.11 Propiedades de los cilindros	41
4.11.1 Fuerza del émbolo	41
4.11.2 Carrera	42
4.11.3 Velocidad del émbolo	43
4.12 Válvulas de vías	43
4.13 Tipos de válvulas	44
4.13.1 Válvulas de asiento	44
4.13.2 Válvulas de corredera	44
4.13.3 Válvulas de 2/2 vías	44
4.13.4 Válvulas de 3/2 vías	44
4.13.5 Válvula de corredera 3/2 vías de accionamiento manual.	45
4.13.6 Accionamiento neumático: Válvula de 3/2 vías	46
4.13.7 Válvula de 3/2 vías, servopilotada, de accionamiento por rodillo	46
4.13.8 Válvula de accionamiento por rodillo basculante de marcha en vacío en retroceso	47
4.13.9 Válvulas de 4/2 vías	47
4.13.10 Válvulas de 4/3 vías	48
4.13.11 Válvulas de 5/2 vías	48
4.13.12 Válvulas de 5/3 vías	49
4.13.13 Caudales de válvulas	49
4.13.14 Montaje de válvulas	50
4.13.15 Elementos de unión	51
4.13.16 Válvula de simultaneidad: función lógica Y	51
4.13.17 Válvula selectora: Función lógica O	52
4.13.18 Válvula de escape rápido	52
4.13.19 Válvula de estrangulación; Estrangulación en ambas direcciones	53
4.13.20 Válvulas de estrangulación y antirretorno	53
4.13.21 Estrangulación del aire de escape	54
4.13.21.1 Válvulas reguladoras de presión	55
4.13.21.2 Válvulas limitadoras de presión	55
4.13.21.3 Válvulas de secuencia	55
4.13.22 Combinación de válvula	56
4.14 Tipos de mando	58
4.14.1 Mando sensitivo	58
4.14.2 Mando por retención	58
4.14.3 Mando según el recorrido	58
4.14.4 Mando secuencial	58
4.14.5 Mando temporizado	59
4.15 Mandos analógicos	59
4.15.1 Mandos digitales	59
4.15.2 Mandos binarios	59
4.16 Forma del procesamiento de señales	60
4.16.1 Mandos sincrónicos	60
4.16.2 Mandos asincrónicos	60

# INDICE

4.16.3 Mandos secuenciales	60
4.16.3.1 Mandos secuenciales en función del tiempo	60
4.16.3.2 Mandos secuenciales en función del proceso	60
4.17 Métodos para representar un sistema de mando	61
4.17.1 Plano de situación	61
4.17.2 Diagrama de pasos	61
4.17.3 Diagrama de mando	61
4.17.4 Diagrama de funciones	62
4.17.5 Esquema del circuito	63
4.18 Perspectivas de desarrollo	63
4.19 Versiones especiales y subsistemas	64
<b>CAPITULO 5. CONCEPTOS DE ELECTRONEUMÁTICA</b>	<b>65</b>
5.1 Electroneumática	65
5.2 Interruptores	65
5.2.1 Configuraciones básicas de los interruptores	66
5.3.2 Selección del interruptor	66
5.4 Métodos de accionamiento	67
5.4.1 Pulsador o selector	67
5.4.2 Final de carrera accionado por rodillo	67
5.4.3 Final de carrera por rodillo, retorno en vacío	68
5.5 Interruptores reed	68
5.6 Sensores inductivos	68
5.7 Dispositivos de salida eléctricos	69
5.8 Convertidor neumático-eléctrico	69
5.9 Convertidor electroneumático	69
5.10 Sistemas de control	70
5.11 Desarrollo de un sistema de control	70
5.12 Sistemas actuadores	71
5.13 Croquis de situación	71
5.14 Diagrama desplazamiento-paso	71
5.15 Controles programables	72
5.16 Autoprogramación (Teuch-In)	73
<b>CAPITULO 6. CONCEPTOS DE CONTROLES LÓGICOS PROGRAMABLES</b>	<b>75</b>
6.1 El PLC en la tecnología de automatización	75
6.2 Áreas de aplicación de un PLC	76
6.3 Definición básica de un PLC	77
6.4 El nuevo estándar para PLC	79
6.5 Estructura de un PLC	80
6.6 Unidad Central de un PLC	81
6.7 Diseño de la unidad central	81
6.8 Ciclo de instrucciones en la unidad central	83
6.9 Secuencia de instrucciones	83
6.10 Modo de funcionamiento de un PLC	83
6.11 Memoria de programas de aplicación	85
6.12 Módulo de entradas	85
6.13 Módulo de salida	87
6.14 Dispositivo programador / computadora personal	89
6.15 Programación de un PLC	90
6.16 Modelo de fases para la generación de software para PLC	90
6.16.1 Fase 1: Especificación (Formulación del problema)	91
6.16.2 Fase 2: Diseño (Forma concreta del concepto de la solución)	91
6.16.3 Fase 3: Realización (Programación del concepto de la solución)	92
6.16.4 Documentación	92

# INDICE

6.17 Recursos de estructuración	93
6.18 Lenguajes de programación	93
6.18.1 El Diagrama en escalera (Ladder diagram) LD	94
6.18.2 Diagrama de bloques de función (Function block diagram) FBD	94
6.18.3 Lista de Instrucciones (Statement list o Instruction List) IL	94
6.18.4 Texto estructurado (Structured text) ST	94
6.18.5 Diagrama de funciones secuencial (Sequential function chart) SFC	95
6.19 Recursos de un PLC	95
6.20 Entradas, salidas y la memoria	95
6.21 Diagrama de contactos	96
6.21.1 Elementos del diagrama de contactos	96
6.21.2 Evaluación de los renglones actuales	99
<b>CAPITULO 7. PROYECTO</b>	<b>100</b>
7.1 Sistema de rectificación de tapado y llenado de un proceso de embotellado	100
7.2 Descripción de problema	101
7.3 Croquis de situación	102
7.4 Macro estructuración del sistema o proceso	103
7.5 Funcionamiento de sensores	103
7.6 Diseño	104
7.6.1 Diagrama espacio - tiempo	104
7.6.2 Tabla de funciones	104
7.6.3 Definición de los módulos del software	105
7.6.4 Lista de piezas	106
7.6.5 Definición de los módulos del software	111
7.6.6 Esquema de componentes neumáticos	112
7.6.7 Programación en diagrama de escalera	113
7.6.8 Diagrama de escalera	118
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>120</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>122</b>
Cilindros neumáticos	122
Unidades de tratamiento de aire	123
Válvulas	124
Accionamientos	126
Funciones lógicas	128
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>129</b>



## INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico que se ha alcanzado en los últimos años, nos obliga a estar a la vanguardia para ser competitivos y así poder permanecer en el mercado y más ahora con la globalización; en esta medida algunas industrias nacionales se encuentran con un atraso de varios años y sus avances tecnológicos muy limitados.

El cambio se logra únicamente con la modernización de los sistemas de producción, habiendo una infinidad de formas para lograrlo, y una de ellas es la automatización a través de la integración de sistemas electrónicos, mecánicos, neumáticos y equipos integrados.

Se desea demostrar que los controles lógicos programables ( equipos integrados) son una herramienta más para lograr tener una mayor producción en los procesos industriales, sin importar que tan complejos sean, ya que se cuenta con una amplia gama de controles para cualquier aplicación que requiera de un control lógico programable.

Por esto los controles lógicos programables contribuyen a la productividad, a la reducción de costos, a tener la posibilidad de hacer el proceso más flexible, confiable, con una mejor calidad y seguridad de los sistemas de producción La productividad de una empresa depende en gran medida de la flexibilidad de los sistemas de mando en su área de producción

El control lógico programable tiene una gran flexibilidad ya que se conoce el estado de funciones de los diferentes equipos en todo momento y pueden ser reprogramados fácilmente por medio de una computadora personal.

Nuestro proyecto es un ejemplo practico para sacar de la línea de producción producto no conforme, este tipo de equipos ya se utiliza en empresas embotelladoras como Coca Cola Company, Pepsi, Mundet, Jumex, Jugos del Valle por citar algunas, que han incrementado su producción de primera reduciendo merma, tiempos de espera, y mano de obra.

En el desarrollo de la tesis sé vera:

En el Capítulo I Automatización industrial se describen todas las ventajas que se obtienen mediante la automatización de los procesos así como la evolución de la automatización hasta nuestros días.

## **INTRODUCCION**

En el **Capítulo 2** Aplicaciones de la automatización se tratan las diversas áreas de aplicación de la automatización y sus beneficios a la industria. Citando algunos casos de las aplicaciones ya que pueden ser innumerables.

En el **Capítulo 3** Procesos de embotellado describe el proceso que se realiza para la fabricación de refrescos. Mencionando fases, procedimientos, equipos y mostrando un diagrama de proceso de elaboración..

En el **Capítulo 4** Conceptos de neumática se explican los principios básicos de la neumática y se da un panorama general de los tipos de válvulas. Mencionando su funcionamiento y su forma de trabajar de cada uno de estos equipos. Así como recomendaciones técnicas.

En el **Capítulo 5** Conceptos de electroneumática se dan a conocer los tipos de accionamientos eléctricos utilizados para accionar sistemas neumáticos. Menciona los tipos y configuraciones de interruptores de accionamiento eléctrico.

En el **Capítulo 6** Conceptos de controles lógicos programables se dan a conocer las características y generalidades de los controles lógicos programables (PLC), su funcionamiento, así como los pasos que se deben seguir en la elaboración de un sistema controlado por PLC.

En el **Capítulo 7** Proyecto se muestran las fases para la implementación de un sistema de rectificación de tapado y llenado de un proceso de embotellado controlado por PLC. Este sistema esta diseñado para ser utilizado para el control del nivel de llenado y tapado de botellas en empresas embotelladoras. Se demuestra la conveniencia de la utilización de la tecnología actual para la mejora de los equipos y métodos obsoletos; mejorando con esto la productividad con ahorros muy importantes.

## AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

### 1.1 Automatización y Robótica

Primero antes de empezar a hablar de automatización industrial, debemos hacer referencia al origen de la palabra Robot, si bien desde la antigüedad se conocen ingenios mecánicos con formas más o menos humanas cuyo propósito fue proveer diversión en las cortes o llamar la atención de la gente, estos ingenios carecen de importancia desde el punto de vista tecnológico, precisamente por su destino.

El término Robot fue acuñado por el escritor checoslovaco Karel Capek, fallecido en 1938, que adquirió fama mundial con su obra R.U.R en la que presenta al obrero moderno como un esclavo mecánico, es allí donde justamente emplea la palabra Robot, tomada del eslavo Robota, que significa trabajo. Es este aspecto que sí nos interesa y sobre el cual haremos algunas consideraciones.

Norber Winer, matemático norteamericano, que introdujo el término cibernética y su teoría, refiriéndose al mismo tema, expresó: "Es una degradación para un ser humano encadenarlo a un remo y usarlo como fuente de energía; pero es casi igual degradación asignarle tareas puramente repetitivas en una fábrica, que exigen menos de una millonésima de su poder cerebral". Es más sencillo organizar una fábrica que utiliza individualidades humanas aprovechando sólo una fracción trivial de su capacidad, que preparar un mundo en el que estos puedan alcanzar su plena dimensión.

La aplicación del Taylorismo ha traído como consecuencia no sólo condiciones particulares de consumo y cultura, sino también resulta ser el responsable de la creación de condiciones de trabajo repetitivas, monótonas y degradantes para quien las efectúa.

Los resultados obtenidos hasta el presente no justifican las expectativas iniciales. Hasta el momento sólo la Robotización del trabajo o Robótica aparece como el medio capaz de superar al Taylorismo mediante una revalorización de su filosofía, cuya racionalidad consiste en haber parcializado el trabajo, pero su irracionalidad se manifiesta en el último eslabón del proceso, constituido por el empleo de un ser "inteligente" en una operación repetitiva.

La aplicación de los robots se enfoca prácticamente a cualquier tarea que el ser humano pueda realizar, abriéndose así el campo de investigación para la robótica. Las principales restricciones para la investigación de cómo realizar cierta tarea es el costo en dinero y tiempo y esto precisamente es lo que ha definido las áreas de investigación en la robótica.

Debido a estas restricciones, las principales aplicaciones que se tienen actualmente son en manufactura y cuyo aumento esperado en productividad justifica la inversión. Es por ello que en nuestro trabajo nos centraremos en el estudio de la automatización industrial, principalmente.

## **1.2 La Robótica**

La robótica es una área interdisciplinaria formada por la ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y sistemas computacionales. La mecánica comprende tres aspectos: diseño mecánico de la máquina, análisis estático y análisis dinámico. La microelectrónica le permite al robot transmitir la información que se le entrega, coordinando impulsos eléctricos que hacen que el robot realice los movimientos requeridos por la tarea. La informática provee de los programas necesarios para lograr la coordinación mecánica requerida en los movimientos del robot y darle un cierto grado de inteligencia a la máquina, es decir adaptabilidad, autonomía y capacidad interpretativa y correctiva.

El término de robótica inteligente combina cierta destreza física de locomoción y manipulación, que caracteriza a lo que conocemos como robot, con habilidades de percepción y de razonamiento residentes en una computadora. La locomoción y manipulación están directamente relacionadas con los componentes mecánicos de un robot.

La percepción está directamente relacionada con dispositivos que proporcionan información del medio ambiente (sensores); estos dispositivos pueden ser de tipo ultrasonido (radares), cámaras de visión, láseres, infrarrojos, por mencionar algunos. Los procesos de razonamiento seleccionan las acciones que se deben tomar para realizar cierta tarea encomendada. La habilidad de razonamiento permite el acoplamiento natural entre las habilidades de percepción y acción.

La robótica en la actualidad tiene dos ramas: una que trata con ambientes preparados (industriales) y la otra que trata con ambientes no estructurados y no predecibles (submarinos, catástrofes y el

espacio). En algún tiempo se pensó erróneamente que se necesitaría de un gran desarrollo en sentido, percepción y razonamiento aún para robots industriales.

Actualmente, la robótica industrial se está extendiendo en muchos países, especialmente en Japón, debido exactamente a que se tiene disponibles el tiempo y el ambiente para preparar al robot en su tarea a realizar para practicarla y perfeccionarla, de tal forma que se pueda repetir muchas veces. El sentido se utiliza raramente para cubrir cosas ligeramente impredecibles. Sin embargo, lo del proceso anterior es suficiente dado que la planeación y preparación son las palabras claves en manufactura. Los investigadores en robótica han tenido que enfocarse en ambientes no estructurados para poder justificar mucha de la investigación en sentido y habilidad de manejo que se ha hecho en la última década.

La Robótica y la automatización son disciplinas surgidas en diferentes épocas. La robótica nace en décadas recientes para complementarse con la automatización, aportándole como elemento innovador cierto grado de inteligencia. En el contexto industrial, la automatización es como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en la informática en la operación y control de la producción. Este concepto, para ser actualizado, debe incluir el uso de robots.

El robot industrial forma parte del progresivo desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora, y contribuye de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala.

### **1.3 Tipos de automatización industrial**

Podemos decir que podemos clasificar a la automatización industrial en tres tipos, que a continuación mencionaremos:

**Automatización fija.** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada para diseñar equipos especializados para procesar productos o componentes de éstos con alto rendimiento y elevadas tasas de producción.

**Programable.** Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso, el equipo de producción está diseñado para ser

adaptable a variaciones en la configuración del producto. Esta característica de adaptabilidad se logra haciendo funcionar el equipo bajo el control de un programa de instrucciones para el producto dado. La producción se obtiene por lotes.

**Flexible.** Es una categoría situada entre las dos anteriores. Se ha comprobado que es más adecuada para el rango medio de producción. Con este tipo de automatización pueden obtenerse simultáneamente varios tipos de producto, en el mismo sistema de fabricación.

#### **1.4 El Robot Industrial**

Se entiende por Robot Industrial a un dispositivo de maniobra destinado a ser utilizado en la industria y dotado de uno o varios brazos, fácilmente programable para cumplir operaciones diversas con varios grados de libertad y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas, desagradables o peligrosas.

El RIA Robot Institute of America define al Robot como "Un manipulador multifuncional reprogramable, diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos variables programados para una variedad de labores". Estas definiciones indudablemente no abarcan todas las posibilidades de aplicación presente y futuras de los Robots y en opinión de quienes escriben, el Robot es para la producción, lo que el computador es para el procesamiento de datos. Es decir, una nueva y revolucionaria concepción del sistema productivo cuyos alcances recién comienzan a percibirse en los países altamente industrializados. Realmente, los Robots no incorporan nada nuevo a la tecnología en general, la novedad radica en la particularidad de su arquitectura y en los objetivos que se procura con los mismos. El trabajo del Robot se limita generalmente a pocos movimientos repetitivos de sus ejes, estos son casi siempre 3 para el cuerpo y 3 para la mano o puño, su radio de acción queda determinado por un sector circular en el espacio donde este alcanza a actuar.<sup>5</sup>

Cuando las partes o piezas a manipular son idénticas entre sí y se presentan en la misma posición, los movimientos destinados a reubicar o montar partes se efectúan mediante dispositivos articulados que a menudo finalizan con pinzas.

5. DAVIE, Alberto G., "Introducción a la automatización industrial", tercera edición, editorial Marcombo

La sucesión de los movimientos se ordena en función del fin que se persigue, siendo fundamental la memorización de las secuencias correspondientes a los diversos movimientos. Puede presentarse el caso en el que las piezas o partes a ser manipuladas no se presenten en posiciones prefijadas, en este caso el robot deberá poder reconocer la posición de la pieza y actuar u orientarse para operar sobre ella en forma correcta, es decir se lo deberá proveer de un sistema de control que se pueda adaptar.

Si bien no existen reglas acerca de la forma que debe tener un robot industrial, la tecnología incorporada a él está perfectamente establecida y en algunos casos esta procede de las aplicadas a las máquinas-herramientas. Los desplazamientos rectilíneos y giratorios son neumáticos, hidráulicos o eléctricos. Como es sabido, los sistemas neumáticos no proveen movimientos precisos debido a la compresibilidad del aire y en ellos deben emplearse topes positivos para el posicionamiento, lo que implica la utilización de dispositivos de desaceleración. Los Robots Neumáticos poseen una alta velocidad de operación manipulando elementos de reducido peso.

Los accionamientos hidráulicos proporcionan elevadas fuerzas, excelente control de la velocidad y posicionamiento exacto. En cuanto a los sistemas eléctricos se utilizan motores de corriente continua o motores paso a paso. Estos dos tipos de Robots quedan reservados a la manipulación de elementos más pesados o los procesos de trayectorias complejas como las tareas de soldadura por punto o continua.

### **1.5 Clasificación de los robots industriales**

Una clasificación del grado de complejidad del Robot puede establecerse de la siguiente forma:

**Robots de primera generación.** Dispositivos que actúan como "esclavo" mecánico de un hombre, quien provee mediante su intervención directa el control de los órganos de movimiento. Esta transmisión tiene lugar mediante servomecanismos actuados por las extremidades superiores del hombre, caso típico manipulación de materiales radiactivos, obtención de muestras submarinas, etc.

**Robots de segunda generación.** El dispositivo actúa automáticamente sin intervención humana frente a posiciones fijas en las que el trabajo ha sido preparado y ubicado de modo adecuado ejecutando movimientos repetitivos en el tiempo, que obedecen a lógicas combinatorias, secuenciales, programadores paso a paso, neumáticos o Controladores Lógicos Programables. Un aspecto muy importante está constituido por la facilidad de rápida reprogramación que convierte a

estos Robots en unidades "versátiles" cuyo campo de aplicación no sólo se encuentra en la manipulación de materiales sino en todo los procesos de manufactura, como por ejemplo: en el estampado en frío y en caliente asistiendo a las máquinas-herramientas para la carga y descarga de piezas.

En la inyección de termoplásticos y metales no ferrosos, en los procesos de soldadura a punto y continúa en tareas de pintado y reemplazando con ventaja algunas operaciones de máquinas convencionales.

**Robots de tercera generación.** Son dispositivos que habiendo sido construidos para alcanzar determinados objetivos serán capaces de elegir la mejor forma de hacerlo teniendo en cuenta el ambiente que los circunda. Para obtener estos resultados es necesario que el robot posea algunas condiciones que posibiliten su interacción con el ambiente y los objetos. Las mínimas aptitudes requeridas son: capacidad de reconocer un elemento determinado en el espacio y la capacidad de adoptar propias trayectorias para conseguir el objetivo deseado. Los métodos de identificación empleados hacen referencia a la imagen óptica por ser esta el lenguaje humano en la observación de los objetos, sin embargo no puede asegurarse que la que es natural para el hombre, constituye la mejor solución para el robot.

### **1.6 Sistemas de Impulsión de los robots industriales**

Los más comunes son tres: impulsión hidráulica, impulsión eléctrica e impulsión neumática.

**Hidráulico.** El sistema de impulsión hidráulica es en la que se utiliza un fluido, generalmente un tipo de aceite, para que el robot pueda movilizar sus mecanismos. La impulsión hidráulica se utiliza para robots grandes, los cuales presentan mayor velocidad y mayor resistencia mecánica.

**Eléctrico.** Se le da el nombre de impulsión eléctrica cuando se usa la energía eléctrica para que el robot ejecute sus movimientos. La impulsión eléctrica se utiliza para robots de tamaño mediano, pues éstos no requieren de tanta velocidad ni potencia como los robots diseñados para funcionar con impulsión hidráulica. Los robots que usan la energía eléctrica se caracterizan por una mayor exactitud y repetibilidad.



**Neumático.** Sólo resta hablar de aquellos robots que se valen de la impulsión neumática para realizar sus funciones. En la impulsión neumática se comprime el aire abastecido por un compresor, el cual viaja a través de mangueras.

Los robots pequeños están diseñados para funcionar por medio de la impulsión neumática.

Los robots que funcionan con impulsión neumática están limitados a operaciones como la de tomar y situar ciertos elementos.

Es importante señalar que no todos los elementos que forman el robot pueden tener el mismo tipo de impulsión.<sup>20</sup>

### **1.7 Tiempo de Manipuleo**

El tiempo de maniobra requerido es determinado por la longitud total del camino y la máxima velocidad del Robot. La mayoría de los Robots neumáticos, hidráulicos y eléctricos tienen velocidades máximas aproximadas a los 7 metros por segundo y desplazamientos angulares de 90° por segundo.

Sin embargo cuando se trata de un Robot neumático debe tenerse presente que la variación de velocidad con la carga es muy grande; y esto es particularmente importante cuando un Robot de este tipo está equipado con dos manos, ya que en el momento en que estas estén ocupadas la carga será el doble. El tiempo anual de manipuleo puede ser calculado, cuando se compara el Robot con la labor total en igual período, pero no es posible hacerlo mediante la comparación con el tiempo de manipulación de una sola pieza.

### **1.8 Layout de Máquinas**

Básicamente el layout puede ser circular o lineal. En una disposición circular un Robot sirve a varias máquinas sin que las piezas se acumulen entre ellas. En un layout lineal cada Robot sirve a una máquina en la línea y las piezas van siendo reunidas en transportadores entre máquinas. Un transportador de almacenamiento debe ser capaz de tomar el total de la producción de una máquina durante el cambio de herramienta. En esta disposición la producción es mayor que en el sistema circular. Muchos layouts requieren versiones especiales de Robots con grados de libertad adicionales demandadas por el proceso.

20. [www.invides.com.mx/suplemento/pascual.html](http://www.invides.com.mx/suplemento/pascual.html)

### **1.9 Dotación de Operación y Supervisión**

La inspección visual de las piezas es manual en la mayoría de los casos. Las cajas de almacenamiento deben ser llenadas y vaciadas. 4 o 5 Robots que demanden estas tareas adicionales pueden ser supervisados por un solo hombre.

La implementación de un Robot en un proceso productivo, tiene como objetivo fundamental disminuir los costos de producción mediante un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva ya instalada.

### **1.10 Costo de Implementación**

El costo de esta Implementación está compuesto por los siguientes conceptos:

- El Robot.
- Las herramientas de la mano.
- Posible modificación de la máquina o máquina-herramienta y herramientas.
- Posible alteración del layout existente.
- Equipos periféricos, transportadores, cajas de almacenamiento.
- Dispositivos de fijación y señalización.
- Costo del trabajo de instalación.
- Entrenamiento del personal para operación y mantenimiento.
- Puesta en marcha y puesta a punto.

### **1.11 Beneficios que se obtienen al implementar un robot**

- Reducción de la labor.
- Incremento de utilización de las máquinas.
- Flexibilidad productiva.
- Mejoramiento de la calidad.
- Disminución de pasos en el proceso de producción.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo, reducción de riesgos personales.
- Mayor productividad.
- Ahorro de materia prima y energía.
- Flexibilidad total.
- Calidad de trabajo humano:
- -Seguridad: trabajos peligrosos e insalubres.
- -Comodidad: trabajos repetitivos, monótonos y en posiciones estratégicas.

## Aplicaciones de la Automatización

### 2.1 Campos de aplicación de la robótica.

Teóricamente el uso de sistemas robóticos podría extenderse a casi todas las áreas imaginables en donde se necesite de la ejecución de tareas mecánicas, tareas hoy ejecutadas por el hombre o imposibles de ejecutar por él como la exploración sobre el terreno de la superficie marciana. Se entiende, en este contexto, que tarea mecánica es toda actividad que involucra presencia física y movimiento por parte de su ejecutor.

Pero al situarnos en el contexto real, en la práctica, nos damos cuenta de que existen factores que limitan el vuelo de nuestra imaginación, los que mencionaremos en el siguiente punto.

Algunos de los campos de aplicación actuales de la automatización y robótica son:

#### **Investigación - Exploración.**

En donde los robots presentan la ventaja de resistir mejor los medioambientes hostiles para el ser humano.

#### **Entretenimiento.**

Esta industria se favorece del uso de robots para recrear situaciones ficticias o posibles, haciendo uso de los llamados "efectos especiales".

#### **Construcción.**

Industria en que ya se registran proyectos que incluyen el uso de robots como ejecutores de tareas de dimensionamiento, transporte, montaje, entre otras.

#### **Automatización Industrial.**

Es el más relevante y de interés para nosotros. Corresponde al uso de robots en la industria a fin de mejorar, agilizar y aumentar la producción en los diferentes procesos.

## **2.2 Factores que limitan el desarrollo e implementación de la automatización.**

Como mencionamos anteriormente, las aplicaciones de los sistemas robóticos podrían ser innumerables. Pero existen dos factores, fuertes y decisivos, que inhiben el crecimiento y desarrollo de esta tecnología. Estos a considerar son:

### **Limitaciones económicas.**

Dado que la robótica es una disciplina de avanzada y en desarrollo, los costos asociados a ella son altísimos, puesto que se necesitan recursos no sólo para su construcción. Hay muchas áreas de investigación relacionadas que también son fuentes de costo, y hacen que en la actualidad un sistema robótico sea un producto de alto costo económico y no masificado.

### **Limitaciones tecnológicas.**

Un campo de investigación como la automatización está orientado a tratar de llevar a la práctica ideas que pueden haber sido concebidas hace ya mucho tiempo. Además del factor recursos, la concreción de dichas ideas dependerá de que se hayan encontrado o desarrollado los medios tecnológicos que la permitan.

La automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.

En comunicaciones y aviación dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano en el mismo tiempo.

### **2.3 La automatización en la industria.**

Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en alguna etapa de sus actividades. En las comunicaciones, y sobre todo en el sector telefónico, la marcación, la transmisión y la facturación se realizan automáticamente.

### **2.4 La Automatización y la sociedad mundial.**

La automatización ha contribuido en gran medida al incremento del tiempo libre y de los salarios reales de la mayoría de los trabajadores de los países industrializados. También ha permitido incrementar la producción y reducir los costos, poniendo coches, refrigeradores, televisores, teléfonos y otros productos al alcance de más gente.

### **2.5 Relación de la automatización y el empleo.**

La relación entre la automatización y el paro. Ciertos economistas defienden que la automatización ha tenido un efecto mínimo, o ninguno, sobre el desempleo. Sostienen que los trabajadores son desplazados, y no cesados, y que por lo general son contratados para otras tareas dentro de la misma empresa, o bien en el mismo trabajo en otra empresa que todavía no se ha automatizado.

Hay quienes sostienen que la automatización genera más puestos de trabajo de los que elimina. Señalan que aunque algunos trabajadores pueden quedar en el paro, la industria que produce la maquinaria automatizada genera más trabajos que los eliminados. Para sostener este argumento suele citarse como ejemplo la industria informática. Los ejecutivos de las empresas suelen coincidir en que aunque las computadoras han sustituido a muchos trabajadores, el propio sector ha generado más empleos en fabricación, venta y mantenimiento de ordenadores que los que ha eliminado el dispositivo.

Por otro lado, hay líderes sindicales y economistas que afirman que la automatización genera paro y que, si no se controla, llevará a la creación de un vasto ejército de desempleados. Sostienen que el crecimiento de los puestos de trabajo generados por la administración pública y en los sectores de servicio han absorbido a quienes han quedado desempleados como consecuencia de la

automatización, y que en cuanto dichos sectores se saturen o se reduzcan los programas gubernamentales se conocerá la auténtica relación entre la automatización y el desempleo.<sup>20</sup>

*Capítulo 2*

20. [www.invdes.com.mx/suplemento/pascual.html](http://www.invdes.com.mx/suplemento/pascual.html)

## **PROCESOS DE EMBOTELLADO**

### **3.1 Elaboración de refrescos.**

El proceso de elaboración de cualquier bebida embotellada y particularmente la de un refresco podría imaginarse como un proceso sencillo y de fácil control, pero en realidad implica una gran cantidad de procesos intermedios y de una gran cantidad de maquinaria especializada para lograr una calidad uniforme en todos los productos que se elaboran.

Si bien el proceso de fabricación no ha cambiado en lo esencial a través del tiempo, la maquinaria empleada sí lo ha hecho, principalmente en la tecnología utilizada para su operación a grandes velocidades.

### **3.2 Partes que conforman a una línea de embotellado.**

Una línea tradicional de producción de refrescos consta de los siguientes elementos básicos

#### **3.2.1 Filtración**

En empresas como Coca-Cola utilizan como materia prima para la elaboración de sus productos, aproximadamente 50 galones de agua de la red pública por minuto. El agua llega a una cisterna, de donde pasa al sistema de filtrado, compuesto por tres filtros; el primero es de arena, el segundo es de carbón y el tercero es el filtro pulidor. Del filtro pulidor el agua tiene tres destinos: 1) la elaboración de jarabe, 2) pasa a ser parte del producto final y 3) va al caldero.

#### **3.2.2 Descarga de Botellas**

Esta etapa incluye dos procesos: descarga de botellas y lavado de cajas contenedoras.

En esta área hay un equipo utilizado para "sacar" las botellas de sus cajas contenedoras y transferirlas a líneas transportadoras hacia el proceso de lavado. El tamaño del equipo y el método de desempacado varía en razón de la botella a manejar y del tipo de caja contenedora. Una vez que



las cajas ingresan manualmente a la cadena transportadora, en la cual una persona se encarga de sacar las basuras grandes de las botellas antes de que estas ingresen a la máquina desempacadora. Las cajas pasan por la máquina desempacadora, donde se separan las botellas de estas.

### **3.2.3 Lavado de Cajas Contenedoras**

Una vez que las cajas han pasado por la desempacadora, continúan por una banda transportadora que las lleva a la máquina empacadora. En otro lugar, un operador las lava manualmente; este proceso se lo realiza con una manguera y agua a presión

### **3.2.4 Lavado de Botellas**

Esta etapa incluye dos fases: lavado de botellas y limpieza de la máquina.

Las botellas que fueron separadas de la caja en la desempacadora ingresan a la mesa de carga de la máquina lavadora de botellas. Esta máquina es accionada por un operador en la mesa de carga y por dos operadores en la descarga.

Las botellas ingresan a la máquina en forma automática; esta máquina tiene un tanque pequeño con sosa cáustica al 3.5% y otro más grande con sosa cáustica al 2.5%. En estos tanques se sumergen las botellas para remover toda la suciedad que contengan, la temperatura en estos tanques es de aproximadamente 65 °C.

Luego las botellas pasan por una serie de enjuagues, en donde recicla el agua por medio de bombas y al final se tiene un enjuague con agua fresca, para lo cual se utilizan boquillas individuales para cada botella. Al final el agua se escurre y la botella sale a la mesa de descarga completamente limpia.

Una de las máquinas más imponentes del proceso de fabricación es la lavadora de envases.

Esta máquina llega a manejar simultáneamente hasta 12,000 botellas durante un proceso que dura, dependiendo de la marca y modelo de la máquina, aproximadamente 20 minutos, sumergiendo las botellas en tanques de solución cáustica a altas temperaturas y enjuagándolas con chorros de alta presión hasta dejarlas en condiciones óptimas para su llenado conforme los estándares de calidad.

Véase figura 3.1.



FIG. 3.1 Maquinas de Lavado de Botellas

### 3.2.5 Limpieza de la máquina

Durante el día, la limpieza junto a la máquina se realiza con un trapeador y, al final de la jornada de trabajo, se realiza una limpieza de los filtros de las bombas y de las boquillas para el enjuague. Esto se hace con agua fresca de la red, la que además se utiliza para limpieza y lavado de la máquina y los pisos.

Cada 45 días se realiza el cambio de agua y sosa cáustica de los tanques de la lavadora, enviando todo el afluente al desagüe.

### 3.2.6 Equipo de Refrigeración y Carbonatación

Es quizá uno de los puntos neurálgicos de todo el proceso. Este equipo es el encargado de bajar la temperatura del producto a embotellar a casi los cero grados centígrados, esto con el objeto de lograr una eficiente carbonatación o incorporación de gas carbónico en el producto que es el siguiente paso del proceso. El enfriamiento se logra a través de "deslizar" el producto en unas placas de acero inoxidable que contienen amoníaco a alta presión que al estar en esta condición "absorben" el calor del líquido, logrando con ello el efecto deseado, sin que en ningún momento exista contacto entre el elemento enfriador (Amoníaco) y el producto a embotellar.

Este proceso no es visible por efectuarse dentro de tanques de acero inoxidable sujetos a altas presiones por saturación de gas carbónico.

### **3.2.7 Elaboración de Jarabe**

El jarabe se prepara en 11 tanques de acero inoxidable de varias capacidades, con agua limpia proveniente de la sección de tratamiento de aguas.

El jarabe simple está compuesto por agua, azúcar, benzoato y concentrado; esta mezcla es filtrada en un filtro-prensa, que funciona con una bomba de sello de agua (bomba de jarabe).

Existe otra bomba de características similares a la anterior, que es utilizada para trasvasar el jarabe de un tanque a otro según las necesidades de producción.

El jarabe simple, una vez filtrado, pasa a un intercambiador de calor, a fin de reducir la temperatura, para proceder a la mezcla con el concentrado, de acuerdo al tipo de bebida que se vaya a producir. Esta mezcla se realiza en cualquiera de los 11 tanques, con la ayuda de agitadores mecánicos incorporados a los mismos. La mezcla se deja en reposo por varias horas, dependiendo del tipo de bebida que se está elaborando.

Posteriormente el jarabe es bombeado al área de producción, donde se procede a la mezcla con agua en una proporción de 5:1 (agua: jarabe) y gas. En esta área existen filtros de carbono, que utilizan agua limpia para su operación.

La limpieza de la sección de elaboración de jarabes se realiza con la utilización de agua limpia, detergente, cloro y la ayuda de cepillos, escobillas, etc. La frecuencia de esta operación depende del programa de producción que se desarrolle, siendo lo habitual realizar la limpieza después de la producción de cada lote y tipo de bebida.

Las mangueras de conducción del jarabe y el tanque de mezclado son lavadas con agua limpia, bombeada a presión desde el área de producción del jarabe.

### **3.2.8 Equipo Proporcionador**

Es en este equipo en donde realmente se elabora el producto. Su función, la más importante del proceso, es la de mezclar en proporciones debidas el jarabe terminado (concentrado del producto a

embotellar mezclado con un jarabe simple con alto contenido de endulzante) con agua saturada con Gas Carbónico. Este equipo de alta tecnología controla el flujo de producto hacia la llenadora y con base en ello prepara la cantidad exacta de líquido en cantidades tales que den como resultado el sabor deseado del producto a embotellar. Ver Figura 3.2.

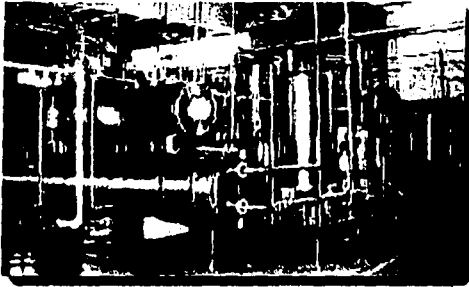


Fig 3.2 Equipo Proporcionador

### 3.2.9 Envasado

Las botellas provenientes de la máquina de lavado son conducidas por una cinta transportadora hacia el equipo de llenado del producto. Las botellas ingresan a este proceso, secas por dentro, pero aún húmedas por fuera.

Antes de la entrada a la máquina llenadora existe un sistema detector infrarrojo, que retira automáticamente de la línea las botellas que tienen cualquier impureza en su interior.

Las botellas ingresan a la máquina llenadora, donde efectúan un recorrido circular. La operación de llenado se realiza mediante un sistema de boquillas que llenan la botella con el producto que previamente ha ingresado a una tolva alimentadora, desde donde se reparte por un juego de tuberías y válvulas hacia las boquillas. Una vez que la botella ha sido llenada, ésta sale a un sistema mecánico de colocación de la tapa por presión.

Las botellas llenas y selladas se conducen por la banda transportadora hacia el proceso de encajonamiento (colocación en las cajas contenedoras) pero previamente pasan a través de una cámara de lavado por aspersión para limpiar el exterior de las mismas y a continuación se secan con chorros de aire a presión.

Sobre las bandas transportadoras, tanto en la parte previa al llenado, como después del mismo, se tienen sitios iluminados para que los operadores observen a través de las botellas y controlen la limpieza de las mismas, su contenido, así como para que retiren aquellas que no están limpias o presentan algún otro problema como un llenado inadecuado, etc. El control previo se usa en caso de que el detector no esté disponible o no se pueda usar por alguna otra razón.

La máquina de llenado es la más espectacular del proceso. Su función es la de llenar a altas velocidades cada una de las botellas lavadas, podría decirse que es "el cuello de botella" de las líneas, pues su labor es llenar en forma individual cada una de las botellas. Sus velocidades de operación varían, pudiendo llegar hasta llenar 800 botellas de 355 ml en un minuto. Su función, además es la de cerrar y tapar a estas botellas. Ver figura 3.3.

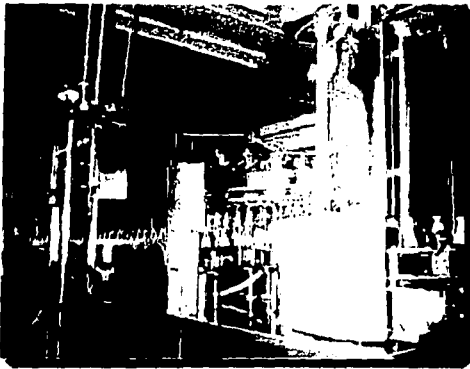


FIG. 3.3 Máquina de llenado

### 3.2.10 Empacadora

La última parte del proceso de fabricación es el encajonado de las botellas nuevamente a sus cajas o rejas refresqueras para poder ser manipuladas eficientemente en el mercado al momento de su distribución.

El proceso de empaque se realiza a través de una máquina que toma las botellas de los transportadores y las coloca en sus respectivas rejas conforme a la presentación a manejar, es decir, en 24, 9 u 8 casilleros en rejas altas o bajas según el tipo de envase.

Adicionalmente se requiere de distintos equipos auxiliares como son las calderas, compresores de aire y de amoníaco, tanques de acero inoxidable para la preparación y reposo de jarabes y concentrados, tratamientos de agua, etc.

En virtud del espacio utilizado por los envases y rejas necesarios para la comercialización de los embotellados, se cuenta en cada planta con grandes áreas de almacenamiento, y dado el gran número de vehículos que se atienden diariamente, estas bodegas cuentan con amplios andenes para las maniobras de carga y descarga.

La capacidad de Producción de las Plantas embotelladoras expresada en cajas de 24 botellas de refresco mediano (12 oz.) es de aproximadamente 60'000,000 de cajas anuales en dos turnos de producción (equivalentes a casi 90'000,000 de cajas de 8 oz.).<sup>21</sup>

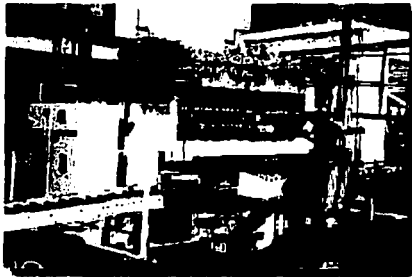
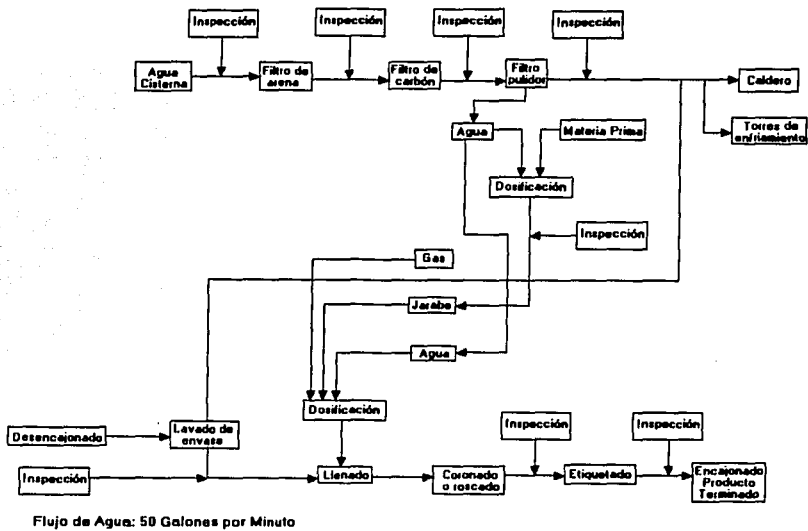


Fig. 3.4 Máquina Empacadora

3.2.11 Diagrama del proceso de fabricación de bebidas



## CONCEPTOS DE NEUMÁTICA

### 4.1 Neumática y componentes principales

La neumática es la generación y utilización del aire comprimido para generar un trabajo. Algunas de las características de la neumática es el bajo costo, limpieza y rapidez.

Para el funcionamiento de cualquier sistema neumático requerimos de aire comprimido, el cual se genera en compresores. La elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria. Los compresores se clasifican según su tipo constructivo.

El aire es una mezcla de Gases y tiene la siguiente composición

Aproximadamente 78 % del volumen es Nitrógeno, 21 % de Oxígeno y el resto podríamos decir que el aire esta compuesto por Dióxido de carbono, Argón, Hidrogeno, Neón, Criptón, y Xenón.

La presión atmosférica no es constante puede cambiar según la ubicación geográfica y las condicione meteorológicas.

En Neumática es usual relacionar todos los datos sobre el aire al así llamado estado normal. El estado normal del aire es un estado determinado por la temperatura normal y la presión normal de un material sólido liquido o gaseiforme.

Temperatura normal  $T_n$  273.15 °K; 0°C

Presión Normal  $P_n$  1.013 Bar.

El aire puede ser comprimido y tiene la tendencia a dilatarse. A temperatura constante los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a que se halla sometida.



Existen varios tipos de compresores tales como:

#### **4.1.1 Compresor de émbolo**

Los compresores de émbolo comprimen el aire que entra a través de una válvula de aspiración, haciendo que, el aire pase al sistema a través de una válvula de escape. Los compresores de émbolo son utilizados con frecuencia porque su gama cubre un amplio margen de presiones.

#### **4.1.2 Compresor de membrana**

Los compresores de membrana pertenecen al grupo de compresores de émbolo. En este caso, la cámara de compresión está separada del émbolo mediante una membrana, la cual ofrece la ventaja de no dejar pasar aceite del compresor al aire.

Por esta razón, los compresores de membrana suelen utilizarse en la industria de alimentos y en la industria farmacéutica y química.

#### **4.1.3 Compresor de émbolo giratorio**

Los compresores de émbolo giratorio comprimen el aire mediante un émbolo que gira durante el proceso de compresión se reduce continuamente la cámara de compresión.

#### **4.1.4 Compresor helicoidal o de flujo**

En estos compresores, dos árboles de perfil helicoidal giran en sentido contrario. El perfil de ambos árboles engrana y así se transporta y comprime el aire.

Especialmente apropiados para grandes caudales. Los compresores de flujo se fabrican en dos tipos de construcción, axial y radial. Mediante uno o dos rodets de turbina se pone en circulación el aire. La energía de movimiento se convierte en energía de presión. Con un compresor axial la aceleración del aire se realiza mediante los rodets en el sentido axial de la circulación.

## 4.2 Regulación de aire comprimido

A fin de poder adaptar la cantidad suministrada del compresor a un consumo variable, se requiere una regulación del compresor. Entre los márgenes ajustables para la presión mínima y máxima se regula la cantidad suministrada. Existen diferentes tipos de regulación:

*Regulación en vacío*

Regulación por purgado  
Regulación por cierre  
Regulación por pinza

*Regulación de carga parcial*

Regulación de velocidad  
Regulación por aspiración estrangulada

Regulación de todo o nada

### 4.2.1 Regulación en vacío

En la regulación por purgado el compresor trabaja en contra de una válvula limitadora de presión. Una vez conseguida la presión ajustada, la válvula limitadora de presión se abre y el aire sale al exterior. Una válvula antiretorno evita el vaciado del recipiente. Esta regulación únicamente se aplica en instalaciones muy pequeñas.

En la regulación por cierre se bloquea el lado de aspiración. El compresor no puede aspirar. Este tipo de regulación se aplica sobre todo en compresores de émbolo giratorio.

En compresores de émbolo más grandes se aplica la regulación por pinza. Una pinza mantiene la válvula de aspiración abierta, el compresor no puede comprimir el aire.

### 4.2.2 Regulación de carga parcial

En la regulación de la velocidad se regula la velocidad del motor de accionamiento del compresor en función de la presión alcanzada. En la regulación por aspiración estrangulada, la regulación se realiza mediante un estrangulamiento en la conexión de aspiración del compresor.

### 4.2.3 Regulación de todo o nada

En esta regulación el compresor adopta alternativamente el régimen de marcha a carga máxima y reposo. El motor de accionamiento del compresor se desconecta al alcanzar la presión máxima y vuelve a conectarse al alcanzar la presión mínima.

Se recomienda una duración de conexión de aproximadamente un 75% para el compresor. Para ello se requiere determinar el consumo promedio y máximo de aire de una instalación neumática y adaptar la elección del compresor al mismo. Si se prevé de antemano que el consumo de aire aumentará por una ampliación de la instalación, entonces la parte de alimentación de aire comprimido debería proyectarse más grande, ya que una ampliación posterior representa siempre unos costos muy elevados.

Para estabilizar el aire comprimido se coloca adicionalmente al compresor un acumulador. El acumulador equilibra las oscilaciones de la presión al extraer aire comprimido del sistema. Si en el acumulador cae la presión por debajo de un determinado valor, entonces el compresor lo llenará hasta alcanzar el valor superior de presión ajustado. Esto tiene la ventaja de que el compresor no tiene que trabajar en funcionamiento continuo.

La superficie relativamente grande del acumulador provoca un enfriamiento del aire contenido en él. Durante este proceso de enfriamiento se condensa agua que debe ser purgada regularmente a través de un grifo.

El tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

- Caudal del compresor
- Cantidad de aire requerida en el sistema
- Red de tuberías (posible necesidad de volumen de aire adicional)
- Regulación del compresor
- Oscilación permisible de la presión en el sistema

### 4.3 Secadores de aire

La humedad (el agua) llega a través del aire aspirado del compresor a la red. El porcentaje de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire. La humedad del aire depende de la temperatura ambiente y de la situación meteorológica.

El aire comprimido con un contenido demasiado elevado de humedad reduce la vida útil de los sistemas neumáticos. En consecuencia es necesario instalar secadores de aire con el fin de reducir el contenido de humedad del aire.

Para secar el aire puede recurrirse a alguno de los siguientes métodos:

- Secador por enfriamiento
- Secado por adsorción
- Secado por absorción

Para que puedan compararse distintos equipos de secado debe tenerse en cuenta la presión de servicio del equipo. Para ello se utiliza el concepto punto de condensación de presión. El punto de condensación de presión es la temperatura del aire que se alcanza en un secador con la presión de servicio.

Los costos adicionales ocasionados por la instalación de un secador de aire son rápidamente amortizados debido a la disminución de los costos de mantenimiento, por tiempos de inactividad menores y por la mayor fiabilidad del sistema.

#### 4.3.1 Secador por enfriamiento

El secador usado con más frecuencia es el secador por enfriamiento. En él, el aire que circula es enfriado en un intercambiador térmico. La humedad contenida en el aire es segregada y recogida en un recipiente.

El aire que penetra en el secador por enfriamiento pasa antes por un proceso de enfriamiento previo en el que se recurre al aire frío que sale de un intercambiador térmico. En el conjunto de enfriamiento el aire es enfriado hasta llegar a una temperatura de entre +2 y +5°C. El aire

comprimido secado se filtra. Al salir del secador por enfriamiento, el aire comprimido es nuevamente calentado en el intercambiador térmico por el aire que penetra en él.

El secado por enfriamiento permite alcanzar puntos de condensado de presión entre los  $+2^{\circ}\text{C}$  y  $+5^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3.2 Secador por adsorción

Adsorción: Depósito de materias en la superficie de cuerpos sólidos. El agente secador, también denominado gel secador, es un granulado compuesto principalmente de óxido de silicio.

Siempre se utilizan dos unidades de adsorción. Si el gel de la primera unidad de adsorción está saturado, el equipo conmuta a la segunda unidad. Entretanto, la primera unidad es regenerada mediante un proceso de secado con aire caliente.

El método de secado por adsorción permite alcanzar puntos de condensación de presión de hasta  $-90^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3.3 Secador por absorción

Absorción: Una materia gaseiforme es fijada por una materia sólida o líquida. El proceso de secado por absorción es un método químico que es utilizado muy pocas veces a raíz de los elevados costos de servicio.

Primero, el aire a presión es guiado a través de un filtro para retirar la mayor cantidad de gotas de agua y de aceite posible. Cuando el aire entra en el secador, es sometido a un movimiento rotativo al atravesar la cámara de secado, la cual contiene un agente de fundición (masa de secado). La humedad se une a este agente de absorción y la disuelve. El líquido obtenido de este modo pasa al depósito inferior.

Este depósito tiene que ser vaciado regularmente y, además deberá sustituirse también con regularidad el agente absorbente. Para que la distribución del aire sea fiable y no cause problemas, es recomendable acatar una serie de puntos. Entre ellos, las dimensiones correctas del sistema de tuberías son tan importantes como la elección correcta de los materiales, de la resistencia al caudal

del aire, así como la configuración del sistema de tuberías y la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

Tratándose de instalaciones nuevas, siempre debe tomarse en cuenta una posible ampliación posterior del sistema de aire comprimido. Concretamente, la tubería principal debería tener dimensiones mayores a las que se necesitan para el sistema actual. Con miras a una posterior ampliación, también es recomendable instalar cierres y válvulas de bloqueo adicionales.

En todos los conductos se producen pérdidas de presión a raíz de resistencias al flujo, especialmente en zonas de estrechamiento, en ángulos, bifurcaciones y conexiones de tubos. Estas pérdidas tienen que ser compensadas por el compresor. La disminución de presión en todo el sistema deberá ser la mínima posible. Para calcular las diferencias de presión es necesario conocer exactamente la longitud de las tuberías. Las conexiones de tubos, las desviaciones y los ángulos deberán ser sustituidos por las longitudes respectivas. Además, la selección del diámetro interior correcto depende también de la presión de servicio y de la cantidad de aire alimentado al sistema.

Cualquier tipo de influencia que incida sobre el flujo de aire o cualquier cambio de dirección significan un factor de interferencia que provoca un aumento de la resistencia al flujo. Ello tiene como consecuencia una constante disminución de la presión dentro de las tuberías. Dado que es inevitable utilizar desviaciones, ángulos y conexiones de tubos en cualquier red neumática, es imposible evitar una reducción de la presión. No obstante, la instalación óptima de las conexiones, la elección de los materiales adecuados y el montaje correcto de las conexiones pueden contribuir a que la reducción sea mínima.

Los sistemas neumáticos modernos exigen la instalación de tubos que cumplan con determinadas condiciones. Concretamente, los materiales tienen que cumplir con lo siguiente:

- Bajo nivel de pérdida de presión
- Estanqueidad
- Resistencia a la corrosión
- Posibilidad de ampliación

En lo que respecta al uso de materiales de plástico, no solo tiene que tomarse en cuenta sus precios, sino que también cabe anotar que con ellos los costos de instalación son más bajos. Los tubos de

plástico pueden unirse al 100% de estanqueidad utilizando pegamentos. Además, las redes de tuberías de plástico pueden ampliarse fácilmente.

Las tuberías de cobre o de acero, por lo contrario, son más baratas, pero para unir las hay que soldarlas o utilizar conexiones roscadas. Si estos trabajos no son llevados a cabo de modo esmerado, bien puede suceder que el sistema sea contaminado con virutas, residuos de soldadura, depósitos de partículas o de materiales de juntas. De este modo pueden surgir problemas durante el funcionamiento del sistema. Tratándose de tubos de diámetros pequeños y medianos, los de plástico ofrecen ventajas en comparación con todos los demás en lo que respecta al precio, al montaje, al mantenimiento y a la posibilidad de ampliar la red.

Dadas las oscilaciones de la presión en la red, es indispensable que los tubos sean montados sólidamente, ya que de lo contrario es posible que se produzcan fugas en las conexiones atornilladas o soldadas.

#### **4.4 Configuración de la red de tubos**

La configuración de la red de tuberías es de gran importancia para el funcionamiento económico del sistema, aparte de escoger las dimensiones correctas de los tubos y de optar por una buena calidad de los materiales empleados. El compresor suministra al sistema aire a presión en ciertos intervalos. Por lo tanto es frecuente que el consumo de aire a presión aumente solo durante un breve plazo. Esta circunstancia puede provocar condiciones desfavorables en la red de aire a presión.

Por lo tanto es recomendable instalar un circuito anular principal de aire a presión, ya que de ese modo se obtiene un nivel de presión relativamente constante.

Para efectuar trabajos de mantenimiento, de reparación y de ampliación de la red sin interferir en la alimentación del aire a presión, es aconsejable segmentar la red por partes individuales.

Con ese fin deberán instalarse bifurcaciones con conexiones en T y colectores con acoplamientos enchufables. Los conductos de bifurcación deberían estar equipados con válvulas de cierre o con válvulas de bola tipo estándar.

Aunque el sistema de evacuación de aire del sistema generador de presión sea eficiente, siempre puede haber residuos de condensado en el sistema de tuberías debido a caídas de presión o de la temperatura exterior. Para evacuar ese condensado, todo el sistema debería tener una inclinación de 1 hasta 2% en dirección del flujo de aire. Los puntos de evacuación también pueden instalarse escalonadamente. De esta forma, el condensado puede ser evacuado en los puntos respectivamente más bajos a través de un separador de agua.

#### **4.5 Unidad de mantenimiento**

Las distintas funciones del acondicionamiento del aire a presión, filtrar, regular y lubricar pueden llevarse a cabo con elementos individuales. A menudo estas funciones se han unido en una unidad operativa, la unidad de mantenimiento. Dicha unidad es antepuesta a todas las instalaciones neumáticas.

Por lo general la lubricación de aire a presión ya no es necesaria en las instalaciones modernas. Solo debería aplicarse puntualmente, sobre todo en la sección de potencia de una instalación. El aire comprimido en la sección de mando no debería lubricarse.

#### **4.6 Filtros de aire a presión**

El condensado, las impurezas y demasiada cantidad de aceite pueden ser motivo de desgaste de piezas móviles y de juntas de elementos neumáticos. Dichas sustancias pueden contaminar el medio ambiente a través de fugas en el sistema.

Si no se utilizan filtros, es posible que los productos que se produzcan en la fábrica queden inutilizados por efecto de la suciedad (por ejemplo, en el caso de alimentos o productos farmacéuticos o químicos).

El abastecimiento de aire a presión de buena calidad en un sistema neumático depende en gran medida del filtro que se elija. El parámetro característico de los filtros es la amplitud de los poros. Dicho parámetro determina el tamaño mínimo de las partículas que pueden ser retenidas en el filtro.

El agua condensada deberá ser purgada antes de que su volumen llegue al nivel máximo, ya que de lo contrario volvería a mezclarse con el aire.



Si el condensado es cuantioso, es recomendable instalar un sistema de purga automático en vez de recurrir a un grifo manual. No obstante, en este caso debería buscarse también la causa de este elevado nivel de condensado, por ejemplo un guiado inapropiado de las conducciones podría ser una.

La unidad de purga automática tiene un flotador que, al llegar a la marca de máximo, actúa sobre una palanca que abre una tobera dejando pasar aire a presión. El aire a presión actúa sobre una membrana la que, por su parte, abre una salida de purga. Una vez que el flotador llega al nivel mínimo de condensado en el depósito, cierra la tobera y se interrumpe la operación de evacuación. Además existe la posibilidad de vaciar el depósito manualmente.

Los filtros tienen que ser sustituidos después de cierto tiempo, ya que las partículas de suciedad pueden obturarlos.

Si bien es cierto que el efecto de filtración se mantiene incluso si el filtro está sucio, cabe tener en cuenta que un filtro sucio significa una resistencia mayor al flujo del aire. En consecuencia se produce una mayor caída de presión en el filtro.

Para determinar el momento oportuno para cambiar el filtro, deberá efectuarse un control visual o una medición de la diferencia de presiones.

Los intervalos para el cambio de los filtros dependen de la calidad del aire comprimido, de la cantidad de aire requerido por los elementos neumáticos y del tamaño del filtro las operaciones de mantenimiento de filtros incluyen lo siguiente:

- Sustituir o limpiar el cartucho filtrante
- Evacuación de condensado

Al efectuar trabajos de limpieza, deberán acatarse las indicaciones hechas por el fabricante en relación con las sustancias que podrán utilizarse con ese fin.

El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante. Las oscilaciones de la presión en las tuberías pueden incidir negativamente en las características de

conmutación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo de válvulas de estrangulación y de retardo.

En consecuencia, es importante que la presión del aire sea constante para que el equipo neumático no ocasione problemas. Para obtener un nivel constante de la presión del aire se instalan reguladores de presión en la red de aire a presión con el fin de procurar la uniformidad de la presión en el sistema de alimentación de aire comprimido (presión secundaria), independientemente de las oscilaciones que surjan en el circuito principal (presión primaria). El reductor o regulador de presión es instalado detrás del filtro de aire, con el fin de mantener un nivel constante de la presión de servicio. El nivel de la presión siempre debería regirse por las exigencias que plantee la parte correspondiente del sistema.

En la práctica una presión de servicio de 6 bar en la sección de operación; 4 bar en la sección de mando han demostrado ser la mejor solución para satisfacer los criterios de generación de aire a presión y los del rendimiento de los elementos neumáticos.

Si la presión de trabajo es más elevada, no se aprovecharía debidamente la energía y además el desgaste sería mayor; si la presión es menor, disminuiría el rendimiento, especialmente en la sección operativa del sistema.

La presión de entrada siempre tiene que ser mayor que la presión de salida en la válvula reguladora de presión. La presión es regulada mediante una membrana. La presión de salida actúa sobre uno de los lados de la membrana, mientras que por el otro lado actúa un muelle.

Si la presión de trabajo es demasiado alta, aumenta la presión en el asiento de la válvula, con lo que la membrana actúa en contra la fuerza del muelle. Al mismo tiempo es reducido o cerrado el escape en el asiento de la junta. De este modo queda reducido o bloqueado el caudal de aire. Para que pase el aire a presión es necesario que la presión de trabajo sea menor que la presión de entrada.

En términos generales, no debería lubricarse el aire a presión. No obstante, si las partes móviles de válvulas y cilindros requiriesen de lubricación, deberá enriquecerse el aire a presión constantemente con una cantidad suficiente de aceite. La lubricación del aire a presión debería siempre limitarse tan solo a los segmentos del sistema que necesiten lubricación. El aceite que pasa del compresor al aire a presión no es apropiado para la lubricación de elementos neumáticos.

Los cilindros provistos de juntas resistentes al calor no deberían recibir aire a presión lubricado, ya que el aceite contenido en el aire podría producir un lavado de la grasa especial que llevan los cilindros.

Si se opta por usar aire a presión no lubricado en sistemas que antes sí lo usaban, será necesario renovar la lubricación original de fábrica de las válvulas y de los cilindros, ya que es posible que dicha lubricación original entretanto haya desaparecido.

El aire a presión debería contener aceite de lubricación en los siguientes casos:

- Necesidad de operar con movimientos extremadamente veloces
- Uso de cilindros de grandes diámetros (En este caso, es recomendable instalar la unidad de lubricación inmediatamente antes del cilindro)

Si la lubricación es demasiado copiosa, pueden surgir los siguientes problemas:

- Funcionamiento deficiente de elementos
- Mayor contaminación del medio ambiente
- Agarrotamiento de elementos después de períodos de inactivación prolongados

El aire a presión pasa a través de la unidad de lubricación. Al atravesar una zona de estrangulación en dicha unidad, se produce un vacío. Este vacío provoca la succión del aceite a través de una tubería conectada a un depósito. El aceite pasa a una cámara de goteo donde es pulverizado y mezclado con el aire.

La dosificación del aceite puede realizarse en concordancia con un valor orientado de 1 hasta 10 gotas por metro cúbico de aire a presión. La dosificación correcta puede comprobarse del siguiente modo: colocar un trozo de cartón blanco a unos 10 cm de la boca del aire de salida del elemento de ajuste del cilindro más alejado del lubricador.

Después de que el sistema esté en funcionamiento durante un tiempo prudencial el cartón podrá adquirir una coloración ligeramente amarillenta. Si gotea aceite es signo de exceso de lubricación.

#### 4.7 Mantenimiento de la unidad de lubricación

El aceite segregado por el compresor no puede utilizarse como lubricante para los elementos neumáticos. Este aceite se quema o se evapora debido al calor generado por el compresor. En consecuencia tendría un efecto abrasivo en los cilindros y válvulas, con lo que el rendimiento de estos elementos se vería afectado seriamente.

Los depósitos de aceite en las paredes interiores de las tuberías de alimentación representan otro problema que deberá tenerse en cuenta al realizar los trabajos de mantenimiento de sistemas que funcionan con aire a presión lubricado.

Estos depósitos de aceite pueden ser absorbidos incontroladamente por la corriente de aire, con lo que aumentaría el grado de suciedad del aire a presión. Los trabajos de mantenimiento de sistemas que adolecen de este problema son sumamente complicados, puesto que la única forma de limpiar una tubería sucia por depósitos de aceite es desmontándola.

Los depósitos de aceite también pueden tener como consecuencia que los elementos queden adheridos, especialmente si la instalación ha estado sin funcionar durante un periodo prolongado. Transcurrido un fin de semana o un día festivo es posible que las unidades lubricadas ya no funcionen correctamente.

La lubricación del aire a presión debería siempre limitarse tan solo a las partes del sistema que deben ser abastecidas sin falta. Para el abastecimiento de aceite lo mejor es instalar la unidad de lubricación del aire a presión directamente delante de los elementos desgastados. Para la sección de mando de una instalación neumática deberán escogerse elementos autolubricantes.

Con relación a la unidad de mantenimiento hay que tener en cuenta lo siguiente:

El tamaño de la unidad de mantenimiento depende del caudal de aire. Si el caudal es demasiado grande, la caída de presión en los elementos neumáticos sería considerable. En consecuencia es indispensable acatar las indicaciones hechas por el fabricante respectivo.

La presión de servicio no deberá rebasar el valor correspondiente indicado en la unidad de mantenimiento. La temperatura ambiente no debería ser superior a 50 °C (valor máximo para elementos de material plástico).

## 4.8 Actuadores e indicadores

Un actuador o elemento de trabajo transforma la energía en trabajo. La señal de salida es controlada por el mando y el actuador reacciona a dicha señal por acción de los elementos de maniobra. Otro tipo de equipos de emisión o de los actuadores, como pueden ser, los indicadores ópticos de accionamiento neumático.

Los actuadores neumáticos pueden clasificarse en dos grupos según el movimiento, si es lineal o giratorio:

### Movimiento rectilíneo (movimiento lineal)

- Cilindro de simple efecto
- Cilindro de doble efecto

### Movimiento giratorio

- ° Motor neumático
- ° Actuador giratorio
- ° Accionamiento oscilante

#### 4.8.1 Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto reciben aire a presión sólo en un lado. Estos cilindros sólo pueden ejecutar el trabajo en un sentido. El retroceso está a cargo de un muelle incluido en el cilindro o se produce por efecto de una fuerza externa. La fuerza del muelle hace retroceder el vástago del cilindro a suficiente velocidad, pero sin que el cilindro pueda soportar una carga.

En los cilindros de simple efecto con muelle de reposición, la carrera está definida por la longitud del muelle. Por su diseño, los cilindros de simple efecto pueden ejecutar diversas funciones de movimientos denominados de alimentación, tales como los que se mencionan a continuación:

- Entregar
- Bifurcar
- Juntar

- Accionar
- Fijar
- Expulsar

Los cilindros de simple efecto están equipados con una junta simple en el émbolo, en el lado sometido a presión. La estanqueidad de los cilindros de metal o plástico se logra utilizando un material flexible (Perbunán). Los bordes de la junta se deslizan a lo largo de la camisa del cilindro cuando éste ejecuta los movimientos.

#### **4.8.2 Cilindros de doble efecto**

El diseño de estos cilindros es similar al de los cilindros de simple efecto. No obstante, los cilindros de doble efecto no llevan muelle de reposición y además las dos conexiones son utilizadas correspondientemente para la alimentación y la evacuación del aire a presión. Los cilindros de doble efecto ofrecen la ventaja de poder ejecutar trabajos en ambos sentidos. Se trata, por lo tanto, de cilindros sumamente versátiles. La fuerza ejercida sobre el vástago es algo mayor en el movimiento de avance que en el de retroceso porque la superficie en el lado del émbolo es más grande que en el lado del vástago.

Los cilindros de doble efecto tienen las siguientes aplicaciones y su desarrollo manifiesta tener las siguientes tendencias:

- Detección sin contacto
- Utilización de imanes en el lado del vástago para activar contactos tipo red.
- Frenado de cargas pesadas
- Uso de cilindros sin vástagos en espacios reducidos.
- Uso de materiales diferentes, como por ejemplo plástico
- Recubrimiento protector contra daños ocasionados por el medio ambiente (por ejemplo, recubrimiento resistente a los ácidos).
- Mayor resistencia.
- Aplicaciones en la robótica con características especiales, tales como vástago antigiro o vástagos huecos para uso de ventosas.

### 4.8.3 Cilindros con amortiguación en las posiciones finales

Si un cilindro tiene la función de mover grandes masas, los amortiguadores de final de carrera se encargan de evitar un golpe seco y, por tanto, un daño de los cilindros. Un émbolo amortiguador interrumpe la evacuación directa del aire hacia afuera antes de que el cilindro llegue a su posición de final de carrera. En vez de ello, queda abierta una salida pequeña que por lo general es regulable. La velocidad del cilindro es reducida en la última parte del movimiento de retroceso. Deberá procurarse que los tornillos de ajuste nunca estén totalmente cerrados, ya que de lo contrario el vástago no podrá alcanzar su posición de final de carrera.

Si las fuerzas son muy elevadas y si la aceleración es considerable, deberán adaptarse medidas adicionales para solucionar el problema concretamente, pueden instalarse amortiguadores externos para aumentar el efecto de frenado.

Forma correcta de frenar:

Cerrar completamente el tornillo de ajuste.

Abrir paulatinamente el tornillo de ajuste hasta que se alcance el valor deseado.

### 4.8.4 Cilindro con vástago continuo

Este cilindro tiene hacia ambos lados un vástago. El vástago es continuo. La guía del vástago es mejor, ya que dispone de dos cojinetes. En ambos sentidos de movimiento la fuerza es igual de potente.

El vástago continuo puede ser hueco. De este modo puede aplicarse para el paso de distintos medios, por ejemplo aire a presión. También es posible una conexión de vacío.

### 4.8.5 Cilindros multiposicionales

El cilindro multiposicional está compuesto de dos o varios cilindros de doble efecto. Los cilindros están unidos entre sí. Los distintos cilindros avanzan según la impulsión de aire a presión que reciben. Con dos cilindros de distinta carrera se obtienen cuatro posiciones.

#### 4.8.6 Cilindro de impacto

Las fuerzas de presión de los cilindros neumáticos está limitada. Un cilindro para elevadas energías cinéticas es el cilindro de impacto. La elevada energía cinética se alcanza aumentando la velocidad del émbolo. La velocidad del émbolo del cilindro de impacto está entre 7.5 m/s y 10 m/s. Pero la velocidad disminuye rápidamente en caso de grandes recorridos. Por consiguiente, el cilindro de impacto no es apropiado para grandes carreras.

#### 4.8.7 Cilindro giratorio

En esta ejecución de cilindros de doble efecto el vástago dispone de un perfil dentado. El vástago acciona una rueda dentada, de un movimiento lineal resulta un movimiento giratorio. Los márgenes de giro son distintos, desde 45°, 90°, 180°, 270° hasta 360°. El par de giro depende de la presión, la superficie del émbolo y la transmisión, pueden alcanzarse valores de hasta 150 Nm.

#### 4.8.8 Actuador oscilante

En el actuador oscilante la fuerza es transmitida a través de una aleta de giro directamente sobre el eje motriz. El ángulo de giro puede ajustarse sin escalonamiento de 0° hasta 180° aproximadamente. El par de giro no debería sobrepasar los 10 Nm.

Propiedades de los actuadores oscilantes:

- Pequeños y resistentes
- Disponibles con sensores sin contacto
- Ángulo de giro ajustable
- Fácil instalación

#### 4.8.9 Cilindros sin vástago

Para la construcción de cilindros sin vástago se aplican tres principios de funcionamiento distintos:

- Cilindro de cinta o de cable



- Cilindro de cinta selladora con camisa ranurada
- Cilindro con acoplamiento magnético del carro

En comparación con los cilindros de doble efecto habituales, los cilindros sin vástago ofrecen una longitud de montaje más corta. Se elimina el riesgo de torsión del vástago y el movimiento puede realizarse a lo largo de toda la longitud de carrera.

Este tipo de cilindros es utilizado principalmente para carreras extremadamente largas de hasta 10 m. En la superficie del carro pueden montarse directamente diversos equipos, cargas y otros. La fuerza es la misma en ambos sentidos de movimiento.

#### 4.9 Estructura de los cilindros

El cilindro está compuesto de una camisa, de las culatas del fondo y de cojinete, del émbolo con la junta (retén doble), del vástago, de los casquillos de cojinete, del anillo rascador, de las piezas de unión y de las juntas.

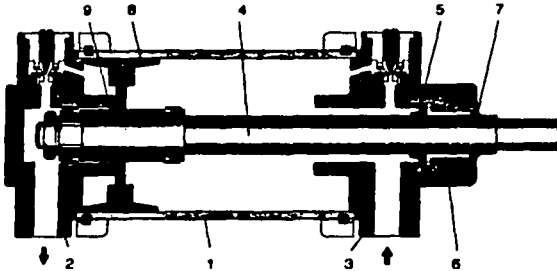
La camisa del cilindro (1) suele ser en la mayoría de los casos de una sola pieza de acero estirado sin costura de soldadura. Las superficies interiores del cilindro suelen ser sometidas a un proceso de mecanizado fino (bruñido) con el fin de aumentar la vida útil de los elementos estanqueizantes. Para ciertas aplicaciones, la camisa del cilindro también puede ser de aluminio, de latón o de tubo de acero con superficie interior cromada. Estas versiones especiales son utilizadas si se trata de cilindros que no son accionados con demasiada frecuencia o si están expuestos a corrosión.

Las culatas trasera (2) y delantera (3) suelen ser de material fundido (aluminio o fundición maleable). Las sujeciones de ambas culatas a la camisa del cilindro puede efectuarse mediante barras, roscas o bridas.

En la mayoría de los casos, el vástago (4) es de acero inoxidable. Las roscas suelen ser laminadas con el fin de disminuir el peligro de ruptura.

Con el fin de estanqueizar el vástago, la culata correspondiente está provista de una ranura anular (5). El vástago es guiado por el casquillo de cojinete (6), que es de bronce sintetizado o de material plástico.

Delante del casquillo de cojinete está situado el anillo rascador (7), mediante el cual se evita que penetren partículas de polvo o de suciedad en la cámara del cilindro. En consecuencia no es necesario instalar un guardapolvos.



Materiales utilizados en el retén (8):

Perbunán	para -20°C hasta	+ 80°C
Vitón	para -20°C hasta	+ 150°C
Teflón	para -80°C hasta	+ 200°C

Las juntas tóricas (9) se encargan de la estanqueidad estática.

#### 4.10 Tipos de sujeción

El tipo de sujeción depende de la forma en la que esté montado el cilindro en los equipos y máquinas. Los cilindros pueden venir de fábrica de tal modo que sean montados de una determinada manera, o también es posible recurrir a piezas adicionales para sujetarlos de otra forma. Este método de sujeción variable mediante piezas modulares permite simplificar el almacenamiento de los cilindros, especialmente si su montaje está previsto en sistemas neumáticos de mayor envergadura puesto que se puede recurrir a un solo tipo de cilindro básico que posteriormente es combinado con las piezas de sujeción necesarias en cada caso.

El tipo de sujeción del cilindro y el acoplamiento del vástago tienen que elegirse cuidadosamente, ya que los cilindros sólo pueden ser sometidos a un esfuerzo axial.

En el momento en que la fuerza es transmitida a la máquina, el cilindro se somete a los esfuerzos correspondientes. Si las adaptaciones y los ajustes en el vástago son incorrectos, deberá contarse con el surgimiento de esfuerzos indebidos en la camisa y en el émbolo del cilindro.

Las consecuencias serían las siguientes:

- Fuertes presiones laterales que inciden en los casquillos de cojinete, con el consecuente desgaste precoz
- Fuertes presiones laterales en los cojinetes de guía del vástago
- Esfuerzos elevados y desiguales en los vástagos y las juntas de los cilindros
- En los cilindros con carreras grandes deberá tenerse en cuenta la carga de pandeo sobre el vástago.

#### 4.11 Propiedades de los cilindros

El rendimiento de un cilindro puede ser calculado teóricamente o recurriendo a los datos ofrecidos por el fabricante. Si bien ambos métodos son correctos, cabe anotar que los datos ofrecidos por el fabricante suelen ser más informativos para una versión y aplicación específica.

##### 4.11.1 Fuerza del émbolo

La fuerza ejercida por el émbolo de un cilindro depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro y de la resistencia por fricción de los elementos estanqueizantes. Para calcular la fuerza teórica de un émbolo deberá recurrirse a la siguiente fórmula:

$$F_{te} = A \cdot p$$

$F_{te}$  = Fuerza teórica del émbolo (N)

A = Superficie útil del émbolo ( $m^2$ )

p = Presión de trabajo (Pa)

La fuerza del émbolo es de importancia para la práctica. Para calcularla debe tenerse en cuenta la resistencia por fricción. En circunstancias normales de funcionamiento (gama de presiones de 400 a 800 kPa / de 4 a 8 bar) pueden aceptarse fuerzas por fricción con aproximadamente un 10% de la fuerza del émbolo teórica.

Cilindro de simple efecto

$$F_{ef} = (A \cdot p) - (FR + FM)$$

Cilindro de doble efecto

Carrera de avance  $F_{ef} = (A \cdot p) - FR$

Carrera de retroceso  $F_{ef} = (A' \cdot p) - FR$

$F_{ef}$  = Fuerza del émbolo efectiva (N)

A = Superficie útil del émbolo ( $m^2$ )

A' = Superficie útil anular del émbolo ( $m^2$ )

p = Presión de trabajo (Pa)

FR = Fuerza por fricción (aprox. 10% de Fte) (N)

FM = Fuerza del muelle recuperador (N)

D = Diámetro del cilindro (m)

d = Diámetro del vástago (m)

#### 4.11.2 Carrera

La carrera de los cilindros neumáticos no debería exceder de 2m; tratándose de cilindros sin vástago, la longitud máxima no debería ser superior a 10m. Las carreras demasiado largas significan un esfuerzo demasiado grande para el vástago y el cojinete guía. Para evitar el peligro de pandeo, deberá tenerse en cuenta en carreras largas el diagrama de pandeo.

### 4.11.3 Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo de los cilindros neumáticos depende de la contrafuerza, de la presión de aire, de la longitud de los conductos, de la sección entre la unidad de maniobra y de trabajo y, además, del caudal de la válvula de maniobra. La amortiguación de final de carrera también incide en la velocidad.

La velocidad media de los émbolos de cilindros estándar oscila entre aproximadamente 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) pueden alcanzarse velocidades de hasta 10 m/s. La velocidad de los cilindros puede ser reducida mediante válvulas de estrangulación y antirretorno, y para aumentarla deberá recurrirse a sistemas de escape rápido.

Para conocer los detalles relacionados con la alimentación de aire a presión y para calcular los costos respectivos, es importante saber cuánto aire consume la red neumática. El consumo de aire se indica en litros de aire aspirado por minuto. En valores determinados para la presión de aire, el diámetro del émbolo, la carrera y número de carreras por minuto, el consumo de aire puede calcularse de la siguiente manera:

Consumo de aire = Relación de compresión • Superficie del émbolo • Carrera • Número de carreras por minuto

### 4.12 Válvulas de vías

Las válvulas de vías son dispositivos que influyen en el "paso", el "bloqueo" y la "dirección" de flujo del aire. El símbolo de las válvulas informa sobre la cantidad de conexiones, la posición de conmutación y sobre el tipo de accionamiento. Sin embargo, los símbolos nada indican sobre la composición de las válvulas, limitándose a mostrar su función.

La posición inicial de una válvula equipada con un sistema de reposición (que puede ser, por ejemplo, un muelle) se refiere a la posición que ocupan las piezas móviles de la válvula cuando no está conectada.

La posición normal de una válvula es aquella que se refiere al estado en el que se encuentran las piezas móviles de la válvula montada en un sistema neumático cuando se conecta la alimentación de

presión de la red neumática o, cuando corresponda a la alimentación eléctrica. Es decir, se trata de la posición a partir de la cual empieza a ejecutarse el programa de mando.

El diseño de una válvula es un criterio importante para su vida útil, sus tiempos de conmutación, su tipo de accionamiento, su sistema de conexión y su tamaño.

#### **4.13 Tipos de válvulas**

##### **4.13.1 Válvulas de asiento**

En el caso de las válvulas de asiento, los pasos son abiertos o cerrados mediante bolas, platos, discos o conos. Las válvulas de asiento suelen llevar juntas de goma que hacen las veces de asiento. Estas válvulas apenas tienen piezas que pueden desgastarse y, en consecuencia, tienen una vida útil larga. No son sensibles a la suciedad y son muy resistentes. No obstante, requieren de una fuerza de accionamiento relativamente grande, ya que tienen que superar la fuerza del muelle de recuperación y de la presión del aire.

##### **4.13.2 Válvulas de corredera**

En el caso de las válvulas de corredera, las conexiones son unidas o cerrada, mediante correderas cilíndricas, planas o circulares.

##### **4.13.3 Válvulas de 2/2 vías**

Las válvulas de 2/2 vías tienen dos conexiones y dos posiciones (posición abierta o posición cerrada). En la posición cerrada, estas válvulas no evacúan el aire (a diferencia de las válvulas de 3/2 vías que sí lo hacen). El tipo más frecuente entre las válvulas de 2/2 vías es la válvula de asiento de bola. Las válvulas de 2/2 vías son accionadas manual o neumáticamente.

##### **4.13.4 Válvulas de 3/2 vías**

Las válvulas de 3/2 vías permiten activar o desactivar señales. Las válvulas de 3/2 vías tienen tres conexiones y dos posiciones. La tercera conexión 3(R) permite la evacuación de aire del conducto transmisor de la señal. Un muelle presiona una bola contra un asiento de válvula, y el paso de la

conexión que recibe presión 1 (P) hacia el conducto de trabajo 2(A) queda bloqueado. La conexión 2(A) es evacuada a lo largo del vástago que abre el paso hacia la conexión 3(R).

El vástago se encarga de separar la bola de su asiento. Al efectuar esta operación, es necesario superar la fuerza que ejerce el muelle de reposición y, además, a fuerza de presión.

Si la válvula está en estado activado, están unidas las conexiones 1 (P) y 2(A) y la válvula abre el paso. Estas válvulas son accionadas manual o mecánicamente. La fuerza necesaria para su accionamiento depende de la presión de alimentación y de la fricción en la válvula misma. Estas circunstancias significan una limitación de los posibles tamaños de este tipo de válvulas. El diseño de las válvulas de asiento de bola es sencillo y compacto.

Esta válvula tienen un diseño tipo válvula de plato. La junta es simple y efectiva. El tiempo de respuesta es breve y un pequeño movimiento es suficiente para abrir un paso de grandes dimensiones para el aire a presión. Al igual que las válvulas de asiento de bola, éstas también son resistentes a la suciedad y, en consecuencia, tienen una vida útil larga. Las válvulas de 3/2 vías son utilizadas para mandos equipados con cilindros de simple efecto o para accionamiento de elementos de mando.

Si la válvula abre el paso en reposo, la conexión 1(P) hacia 2(A) está abierta en dicha posición. El asiento de plato cierra la conexión 3(R). El vástago, al ser activado, bloquea la conexión de aire a presión 1(P), con lo que el plato se separa del asiento. En consecuencia, el aire puede ser evacuado pasando desde 2(A) hacia 3(R). Si se deja de actuar sobre el vástago, el émbolo de la válvula vuelve con los dos asientos de válvula a su posición normal por acción del muelle de reposición. En este estado, el aire a presión pasa nuevamente de 1(P) hacia 2(A). Estas válvulas pueden ser accionadas manual, mecánica, eléctrica o neumáticamente. El tipo de accionamiento depende de los requisitos que plantea el mando neumático.

#### **4.13.5 Válvula de corredera 3/2 vías de accionamiento manual.**

El diseño de la válvula es sencillo. La válvula es activada desplazando el casquillo en dirección longitudinal. Estas válvulas son utilizadas como válvulas de bloqueo y tienen principalmente la finalidad de alimentar o evacuar aire en sistemas neumáticos completos o parciales.

**4.13.6 Accionamiento neumático: Válvula de 3/2 vías**

La válvula de 3/2 vías es accionada neumáticamente mediante una señal neumática que llega a la entrada 12(Z). Cuando el cilindro recibe presión en la conexión 12 (Z), la corredera actúa en contra del muelle de reposición. El paso entre 1(P) hacia 2(A) está abierto. Una vez evacuado el aire por 12(Z) el émbolo vuelve a su posición normal por acción del muelle. El plato cierra el paso de 1(P) hacia 2(A). El aire de escape del conducto de trabajo 2(A) puede ser evacuado por 3(R). La válvula neumática de 3/2 vías con muelle de reposición puede ser utilizada con posición normal bloqueada o abierta.

Para que la posición normal deje abierto el paso, simplemente tienen que invertirse las conexiones 1(P) y 3(R). La cabeza de la válvula con la entrada de señales 12(Z) puede girar en 180°. La entrada de señales es denominada entonces 10(Z).

Si se usa una válvula abierta en reposo en el lugar que ocupa la válvula, el cilindro se encontrará en posición normal con el émbolo avanzado, y el émbolo retrocederá después de activar la válvula con pulsador.

**4.13.7 Válvula de 3/2 vías, servopilotada, de accionamiento por rodillo**

Las válvulas servopilotadas requieren de poca fuerza para su activación. Un pequeño taladro une la conexión de aire a presión 1(P) a la válvula servopilotada. Si se actúa sobre el rodillo, la válvula servopilotada abre. El aire a presión fluye hacia la membrana y desplaza el plato de la válvula hacia abajo. La conmutación se efectúa en dos fases: primero queda bloqueado el paso de 2(A) hacia 3(R) y, a continuación, queda abierto el paso de 1(P) hacia 2(A).

En el momento en que el elemento de maniobra ya no actúa sobre el rodillo, la válvula es repuesta a su posición normal. En consecuencia queda bloqueado el paso del conducto con aire a presión hacia la membrana y se evacúa el aire. El muelle coloca al émbolo de mando en su posición normal.

Este tipo de válvula también puede ser utilizado alternativamente como abierta o cerrada en reposo. Con ese fin simplemente deberán invertirse las conexiones 1 (P) y 3 (R) y girar el rodillo en 180°.



#### 4.13.8 Válvula de accionamiento por rodillo basculante de marcha en vacío en retroceso

La válvula de rodillo con leva basculante de marcha en vacío en retroceso sólo conmuta si el movimiento de la leva del rodillo procede de una dirección determinada.

Esta válvula es utilizada como interruptor de final de carrera para consultar la posición del vástago del cilindro, ya sea en posición de final de carrera después de avanzar o después de retroceder. Deberá tenerse en cuenta que el rodillo basculante debe estar instalado correctamente en relación con la dirección del movimiento.

Este tipo de válvula también puede ser utilizado alternativamente como abierta o cerrada en reposo. Con ese fin simplemente deberán invertirse las conexiones 1(P) y 3(R). La cabeza de la válvula con la unidad del rodillo basculante puede ser girada en 180°.

#### 4.13.9 Válvulas de 4/2 vías

Las válvulas de 4/2 vías tienen cuatro conexiones y dos posiciones. Una válvula de 4/2 vías tiene las mismas funciones que la combinación de dos válvulas de 3/2 vías, una abierta en reposo y otra cerrada en reposo.

Activación de la válvula: Ambos vástagos son accionados simultáneamente, con lo que bloquean las conexiones de 1(P) hacia 2(B) y de 4(A) hacia 3(R). Si se continúa ejerciendo fuerza en los vástagos en contra de la fuerza del asiento de plato y del muelle de reposición, vuelven a abrir las conexiones de 1 (P) hacia 2(B) y de 4(A) hacia 3(R).

La válvula tiene una conexión de evacuación de aire sin sobreposición de señales y es repuesta a su posición normal mediante un muelle. Estas válvulas son utilizadas para la activación de cilindros de doble efecto. Las válvulas de 4/2 vías también pueden ser de accionamiento neumático unilateral y con muelle de reposición o de accionamiento neumático bilateral o, también servopilotadas con rodillo o corredera plana o cilíndrica. Las válvulas de 4/2 vías suelen ser utilizadas con la misma finalidad que las válvulas de 5/2 vías.

La válvula de corredera longitudinal tiene un émbolo de mando para la inversión de la válvula. Pero los conductos correspondientes son unidos o separados mediante una corredera plana adicional.

La inversión se realiza mediante una impulsión directa de presión. Al quitar el aire a presión del conducto del émbolo de mando permanece en la correspondiente posición, hasta que reciba una señal del otro conducto.

#### **4.13.10 Válvulas de 4/3 vías**

Las válvulas de 4/3 vías tienen cuatro conexiones y tres posiciones. La válvula de corredera de plato es un ejemplo de válvula de 4/3 vías. Estas válvulas, por lo general, solo son fabricadas con accionamiento manual o mediante pedal. Cuando son activadas, dos platos giran y unen entre sí los canales de paso.

#### **4.13.11 Válvulas de 5/2 vías**

Las válvulas de 5/2 vías tienen cinco conexiones y dos posiciones. Estas válvulas son utilizadas principalmente como elementos de maniobra para el accionamiento de cilindros. La válvula de corredera longitudinal es un ejemplo de válvula de 5/2 vías. En su calidad de elemento de mando, estas válvulas tienen un émbolo de mando que se encarga de unir o separar los conductos correspondientes efectuando movimientos longitudinales. Se necesita poca fuerza para el accionamiento porque no es necesario superar la resistencia del aire comprimido o de muelle (método de bola o de plato). En el caso de las válvulas de corredera longitudinal, es posible aplicar todos los tipos de accionamiento, ya sean manuales, mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos mismos tipos de accionamiento pueden también ser utilizados para los movimientos de reposición.

En estas válvulas, el recorrido de la operación de accionamiento es considerablemente mayor que en el caso de las válvulas de asiento. Esta versión de válvulas de corredera ofrece problemas de estanqueidad. Las conexiones de "metal sobre metal", conocidas en la hidráulica, exigen tolerancias mínimas de la corredera en relación con el taladro en el cuerpo de la válvula. Tratándose de válvulas neumáticas, la holgura entre la corredera y el taladro del cuerpo de la válvula no debería ser mayor a 0,002- 0,004 mm, puesto que de lo contrario las fugas serían demasiado grandes. Para evitar los gastos que significarían una fabricación de las piezas con esa precisión, se utilizan juntas especiales y retenes en los cilindros y juntas especiales en el cuerpo de la válvula. Para evitar daños en las zonas de las conexiones, es posible repartir los elementos de estanqueidad a lo largo de toda la camisa del cilindro.

Las válvulas de 5/2 vías son utilizadas con frecuencia en sustitución de válvulas de 4/2 vías.

Las válvulas de 5/2 vías permiten la evacuación por dos conexiones separadas al avanzar o retroceder el cilindro. No obstante, las funciones de mando de las válvulas de 4/2 vías y de 5/2 vías son fundamentalmente las mismas.

Otro método de estanqueidad consiste en utilizar una junta de plato suspendido con movimientos de conmutación relativamente pequeños. La junta de asiento une la conexión 1(P) con 2(B) o con 4(A). Las juntas secundarias del émbolo unen las conexiones de evacuación de aire con las conexiones de escape. La válvula tiene en ambos lados una unidad de accionamiento manual para controlar el movimiento del émbolo.

Las válvulas neumáticas de impulsos de 5/2 vías tienen la capacidad de memoria. La válvula conmuta de conexión 14(Z) a conexión 12(Y) por efecto de señales neumáticas alternativas. Al retirarse la señal, la posición se mantiene hasta que la válvula reciba una señal contraria.

#### **4.13.12 Válvulas de 5/3 vías**

Las válvulas de 5/3 vías tienen cinco conexiones y tres posiciones. Con estas válvulas pueden detenerse los cilindros de doble efecto dentro de los márgenes de su carrera. Con centro cerrado, el émbolo del cilindro es sujetado bajo presión en posición intermedia, mientras que con centro abierto puede moverse el émbolo sin presión.

Si en ambas conexiones de mando (pilotajes) no se aplica ninguna señal, se mantiene la válvula en posición intermedia por efecto de los muelles de centraje.

#### **4.13.13 Caudales de válvulas**

La pérdida de presión y el volumen de aire en las válvulas neumáticas son datos importantes para el usuario. La selección de la válvula depende:

- Del volumen y la velocidad del cilindro
- De la frecuencia de conmutación requerida
- De la caída de presión admisible

Las válvulas neumáticas son identificadas por su caudal nominal. Para calcular los caudales se tienen en cuenta diferentes factores. Estos factores son:

$p_1$  Presión en la entrada de la válvula (kPa o bar)

$p_2$  Presión en la salida de la válvula (kPa o bar)

$\Delta p$  Diferencia de presión ( $p_1 - p_2$ ) (kPa o bar)

$T_1$  Temperatura (K)

$q_n$  Caudal nominal (l/min)

En la medición se aplica aire a la válvula en una dirección. Se mide la presión de entrada y la presión de salida. Mediante un caudalímetro se mide el caudal del aire. Los datos referentes a los valores de caudal nominal pueden encontrarse en los catálogos de los fabricantes.

El montaje de válvulas de rodillo: La fiabilidad de un sistema de mando depende fundamentalmente de la instalación correcta de los interruptores de final de carrera. Los interruptores de final de carrera tienen que estar diseñados de tal manera que puedan ser ajustados y adaptados con facilidad en cualquier momento. Esto es importante para coordinar de modo preciso los movimientos de los cilindros instalados en un sistema de mando.

#### 4.13.14 Montaje de válvulas

Aparte de la importancia que tiene la elección correcta del tipo de válvulas, es importante también montarlas adecuadamente para que sus características de conmutación y su funcionamiento sean fiables y, además, para que sean fácilmente accesibles al realizar trabajos de reparación y de mantenimiento. Lo dicho se aplica tanto a las válvulas instaladas en la sección de trabajo como la de mando.

Para mayor facilidad de los trabajos de mantenimiento y de reparación, deberá considerarse lo siguiente:

- Numerar los componentes
- Instalar indicadores ópticos
- Preparar una documentación completa

Las válvulas manuales para la entrada de señales suelen estar instaladas en el tablero o panel de mandos. En consecuencia es práctico y útil recurrir a válvulas que estén equipadas con elementos de accionamiento que puedan ser instalados directamente en el elemento de base. Existe una gran variedad de tipos de accionamiento, entre los que se puede escoger la más adecuada para cumplir con las funciones de entrada de señales.

Las válvulas, en su calidad de elementos de mando, se encargan de controlar la ejecución de secuencias neumáticas. Dichas válvulas deberán estar diseñadas de tal manera que provoquen una respuesta lo más rápida posible de los actuadores. Ello significa que las válvulas deberían estar instaladas lo más cerca posible de dichos actuadores con el fin de que las tuberías sean lo más cortas posible y para que los tiempos de conmutación sean lo más breves posible. En el caso ideal, la válvula debería conectarse directamente al actuador. De este modo se ahorraría material y tiempo de montaje. Las válvulas de cierre bloquean el paso en una dirección y lo abren en la dirección contraria. La presión en el lado de la salida ejerce una fuerza sobre el lado que bloquea y, por tanto, apoya el efecto de estanqueidad de la válvula.

Las válvulas antirretorno pueden bloquear totalmente el paso en un sentido mientras que en sentido contrario pasa el aire con un mínimo de pérdidas de presión. El bloqueo de uno de los sentidos puede realizarse con conos, bolas, platos y membranas.

#### **4.13.15 Elementos de unión**

Los elementos que tienen las mismas propiedades que una válvula de antirretorno pueden ser utilizados como uniones entre dos conductos transmisores de señales con el fin de controlarlas. Las dos válvulas que pueden ser calificadas de elementos de unión, son utilizadas para el procesamiento lógico de dos señales de entrada y para la transmisión de la señal resultante. La válvula de simultaneidad emite una señal solamente si recibe una señal en ambas entradas (función Y); la válvula selectora transmite una señal si recibe una señal en por lo menos una entrada (función O).

#### **4.13.16 Válvula de simultaneidad: función lógica Y**

La válvula de simultaneidad tiene dos entradas, X e Y, y una salida A. El paso solamente está abierto si recibe una señal en ambas entradas. Una señal de entrada en X o Y bloquea el paso a raíz

de la diferencia de fuerzas en la corredera del cilindro. Si las señales de entrada no son recibidas simultáneamente, la última señal que llega pasa a la salida. Si las señales de entrada tienen una presión más grande cierra la válvula, con lo que la presión más pequeña pasa a la salida A. La válvula de simultaneidad es utilizada principalmente en mandos de bloqueo, funciones de control o enlaces lógicos.

La inclusión de una válvula de simultaneidad en un esquema de distribución corresponde a la instalación de dos transmisores de señales (válvulas de 3/2 vías de posición normal bloqueada) en paralelo o en serie. Sólo se transmite una señal si ambas válvulas están activadas.

Una característica de esta variante de conexión es que en la práctica se obtienen a menudo unos conductos muy largos entre las válvulas.

#### **4.13.17 Válvula selectora: Función lógica O**

Estas válvulas de cierre tienen dos entradas, X e Y, y una salida A. Si la entrada X recibe presión, el émbolo cierra la entrada Y, con lo que el aire pasa de X hacia A. Si el aire pasa de Y hacia A, queda bloqueada la entrada X. Cuando se produce un reflujo de aire del cilindro o de la válvula instalada detrás, el émbolo mantiene su posición anterior debido a las presiones existentes en ese caso. Esta válvula también es denominada elemento "O".

Si un cilindro o una válvula de mando ha de accionarse desde dos o más lugares, siempre deberán utilizarse una o varias válvulas selectoras. Las válvulas selectoras pueden conectarse entre sí para obtener una condición O adicional. Cualquiera de las tres válvulas provistas de pulsador puede activarse para que el cilindro avance.

#### **4.13.18 Válvula de escape rápido**

Las válvulas de escape rápido tienen la finalidad de aumentar la velocidad de los cilindros. Con ellas se puede reducir el tiempo de retroceso demasiado prolongado, especialmente tratándose de cilindros de simple efecto. De esta manera es posible que el vástago de un cilindro retroceda casi a velocidad máxima, ya que la resistencia del aire desplazado es disminuida porque dicho aire es evacuado a través de la válvula de escape rápido. El aire es evacuado a través de una abertura

relativamente grande. La válvula tiene una conexión bloqueable de presión 1(P), una conexión bloqueable de escape 3(R) y una salida 2(A).

Si la conexión 1(P) recibe presión, el plato cubre la salida de escape de aire 3(R). En consecuencia, el aire a presión pasa de 1(P) a 2(A). Si en 1(P) ya no hay presión, entonces el aire que proviene de 2(A) desplazará el plato hacia la conexión 1(P), cerrándola. Entonces, el aire evacuado puede salir de inmediato hacia fuera sin tener que recorrer distancias largas a través de los conductos de mando hasta llegar a la válvula de mando. Es recomendable que las válvulas de escape rápido sean instaladas lo más cerca posible de los cilindros respectivos.

#### **4.13.19 Válvula de estrangulación; Estrangulación en ambas direcciones**

Las válvulas de estrangulación suelen ser regulables. El ajuste correspondiente puede ser fijado. Las válvulas de estrangulación son utilizadas para controlar la velocidad de los cilindros. Deberá ponerse cuidado en que la válvula de estrangulación nunca esté cerrada del todo. Las válvulas de estrangulación se clasifican en:

Válvula de estrangulación:

La zona de estrangulación es más larga que su diámetro.

Válvula de diafragma:

La zona de estrangulación es más corta que su diámetro.

#### **4.13.20 Válvulas de estrangulación y antirretorno**

La válvula de estrangulación y antirretorno reduce el caudal de aire solamente en un sentido. La válvula de antirretorno cierra el paso del aire en un sentido y el aire sólo puede pasar a través de la sección regulada. El aire puede pasar libremente en la dirección contraria a través de la válvula de antirretorno abierta. Estas válvulas son utilizadas para regular la velocidad de cilindros neumáticos. Es recomendable instalarlas lo más cercanas posible a los cilindros.

Tratándose de cilindros de doble efecto, existen fundamentalmente dos tipos de estrangulación:

- Estrangulación de la entrada de aire
- Estrangulación de la salida de aire
- Estrangulación de la alimentación de aire

En el caso de la estrangulación del aire de alimentación se reduce el flujo de aire hacia el cilindro. El aire de evacuación puede pasar libremente atravesando la válvula de antirretorno. Cualquier oscilación de la carga que actúa sobre el cilindro, por más mínima que sea (por ejemplo al topar con un interruptor de final de carrera), provoca considerables oscilaciones de la velocidad de avance.

Una carga en dirección de movimiento del cilindro acelera el cilindro sobrepasando el valor ajustado. En consecuencia, la estrangulación de la alimentación de aire solamente se aplica en cilindros pequeños de simple efecto.

#### **4.13.21 Estrangulación del aire de escape**

En el caso de la estrangulación del aire de salida, el aire tiene el paso libre hacia el cilindro, mientras que el paso en el conducto de salida es reducido, ofreciéndose una resistencia al aire evacuado. El émbolo está expuesto a la presión del aire de alimentación que es generada por la resistencia que ofrece la estrangulación en el conducto de salida. Esta configuración de las válvulas de estrangulación y antirretorno contribuye esencialmente a mejorar las características del avance de los cilindros. Tratándose de cilindros de doble efecto es recomendable instalar siempre un estrangulador para el aire de escape. En los cilindros pequeños es recomendable una estrangulación de la alimentación de aire y del aire de escape, debido a la poca cantidad de aire.

Con las válvulas de estrangulación y antirretorno mecánicamente ajustables puede modificarse la velocidad del cilindro durante la carrera. En un tornillo de graduación puede ajustarse la velocidad básica. Mediante una leva curva, que acciona la palanca con rodillo de la válvula de estrangulación y antirretorno mecánicamente ajustable, se modifica la sección de estrangulación.



Las válvulas de presión son elementos que se encargan de regular la presión o que son controladas por la presión. Concretamente pueden diferenciarse los siguientes tres grupos:

- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas limitadoras de presión
- Válvulas de secuencia

#### **4.13.21.1 Válvulas reguladoras de presión**

Estas válvulas son utilizadas para mantener una presión constante, incluso si oscilase la presión en la red neumática. La presión mínima de entrada tiene que ser mayor que la presión de salida.

#### **4.13.21.2 Válvulas limitadoras de presión**

Estas válvulas son utilizadas principalmente como válvulas de seguridad (válvulas de sobrepresión), ya que evitan que la presión en el sistema sea mayor que la presión máxima admisible. Una vez que la presión aplicada a la entrada de la válvula de seguridad llega a la presión máxima que se ha ajustado en dicha válvula, se abre la salida, con lo que el aire es descargado hacia la atmósfera. La válvula se mantiene abierta hasta que el muelle la vuelve a cerrar una vez que la presión alcanza nuevamente el nivel de presión que se haya ajustado en función de la curva característica del muelle.

#### **4.13.21.3 Válvulas de secuencia**

Estas válvulas trabajan según el mismo principio que las válvulas de presión. La válvula se abre paso si la presión es mayor al valor que se ha ajustado con el muelle.

El paso de 1(P) hacia 2(A) está cerrado. La salida 2(A) abre solamente cuando la presión en el conducto de mando 12(Z) alcanza el valor de presión ajustado previamente. Un émbolo de mando se encarga de abrir el paso de 1(P) hacia 2(A).

Las válvulas de secuencia son utilizadas en mandos neumáticos cuando es necesario disponer de una presión determinada para ejecutar una operación de conmutación (mandos en función de la presión).

#### 4.13.22 Combinación de válvula

Los elementos que pertenecen a diversos grupos de mando pueden formar una unidad compacta que reúne las características funcionales y constructivas de una combinación de válvulas. Estas unidades son denominadas válvulas combinadas. Los símbolos se refieren a cada uno de los elementos. Una válvula combinada está compuesta de las siguientes unidades:

Válvulas temporizadoras: retardo de la transmisión de señales.

Bloque de control del aire: ejecución de movimientos individuales y oscilantes en cilindros de doble efecto.

Válvulas de 5/4 vías: detención de cilindros de doble efecto en cualquier posición.

Válvula de 8 vías, accionada por aire: control de alimentadores de banda.

Cadenciómetro: ejecución de movimientos rápidos de cilindros.

Tobera de aspiración con expulsor: recoger y expulsar piezas.

Módulo de pasos: ejecución de operaciones de control posteriores.

Submódulos memorizadores de órdenes: puesta en marcha en función del cumplimiento de condiciones de entrada de señales.

Las válvulas temporizadoras están compuestas de una válvula neumática de 3/2 vías, una válvula de estrangulación y antirretorno y de un pequeño acumulador de aire a presión. La válvula de 3/2 vías puede tener posición normal de bloqueo o de paso abierto. El tiempo del retardo conseguido con los dos tipos de válvulas de retardo cubre normalmente un margen de 0 hasta 30 segundos.

El pequeño acumulador auxiliar permite aumentar el tiempo de retardo. El tiempo previsto para la conmutación puede ajustarse con gran precisión, siempre y cuando el aire esté limpio y la presión sea constante.

Funcionamiento de una válvula temporizadora con válvula de 3/2 vías cerrada en reposo: El aire a presión llega a la conexión 1(P) de la válvula. El aire del circuito de mando entra en la válvula por la entrada 12(Z) y atraviesa la válvula de estrangulación y antirretorno.

Con el tornillo regulador se determina la cantidad de aire que por unidad de tiempo pasa hacia el pequeño acumulador. Una vez que en éste el nivel de la presión de mando es suficiente, el émbolo de la válvula de 3/2 vías es desplazado hacia abajo, con lo que bloquea el paso de 2(A) hacia 3(R).

El plato es separado del asiento, con lo que el aire puede pasar de 1(P) hacia 2(A). El punto de conmutación es determinado por el tiempo necesario para generar la presión respectiva en el acumulador. Para que la válvula temporizadora vuelva a su posición normal, tiene que evacuarse el conducto de mando 12(Z). El aire proveniente del acumulador fluye a través de la válvula de estrangulación y antirretorno y por el conducto de evacuación de la válvula procesadora de señales hasta llegar al exterior.

El muelle de la válvula se encarga de colocar el émbolo y el plato en sus respectivas posiciones normales. El conducto de trabajo 2(A) es evacuado por 3(R) y la conexión 1(P) queda bloqueada.

Si la válvula de 3/2 vías tiene abierto el paso en posición normal, entonces la salida 2(A) recibe una señal. Si la válvula conmuta por recibir una señal en la entrada 10(Z), se evacúa el conducto de trabajo 2(A) por 3(R), y se cierra 1(P). Ello tiene como consecuencia que la señal de salida es cancelada una vez transcurrido el tiempo que haya sido ajustado. El tiempo de retardo corresponde también en este caso al tiempo necesario para la generación de la presión correspondiente en el acumulador. Si se retira el aire de la conexión 10(Z), la válvula de 3/3 vías vuelve a su posición normal.

Selección y comparación de medios de trabajo y de mando. Al elegir los medios más apropiados para el mando, deberán considerarse los siguientes criterios:

- Requisitos en relación con las secciones de trabajo o salida
- Método de mando favorable
- Recursos técnicos y empresariales disponibles para la ejecución del proyecto
- Sistemas existentes, en los que se ha de integrar el nuevo proyecto

En primer lugar deberán constatarse las ventajas y desventajas de los medios disponibles, tanto en lo que se refiere a los elementos de mando como también en lo que respecta a los elementos de trabajo. A continuación podrá tomarse una decisión sobre la solución que se prefiera.

#### **4.14 Tipos de mando**

Para diferenciar entre los diversos mandos pueden aplicarse varios criterios diferentes. Existen tres grupos principales. La atribución de un mando a uno de los tres grupos principales depende de la función que cumpla.

##### **4.14.1 Mando sensitivo**

Entre la magnitud piloto y la magnitud de salida existe una relación específica, siempre y cuando no haya interferencias externas. Los mandos sensitivos no operan con memorias.

##### **4.14.2 Mando por retención**

Al desaparecer o retirar la señal piloto, especialmente al concluir la señal de activación, se mantiene el valor alcanzado o (memorizado). Para que una magnitud de partida vuelva al valor inicial, es necesario recurrir a una magnitud contraria o diferente o a una señal de activación opuesta. Los mandos por retención siempre trabajan con memoria.

##### **4.14.3 Mando según el recorrido**

Tratándose de mandos en función del recorrido, las magnitudes rectoras son ofrecidas por un transmisor de programa (memoria de programa), cuyas magnitudes de partida dependen del trayecto recorrido o de la posición de una pieza móvil del equipo sujeto al control del mando.

##### **4.14.4 Mando secuencial**

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

#### 4.14.5 Mando temporizado

Tratándose de un mando en función del tiempo, las magnitudes de salida son establecidas por una memoria programada en función del tiempo. En consecuencia, los mandos en función del tiempo se distinguen por la presencia de un transmisor de programa y por la ejecución del programa en función del tiempo. Los transmisores pueden ser los siguientes:

- Árbol de levas
- Disco de leva
- Tarjeta perforada
- Cinta perforada
- Memoria electrónica

#### 4.15 Mandos analógicos

En lo que respecta al procesamiento de las señales, estos mandos trabajar con señales analógicas. El procesamiento de las señales se efectúa principalmente mediante elementos funcionales de efecto constante.

##### 4.15.1 Mandos digitales

En lo que respecta al procesamiento de las señales, este mando trabaja con señales digitales. La información es representada mediante números. Las unidades funcionales son contadores, registros, memorias, unidades de computación.

##### 4.15.2 Mandos binarios

En lo que respecta al procesamiento de señales, estos mandos trabajan con señales binarias. Las señales binarias no son parte integrante de informaciones representadas mediante números.

## **4.16 Forma del procesamiento de señales**

### **4.16.1 Mandos sincrónicos**

Se trata de un mando que procesa las señales sincronizadamente con una señal de impulso.

### **4.16.2 Mandos asincrónicos**

Se trata de mandos que trabajan sin señal de impulso, produciéndose los cambios de señales exclusivamente a través de un cambio de señales de entrada.

### **4.16.3 Mandos secuenciales**

Se trata de mandos con ejecución obligatoria por pasos. La conmutación de un paso al siguiente paso establecido en el programa depende de las condiciones que se hayan establecido. Estos mandos permiten, especialmente la programación de saltos, bucles, bifurcaciones, etc. El mando secuencial está dividido en dos subgrupos:

#### **4.16.3.1 Mandos secuenciales en función del tiempo**

Se trata de mandos secuenciales, en los que la conmutación al siguiente paso depende exclusivamente del tiempo. Las condiciones para la conmutación se producen por elementos temporizadores, contadores de tiempo o controladores con velocidad constante.

#### **4.16.3.2 Mandos secuenciales en función del proceso**

Se trata de mandos secuenciales, en los que la conmutación al siguiente paso depende exclusivamente de las señales emitidas por el equipo (proceso) sujeto al control del mando.

El mando en función del recorrido es una forma del mando secuencial en función del proceso, cuya condición de conmutación depende únicamente de las señales en función del recorrido de la instalación objeto de control.

#### **4.17 Métodos para representar un sistema de mando**

- Plano de situación
- Diagrama de pasos
- Diagrama de mando
- Diagrama de funciones
- Plano de funcionamiento
- Esquema de distribución

##### **4.17.1 Plano de situación**

El plano de situación muestra la relación existente entre los elementos de accionamiento y la composición de la máquina. El plano debe indicar correctamente la dirección del accionamiento, aunque no es necesario que esté confeccionado a escala ni tiene que ser demasiado detallado. El esbozo es utilizado conjuntamente con la descripción del proceso de trabajo y con el diagrama de movimientos.

##### **4.17.2 Diagrama de pasos**

El diagrama de pasos y el diagrama de espacio-tiempo son diagramas de movimiento. El diagrama de pasos es utilizado para contar con una representación esquematizada de las secuencias de movimientos. El diagrama indica cual es la secuencia de trabajo de los elementos de accionamiento. El espacio es representado en función de las secuencias de pasos. Si el sistema de mando está compuesto de más de un elemento de accionamiento, los espacios son indicados uno debajo del otro. Efectuando una comparación entre los pasos puede establecerse una relación entre los espacios recorridos por cada uno de los elementos de accionamiento.

##### **4.17.3 Diagrama de mando**

En el diagrama de mando se muestra el estado de conmutación de los elementos de mandos en función de los pasos o del tiempo. Aquí no es considerado el tiempo de conmutación.

#### 4.17.4 Diagrama de funciones

El diagrama de funciones es la combinación entre el diagrama de movimiento y el diagrama de mando. Las líneas encargadas de mostrar los distintos estados se denominan líneas funcionales.

Aparte de las líneas funcionales pueden incluirse también en el diagrama de funciones las líneas de señales. Las bases para ello están descritas en el "Diagrama de funciones de máquinas de trabajo e instalaciones de fabricación".

La línea de señales tiene su salida en el elemento de señal y su final en el lugar donde en función de esta señal se introduce un cambio de estado. Las flechas en las líneas de señales marcan la dirección del flujo de señales.

Las bifurcaciones de las señales son marcadas en el lugar de la bifurcación con un punto. Desde una salida de señales se introducen cambios de estados de varios elementos.

En la condición O la unión de las líneas de señales es marcada con un punto. Varias salidas de señales originan independientemente unas de otras el mismo cambio de estado.

La condición Y es marcada mediante una barra en el lugar de unión de las líneas de señales. Únicamente se producirá un cambio de estado, si están presentes todas las salidas de señales.

Las denominaciones de los distintos elementos de entrada se escriben en el punto de salida de la correspondiente línea de señales. La abreviación es una posibilidad más para indicar las secuencias de movimiento. En este caso se usaran en la secuencia las denominaciones A, B, etc. para los cilindros. La señal para que el cilindro avance recibe el símbolo + y la que induce el retroceso es identificada con -.

La secuencia A+ B+ B- A- debe leerse del siguiente modo. El cilindro A avanza, el cilindro B avanza, el cilindro B retrocede, el cilindro A retrocede. Los movimientos sucesivos se escriben seguidos. La secuencia A+ B+ B- debe leerse como:

El cilindro A avanza, el cilindro B avanza y el cilindro A retrocede al mismo tiempo, el cilindro B retrocede. Los movimientos realizados simultáneamente se escribirán uno debajo del otro.



En este tipo de denominación con letras los interruptores de final de carrera reciben las mismas letras que los cilindros, aunque en minúsculas, significando 0 la posición de final de carrera trasera (posición de partida) y 1 para la posición de final de carrera delantera (posición de trabajo). El diagrama de funciones ofrece una información clara sobre las acciones y reacciones de los procesos neumáticos. Es la condición que debe cumplirse para volver a iniciar el ciclo.

#### 4.17.5 Esquema del circuito

El esquema del circuito muestra el flujo de señales y a la relación entre los elementos del mando y las conexiones de aire a presión. En el esquema del circuito no se indica la disposición física y mecánica del mando.

El esquema del circuito siempre es dibujado de tal manera que el flujo de la energía esté representado desde abajo hacia arriba. El esquema consta de varios niveles: fuente de energía, entrada de señales, procesamiento de señales, elementos de mando y elementos de accionamiento. La ubicación de los interruptores de final de carrera es marcada en el elemento de accionamiento. El esquema incluye la identificación de elementos, conductos y conexiones según el sistema de numeración. Esta identificación de los componentes permite atribuir los elementos a la máquina que es objeto del control y permite la lectura del esquema del circuito.

#### 4.18 Perspectivas de desarrollo

La válvula de vías es un componente importante para la transmisión de la potencia desde el procesador hacia el actuador lineal o rotativo. Muchas de las características del actuador dependen del tamaño y del tipo de la válvula de vías. El desarrollo de válvulas de vías manifiesta tener las siguientes tendencias:

- Montaje de placas de conexión y de regletas colectoras con conexiones conjuntas de alimentación y evacuación de aire a presión.
- Servopilotaje para menor consumo de energía en el accionamiento.
- Válvulas multifuncionales, modificación de las características de las válvulas mediante variantes de discos y de juntas.

- Materiales nuevos, especialmente plásticos; métodos de fundición a presión Integración de varias válvulas en un terminal de válvulas con control electrónico (PLC) integrado y/o conexión a un bus de campo.

Las válvulas montadas en serie utilizan la misma conexión de alimentación de aire a presión (en el centro) y, además, la misma conexión para la evacuación del aire (en el extremo). Los escapes de aire pueden contar, cada uno, con una tubería o, en caso de ser necesario, puede instalarse un sistema de conductos con juntas. El montaje de unidades compactas y rígidas es apropiado para su inclusión en un armario de distribución.

#### 4.19 Versiones especiales y subsistemas

En la neumática, el concepto de subsistema se refiere a una combinación de actuadores y válvulas. El ejemplo más sencillo de un subsistema sería el de la combinación de actuadores y válvulas. El ejemplo más sencillo de un subsistema sería el de la combinación de un cilindro y una válvula de vías. Los submódulos se caracterizan por tener tan sólo una conexión para la operación de accionamiento. Un subsistema puede contener varios cilindros y varias válvulas para ejecutar una función especial en calidad de elemento de accionamiento lineal.

## Conceptos de electroneumática

### 5.1 Electroneumática

Es la aplicación de la tecnología neumática con la electricidad que es la encargada de generar los movimientos de las válvulas y las entradas de señal en los componentes eléctricos. Las ventajas respecto a los sistemas neumáticos son:

- Transmiten la energía a grandes distancias
- Es más sencillo
- Es más barato
- Se pueden utilizar sensores que utilicen energía eléctrica
- Se pueden utilizar PLCs
- No está restringido a actuadores neumáticos
- Podemos emitir señales luminosas y señales auditivas

### 5.2 Interruptores

En los sistemas de control electroneumático, una consideración importante es la terminología utilizada para describir la posición de los componentes y en qué forma transfieren la energía. Dos de los términos más utilizados son:

- Normalmente cerrado
- Normalmente abierto

Cuando nos referimos a una válvula normalmente cerrada (NC), esto significa que en estado de reposo no fluye la energía desde la alimentación a través de la válvula. El término "cerrado" se refiere a que la señal está bloqueada en el componente neumático.

Un interruptor eléctrico normalmente cerrado (NC), en su estado de reposo permite el paso de la electricidad, alimentando la salida. El término "cerrado" se refiere aquí a la posición física de los contactos en estado de reposo.

### 5.2.1 Configuraciones básicas de los interruptores

Los interruptores se distinguen en primer lugar por la configuración de sus contactos:

- Normalmente abiertos
- Normalmente cerrados
- Contactos conmutadores

Al accionarlo, un contacto normalmente abierto (NA) permite el paso de la corriente, mientras que un contacto normalmente cerrado (NC) impide el paso de la corriente. Los contactos conmutadores (CO) pueden utilizarse como abiertos o cerrados. En terminología eléctrica también se hace referencia a los interruptores como "cerradores" o "abridores" de un circuito.

Los interruptores pueden consistir en un simple par de contactos normalmente abiertos, cerrados o conmutados. Se dispone también de configuraciones con varios contactos combinados NA, NC y CO, accionados por el mismo elemento accionador. También se dispone de un amplio abanico de posibilidades de accionamiento, tales como pulsadores, levas mecánicas, rodillos o accionamientos neumáticos.

En el caso del interruptor normalmente abierto, cuando se presiona el pulsador se cierra el circuito a través del contacto y en el caso del normalmente cerrado se abre. El efecto de muelle de estos contactos se obtiene utilizando materiales como el berilio que tiene unas buenas características de conductividad eléctrica y excelente flexibilidad. Durante la acción, el contacto invierte su estado, mientras que al cesar la acción, los contactos regresan a su posición inicial.

### 5.3.2 Selección del interruptor

- Al seleccionar un interruptor deben considerarse:
- Tensión e intensidad nominal de los contactos
- Nivel de aislamiento eléctrico de la caja de pulsadores
- Número y configuración de los contactos

- **Método de accionamiento y ejecución de los contactos**

En los interruptores accionados mecánicamente, debe prestarse especial atención a las especificaciones del fabricante para su montaje, ángulo de ataque de los accionadores (levas, etc.), velocidad de accionamiento, duración.

#### **5.4 Métodos de accionamiento**

Los métodos de accionamiento más comunes son:

##### **5.4.1 Pulsador o selector**

Los interruptores con retención también se denominan selectores, esto es, una vez accionados, los contactos permanecen retenidos mecánicamente. Una nueva pulsación o una basculación, libera el enclavamiento mecánico y devuelve el interruptor a su estado original.

Los interruptores sin retención se conocen también como de acción momentánea, lo que significa que al soltar el pulsador, un muelle devuelve el contacto a su posición inicial.

El interruptor conmutador es la combinación de un contacto normalmente abierto y normalmente cerrado. Hay un elemento común a ambos estados. En trabajo o en reposo el conmutador sólo establece contacto con una de las dos salidas.

La amplia demanda de configuraciones y ejecuciones de interruptores para aplicaciones de control industrial, ha propiciado una igualmente amplia oferta de elementos de contacto con distintas ejecuciones, cuerpos, capacidades y métodos de accionamiento.

##### **5.4.2 Final de carrera accionado por rodillo**

El final de carrera accionado por rodillo se acciona en ambos sentidos por una leva. Este interruptor puede incorporar contactos normalmente abiertos, normalmente cerrados o conmutadores.

### **5.4.3 Final de carrera por rodillo, retorno en vacío**

La mecánica de este interruptor permite que sea accionado solamente en un sentido del recorrido. En el sentido opuesto, la leva no acciona el interruptor, con lo que se ejecuta un "retorno en vacío"

## **5.5 Interruptores reed**

Los interruptores reed se conocen también como sensores magnéticos de proximidad. En los circuitos de control electroneumáticos, los interruptores reed se utilizan para detectar la posición del émbolo de un cilindro neumático, o el ángulo de giro de un actuador rotativo. Los interruptores reed se caracterizan por su reducido tamaño y elevada velocidad de respuesta. Ya que se accionan por un campo magnético y no con un esfuerzo mecánico, son de elevada fiabilidad si se respetan sus especificaciones eléctricas y sus detalles de montaje.

En su forma básica, el interruptor reed posee un contacto encerrado en un tubo de vidrio con un gas inerte. En estas condiciones, el interruptor sería sensible a dañarse mecánicamente, sin embargo, en la práctica industrial se encapsula en resina epoxy.

Para aplicaciones industriales, se dispone de interruptores reed con indicador LED para mostrar el estado de accionamiento. En el mismo cuerpo se dispone el reed y el indicador LED. Cuando se cierra el interruptor, se ilumina el LED.

El interruptor está diseñado para ser montado sobre cilindros. El émbolo del cilindro tiene un anillo magnético que forma un campo que acciona el reed cuando se halla suficientemente cerca para atraer el contacto.

## **5.6 Sensores inductivos**

Los sensores inductivos se utilizan ampliamente en la industria. Los sensores inductivos son sensores de 3 hilos que solo responden a los metales. Generalmente poseen un LED para indicar su estado y, en algunos casos, un tomillo para ajustar la sensibilidad. Emiten un campo magnético oscilante en el frontal del sensor. Si un objeto metálico se acerca a este campo, las corrientes parásitas resultantes alteran el campo magnético. Un circuito disparador evalúa y detecta este campo y produce una señal de salida.

### 5.7 Dispositivos de salida eléctricos

Los dispositivos de salida eléctricos, utilizados en los sistemas electroneumáticos, pueden ser:

- Movimientos electromecánicos
- Indicaciones acústicas
- Indicaciones ópticas

### 5.8 Convertidor neumático-eléctrico

Este dispositivo híbrido combina una leva actuada neumáticamente con un interruptor eléctrico.

Cuando una señal neumática de suficiente presión para vencer la fuerza del muelle, se aplica sobre el diafragma, la fuerza resultante acciona la leva. La fuerza requerida para accionar la leva se controla por medio de un tornillo ajustable. El movimiento de la leva acciona un microinterruptor a través de una palanca. Esta ejecución incorpora un contacto conmutador y la salida puede ser con o sin presión, dependiendo del contacto utilizado.

Los convertidores neumático-eléctricos se instalan en los controles electroneumáticos en los que se requiere una determinada presión para funcionar (controles dependientes de la presión). La señal de salida solo se transmite si se ha alcanzado una determinada presión.

### 5.9 Convertidor electroneumático

Una electroválvula distribuidora es un convertidor eléctriconeumático. Desde un punto de vista funcional, vale la pena mencionar esta interpretación:

- Las electroválvulas monoestables (una sola bobina) de 2/2 y 3/2 vías tienen una sola salida y en la mayoría de los casos utilizan un muelle como elemento de reposición. No tienen función memorizante; al quitar la tensión del solenoide, la válvula regresa a su posición inicial. Hay una relación directa entre la entrada eléctrica y la salida neumática.
- Las electroválvulas monoestables (una sola bobina) de 4/2 y 5/2 vías poseen dos salidas de aire y utilizan también un muelle de reposición. Dependiendo de si se halla activo o no el solenoide, una salida se hallará bajo presión. Estas válvulas no tienen función memorizante.

- Las electroválvulas biestables (dos bobinas) de 4/2 y 5/2 vías tienen una función memorizante. La última señal aplicada a una de las bobinas produce una salida que permanece en este estado hasta que aparece una señal en la bobina contraria. Estas válvulas necesitan solamente un pulso de breve duración para conmutar.

### 5.10 Sistemas de control

La adecuada selección del medio de control puede requerir una mezcla de control neumático, eléctrico, electrónico y/o hidráulico. En la etapa de diseño debe considerarse:

- Los requerimientos de salida o trabajo
- Los métodos de control preferidos
- Los recursos y expertos disponibles para soportar el proyecto
- Los sistemas ya instalados, con los cuales debe integrarse el nuevo proyecto

El proyecto total puede requerir una mezcla de medios tanto en el lado de control como en el de trabajo. Por lo tanto, los dispositivos de interface o conversión serán un elemento importante para asegurar la continuidad e uniformidad de las señales y datos.

Primero deben considerarse las ventajas y desventajas individuales del medio disponible, tanto en control como en trabajo. Posteriormente, la selección determinará el desarrollo hacia una solución.

### 5.11 Desarrollo de un sistema de control

El desarrollo de un sistema de control exige una clara definición del problema. Hay muchas formas de representar un problema de forma gráfica o descriptiva. Los métodos de representación de un problema de control pueden ser:

- Croquis de posición
- Diagrama desplazamiento-fase
- Diagrama desplazamiento-tiempo
- Esquema de control
- Diagrama de flujo
- Diagrama funcional



- Esquema del circuito

En un primer nivel básico de control electroneumático la forma de representación más común es el croquis de posición, el diagrama de desplazamiento-fase y el esquema del circuito.

### 5.12 Sistemas actuadores

Un componente importante en la transferencia de potencia desde el procesamiento de señales a los actuadores lineales o giratorios, es la válvula distribuidora. La selección del tipo y tamaño de la válvula determinará muchas de las características funcionales del actuador. Los desarrollos en el campo de las válvulas distribuidoras se orientan hacia:

- Montaje en baterías y en placas base con alimentación y escape comunes
- Bajo consumo de las bobinas de los pilotajes
- Múltiples funciones en una misma válvula, determinadas por la disposición de juntas o discos intermedios
- Diferentes materiales, en especial materiales sintéticos inyectados
- Múltiples válvulas en una sola unidad constructiva
- Inclusión de la válvula en el actuador

### 5.13 Croquis de situación

El croquis de situación muestra la relación entre los actuadores y su disposición en la máquina. Los actuadores se muestran en la orientación correcta. El croquis de situación normalmente no está a escala y no debería ser excesivamente detallado. Se utilizará conjuntamente con la descripción del funcionamiento de la máquina y los diagramas de movimientos.

### 5.14 Diagrama desplazamiento-paso

El diagrama desplazamiento-paso (figura 5.1) se utiliza para movimientos secuenciales en neumática e hidráulica. El diagrama representa la secuencia de los movimientos de los actuadores; el movimiento es registrado de acuerdo a los pasos o fases de la secuencia. Si un sistema de control incorpora varios actuadores, se muestran de la misma forma y se dibujan unos encima de otros. Su relación puede verse comparando los pasos.

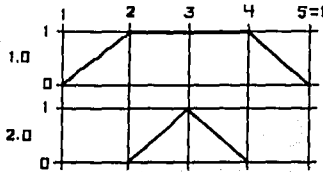


Figura 5.1

En este caso hay dos cilindros, 1.0 y 2.0. En el paso 1 el cilindro 1.0 avanza. Al llegar al final de su carrera, en el paso 2, avanza el cilindro 2.0, mientras que 1.0 permanece delante. En el paso 3 retrocede 2.0 mientras que 1.0 aún permanece delante. En el paso 4 retrocede 1.0. El paso 5 equivale al paso 1.

### 5.15 Controles programables

En un entorno industrial, los controles electropneumáticos son generalmente cableados con relés montados dentro de un armario de maniobra. Esto se denomina un sistema de control "cableado". En lugares donde los requerimientos de producción cambian regularmente, los controles cableados son difíciles de modificar.

Una alternativa es la de reemplazar total o parcialmente la parte de funciones que realizan los relés por un control electrónico que sea libremente programable. Este tipo de controles, denominados Controles Lógicos Programables (PLC) están disponibles en diferentes configuraciones y con diferentes métodos de programación.

Los circuitos eléctricos pueden considerarse divididos en tres secciones:

- Sección de entrada de señales
- Sección de procesamiento de señales
- Sección de salida de señales

La sección de entrada del control consiste en interruptores y sensores. Estos dispositivos de entrada transfieren las señales a la sección de procesamiento. Aquí los relés con sus contactos determinan la relación entre las entradas recibidas y las salidas requeridas. Las señales procesadas se transfieren a la sección de salidas donde se accionan los dispositivos tales como las electroválvulas de potencia, pilotos, contactores de motores, etc.

El control lógico programable (PLC) también posee una sección de entrada, generalmente con 8 o más entradas diseñadas para aceptar señales de interruptores y sensores. El procesador recibe las señales de entrada y compara las instrucciones del programa con los estados de las entradas y salidas. El PLC controla las salidas para que cumplan con las instrucciones del programa. La sección de salida posee 8 o más salidas para controlar dispositivos tales como las electroválvulas de potencia, pilotos, contactores de motores, etc.

### 5.16 Autoprogramación (Teach-In)

Otro método de programar algún tipo de PLC es el de "autoaprendizaje" o "autoprogramación". Para este tipo de programación, todos los sensores y actuadores en el sistema deben estar conectados a las entradas y salidas deseadas. Activando y desactivando las salidas a través del teclado del PLC, y confirmado las fases de la secuencia, el programa se crea automáticamente en la memoria del control.

Una vez registradas las reacciones del control en cada paso de la secuencia el PLC puede repetirlas utilizando las condiciones fijadas como instrucciones del ciclo de funcionamiento.

El lenguaje de programación denominado "diagrama de contactos" (figura 5.2) utiliza una representación simbólica de los interruptores y relés de salida para describir el funcionamiento de un sistema. La representación gráfica es convertida por el control programable a un lenguaje que es interpretado por el procesador del PLC.

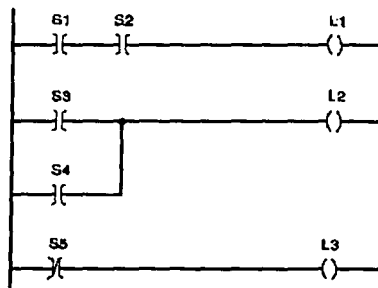


Figura 5.2

El diagrama de contactos está basado en el modo de representación americano de un esquema eléctrico y tiene dos líneas verticales; la izquierda se considera como conectada al positivo y la derecha a 0V. Entre estas líneas se hallan los "renglones" o "escalones" que representan las conexiones entre los componentes. Esta representación gráfica difiere muy poco del esquema del circuito eléctrico convencional (figura 5.3).

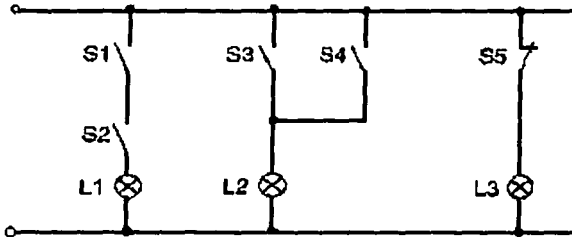


Figura 5.3

## Conceptos de controles lógicos programables

### 6.1 El PLC en la tecnología de automatización

El primer Control Lógico Programable (Programmable Logic Control o PLC) fue desarrollado por un grupo de ingenieros en la General Motors en 1968, cuando la empresa estaba buscando una alternativa para reemplazar los complejos sistemas de control por relés.

El nuevo sistema de control tenía que cumplir con los siguientes requerimientos:

- Programación sencilla
- Cambios de programa sin intervención en el sistema (sin tener que rehacer el cableado interno)
- Más pequeño, más económico y más fiable que los correspondientes sistemas de control por relés
- Sencillo y con bajo costo de mantenimiento

Los sucesivos desarrollos llevaron a un sistema que permitía la conexión sencilla de señales binarias. Los requerimientos de cómo estaban conectadas estas señales se especificaba en el programa de control. Con los nuevos sistemas, fue posible por primera vez mostrar las señales en una pantalla y archivar los programas en memorias electrónicas.

Desde entonces han pasado tres décadas, durante las cuales los enormes progresos hechos en el desarrollo de la micro electrónica han favorecido la proliferación de los controles lógicos programables. Por ejemplo, a pesar de que en sus comienzos, la optimización del programa y con ello la necesidad de reducir la ocupación de memoria representaba una tarea importante para el programador, en la actualidad esto apenas tiene importancia.

Además, las funciones disponibles han crecido considerablemente. Hace quince años, la visualización de procesos, el procesamiento analógico o incluso la utilización de un PLC como un regulador, eran considerados una utopía. Actualmente, muchos de estos elementos son parte integral de muchos PLCs.

## 6.2 Áreas de aplicación de un PLC

Todas las máquinas o sistemas automáticos tienen un control. Dependiendo del tipo de tecnología utilizada, los controles pueden dividirse en neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos. Con frecuencia se utiliza una combinación de las diferentes tecnologías. Además, debe distinguirse entre controles con programa *cableado*, es decir, conexión física de componentes electromecánicos (relés, etc) o componentes electrónicos (circuitos integrados) y controles lógicos programables. Los primeros se utilizan principalmente en casos en los que la reprogramación por el usuario está fuera de toda duda y el alcance de la tarea justifica el desarrollo de un sistema de control especial. Las aplicaciones típicas de tales controles pueden hallarse en los electrodomésticos, vídeo cámaras, vehículos, etc.

Sin embargo, si la tarea de control no justifica el desarrollo de un control especial, o si el usuario debe tener la posibilidad de hacer cambios sencillos, o de modificar tiempos o valores de contadores, entonces el uso de un control universal, en el que el programa se escribe en una memoria electrónica, es la opción preferida. El PLC representa un control universal. Puede utilizarse para diferentes aplicaciones y, dado que el programa se halla escrito en su memoria electrónica, el usuario puede modificar, ampliar y optimizar con cierta sencillez sus procesos de control.

La tarea original de un PLC es la interconexión de señales de entrada, de acuerdo con un determinado programa y, si el resultado de esta interconexión es "cierta", activar la correspondiente salida. El álgebra de Boole forma la base matemática para esta operación, ya que solamente reconoce dos estados definidos de una variable: "0" (falso) y "1" (cierto).

Esta función ha acuñado el nombre de PLC: **Programmable Logic Control** o **Control Lógico Programable**. En él, comportamiento de las entradas/salidas es similar al de los controles realizados con relés electromagnéticos o con elementos lógicos neumáticos o electrónicos; la diferencia reside en que el programa en lugar de estar 'cableado' está almacenado en una memoria electrónica.

Sin embargo las tareas del PLC se ampliaron rápidamente: las funciones de temporización y recuento, operaciones de cálculo matemático, conversión de señales analógicas, etc. representan funciones que pueden ejecutarse en casi todos los PLCs actuales.

Las demandas que se requieren de los PLCs siguen creciendo al mismo ritmo que su amplia utilización y desarrollo en la tecnología de automatización. Por ejemplo: la visualización, es decir, la representación de los estados de las máquinas o la supervisión de la ejecución del programa por medio de una pantalla o monitor. También el control directo, es decir, la facilidad de intervenir en los procesos de control o, alternativamente, impedir tal intervención a las personas no autorizadas.

Hacia finales de los setenta, las entradas y salidas binarias fueron finalmente ampliadas con la adición de entradas y salidas analógicas, ya que hay muchas aplicaciones técnicas que emiten y requieren señales analógicas (medición de fuerzas, velocidades, sistemas de posicionado servoneumáticos, etc.). Al mismo tiempo la adquisición y emisión de señales analógicas permite la comparación de valores reales con los de consigna y, como consecuencia, la realización de funciones de regulación automática; una tarea que va más allá del ámbito que sugiere el nombre de control lógico programable.

Los PLCs que existen actualmente en el mercado han sido adaptados a los requerimientos de los clientes hasta tal punto que ya es posible adquirir un PLC exactamente adaptado para casi cada aplicación. Así, hay disponibles actualmente desde PLCs en miniatura con unas decenas de entradas/salidas hasta grandes PLCs con miles de entradas/salidas.

Muchos PLCs pueden ampliarse por medio de módulos adicionales de entradas/salidas, módulos analógicos y de comunicación. Hay PLCs disponibles para sistemas de seguridad, barcos a tareas de minería. Otros PLCs son capaces de procesar varios programas al mismo tiempo (Multitarea). Finalmente, los PLCs pueden conectarse con otros componentes de automatización, creando así áreas considerablemente amplias de aplicación.

### **6.3 Definición básica de un PLC**

El término 'Control Lógico Programable' se define, como sigue:

Un sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para la realización de funciones específicas tales como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos

asociados están diseñados de forma que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y ser fácilmente utilizados en todas las aplicaciones para las que están previstos.

Por lo tanto, un control lógico programable es sencillamente un ordenador, adaptado específicamente para ciertas tareas de control. La figura 6.1 ilustra los componentes del sistema de un PLC.

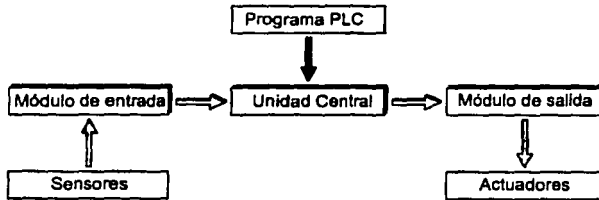


figura 6.1

La función de un módulo de entrada es la de convertir señales de entrada en señales que puedan ser procesadas por el PLC y pasarlas a la unidad de control central. La tarea inversa es realizada por el módulo de salida. Este convierte las señales del PLC en señales adecuadas para los actuadores.

El verdadero procesamiento de las señales se realiza en la unidad central de control, de acuerdo con el programa almacenado en la memoria.

El programa de un PLC puede crearse de varias formas: a través de instrucciones parecidas al lenguaje ensamblador (assembler) en 'lista de instrucciones', en lenguajes de alto nivel orientados al problema, tales como el texto estructurado, o en forma de diagrama de flujo como se representa en el diagrama de funciones secuencial. En Europa, la utilización de los diagramas de bloques de función basados en los diagramas de funciones con símbolos gráficos para puertas lógicas (logigramas) es ampliamente utilizado. En América el lenguaje preferido por los usuarios es el 'diagrama de contactos' o 'diagrama en escalera' (ladder diagram).

Dependiendo de cómo se halle conectada la unidad central a los módulos de entrada y salida, hay que distinguir entre PLCs compactos (módulo de entrada, unidad central y módulo de salida en un sólo cuerpo) o PLCs modulares.



Los PLCs modulares pueden configurarse individualmente. Los módulos requeridos por la aplicación práctica - aparte de los módulos de entradas/salidas digitales que pueden, por ejemplo, incluir módulos analógicos, de posicionamiento y comunicación - se insertan en un rack, en el que todos los módulos están enlazados por un sistema de bus. Este diseño se conoce también como tecnología modular.

Existe una amplia gama de variantes, particularmente en el caso de las PLCs más recientes. Esto incluye tanto las características compactas como las modulares y características importantes tales como el ahorro de espacio, flexibilidad y posibilidad de ampliación.

La tarjeta con formato PLC es un tipo especial de PLC modular desarrollado durante los últimos años. Con este tipo, varios módulos realizados sobre tarjetas de circuito impreso se montan en una caja estandarizada.

El diseño del hardware de un control lógico programable está hecho de forma que pueda soportar los entornos típicos industriales en cuanto a los niveles de las señales, calor, humedad, fluctuaciones en la alimentación de corriente e impactos mecánicos.

#### 6.4 El nuevo estándar para PLC

A finales de los setenta, se plantearon en Europa algunos estándares válidos para la programación de PLCs, enfocados principalmente al estado de la tecnología en aquel momento. Tenían en cuenta sistemas de PLC no interconectados, que realizaban operaciones lógicas con señales binarias.

Anteriormente, no existían elementos de lenguaje estandarizados ni equivalentes para el desarrollo de programas de PLC. Los desarrollos aparecidos en los años ochenta, tales como el procesamiento de señales analógicas, interconexión de módulos inteligentes, sistemas de PLC en red, etc. agravaron el problema. Consecuentemente, los sistemas PLC de diferentes fabricantes requerían técnicas de programación completamente diferentes.

Desde 1992, existe un estándar internacional para controles lógicos programables y dispositivos periféricos asociados (herramientas de programación y diagnóstico, equipos de verificación,

interfases hombre-máquina, etc.). En este contexto, un dispositivo configurado por el usuario y compuesto por los elementos citados anteriormente, se conoce como un sistema PLC.

El nuevo estándar consta de cinco partes:

- Parte 1: Información general
- Parte 2: Requerimientos y verificaciones del equipo
- Parte 3: Lenguajes de programación
- Parte 4: Directrices para el usuario
- Parte 5: Especificación del servicio de mensajes

La finalidad del nuevo estándar era definir y estandarizar el diseño y funcionalidad de un PLC y los lenguajes requeridos para la programación hasta un grado en el que los usuarios pudieran hacer funcionar sin ninguna dificultad los diferentes sistemas de PLC de los distintos fabricantes.

### 6.5 Estructura de un PLC

En las computadoras, generalmente se distingue entre hardware, firmware y software. Lo mismo se aplica a los PLCs, ya que esencialmente también están basados en un microprocesador.

*El Hardware* se refiere a las partes físicas del dispositivo, es decir, los circuitos impresos, los circuitos integrados, el cableado, la batería, el chasis, etc.

*El firmware* lo constituyen aquellos programas (software) que se hallan permanentemente instalados en el hardware de la computadora y que son suministrados por el fabricante del PLC. Esto incluye las rutinas fundamentales del sistema, utilizadas para poner en marcha el procesador al aplicar la tensión.

Adicionalmente, hay el sistema operativo que, en el caso de los controles lógicos programables, generalmente se halla almacenado en una memoria ROM de sólo lectura o en una EPROM.

Finalmente, hay el *software*, que es el programa escrito por el usuario del PLC. Los programas de usuario se instalan generalmente en la memoria RAM, una memoria de acceso aleatorio, en donde pueden ser fácilmente modificados.

El hardware del PLC o como es el caso de casi todos los sistemas microordenadores actuales, está basado en un sistema de bus. Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones, de datos y de control.

La línea de direcciones se utiliza para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus y la línea de datos para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar al dispositivo conectado el bus como emisor o como receptor.

Los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador y la memoria. La memoria puede dividirse en memoria para el firmware y memoria para el programa y los datos del usuario.

Según la estructura del PLC, los módulos de entradas y salidas se conectan a un simple bus común o con la ayuda de un interface de bus a un bus externo de E/S. Especialmente en el caso de grandes sistemas modulares de PLC, es más usual un bus externo de E/S.

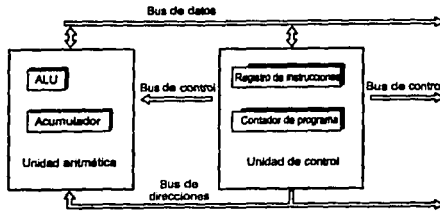
Finalmente, se necesita una conexión para el aparato programador o un PC, actualmente y en la mayoría de los casos en forma de un interface serie.

## **6.6 Unidad Central de un PLC**

En esencia, la unidad central de un PLC consiste en un microordenador. El sistema operativo del fabricante del PLC hace que la computadora que hay en el PLC esté optimizada específicamente para tareas de tecnología de control.

## **6.7 Diseño de la unidad central**

La figura 6.2 muestra una versión simplificada de un microprocesador, que representa el corazón de un microordenador.



Diseño de un microprocesador

Figura 6.2

Un microprocesador consiste principalmente en una unidad aritmética y lógica, una unidad de control y un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros.

La tarea de la **unidad aritmética y lógica** - la ALU (arithmetic logic unit) - es ejecutar las operaciones lógicas y aritméticas con los datos transmitidos.

El **acumulador**, AC para abreviar, es un registro especial asignado directamente a la unidad ALU. Este almacena tanto los datos a procesar como los resultados de una operación.

El **registro de instrucciones** almacena cada orden o instrucción llamada desde la memoria del programa hasta que es decodificada y ejecutada.

Una orden o instrucción (command) tiene una parte de ejecución y una parte de dirección. La parte de ejecución indica qué operación debe realizarse. La parte de dirección define la dirección de los operandos (señales de entrada, flags, etc.) con los que hay que realizar la operación indicada.

El **contador de programa** es un registro, que contiene la dirección de la siguiente orden a procesar.

La **unidad de control** regula y controla toda la secuencia de operaciones requeridas para la ejecución de una orden.

### **6.8 Ciclo de instrucciones en la unidad central**

Los sistemas microordenadores convencionales de hoy en día funcionan según el denominado "principio de von-Neumann". Según este principio, el ordenador procesa el programa línea a línea. En términos sencillos, podríamos decir que cada línea del programa de usuario del PLC es procesada secuencialmente.

Esto es válido independientemente del lenguaje de programación en el que haya sido escrito el programa de PLC, sea en forma textual (lista de instrucciones) o en forma gráfica (diagrama de contactos, diagrama de funciones secuencial). Dado que estas diversas formas de representación siempre resultan en una serie de líneas de programa dentro del ordenador, se procesan consecuentemente una tras otra.

En principio, una línea de programa, es decir, generalmente una orden se procesa en dos etapas:

- Recogida de la orden desde la memoria de programa
- Ejecución de la orden

### **6.9 Secuencia de instrucciones**

El contenido del contador de programa es transferido al bus de direcciones. A continuación, la unidad de control hace que la instrucción en la dirección especificada de la memoria del programa, sea depositada en el bus de datos. Desde aquí, se lee en el registro de instrucciones. Una vez ha sido decodificada, la unidad de control genera una secuencia de señales de control para su ejecución.

Durante la ejecución de un programa, las instrucciones se van a buscar secuencialmente. Para ello se necesita un mecanismo que permita esta secuencia. Esta tarea se realiza por un simple incrementador, es decir, un elemento de habilitación de pasos en el contador de programa.

### **6.10 Modo de funcionamiento de un PLC**

Los programas para el procesamiento convencional de datos, generalmente se procesan una sola vez, de arriba a abajo y terminan. A diferencia de estos, el programa de un PLC es procesado continuo y cíclicamente

Las características del procesamiento cíclico son:

Una vez que el programa ha sido ejecutado una vez, salta automáticamente al principio y se va repitiendo el proceso continuamente.

Antes de que se procese la primera línea del programa, es decir, al inicio del ciclo, el estado de las entradas es almacenado en la tabla de imagen de entradas. La imagen del proceso es una zona de memoria aparte a la que se accede durante un ciclo. Así, el estado lógico de una entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este intervalo haya cambiado físicamente.

De forma similar a las entradas, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, sino que su estado es almacenado temporalmente en la tabla imagen de salidas. Solamente al final del ciclo se activan o desactivan físicamente las salidas según el estado lógico almacenado en la memoria.

El procesamiento de una línea de programa a través de la unidad central de un PLC ocupa un tiempo que, dependiendo del PLC y de la instrucción que contenga puede variar desde unos pocos microsegundos hasta unos pocos milisegundos.

El tiempo requerido por el PLC para una simple ejecución de un programa, incluyendo la actualización de las salidas y la imagen del proceso, se denomina tiempo de ciclo. Cuanto más largo sea el programa y cuanto más tiempo necesite el PLC respectivo para procesar cada línea del programa, tanto más largo será el tiempo de ciclo. Los tiempos reales de ciclo varían aproximadamente entre 1 y 100 milisegundos.

Las consecuencias del procesamiento cíclico de un programa de PLC que utilice una imagen del proceso son las siguientes:

- Las señales de entrada de una duración inferior al tiempo de ciclo, posiblemente no serán reconocidas.
- En algunos casos, puede haber un retardo de dos ciclos entre la presencia de una señal de entrada y la deseada reacción de una salida ante esta señal.

- Dado que las instrucciones se procesan secuencialmente, el comportamiento específico de la secuencia de un programa de PLC puede ser crucial.

En algunas aplicaciones, es esencial que pueda accederse directamente a entradas y salidas durante un ciclo. Por ello, este tipo de procesamiento de programa, saltándose la imagen del proceso, también es posible en algunos sistemas PLC.

### **6.11 Memoria de programas de aplicación**

Los programas específicamente desarrollados para determinadas aplicaciones requieren una memoria de programa, de la cual puedan ser leídos por la unidad central. Los requerimientos para tal memoria de programa son relativamente simples de formular:

- Debera ser lo más sencilla de modificar o de crear y almacenar nuevos programas con la ayuda de un dispositivo programador o un PC.
- Debe haber mecanismos que aseguren que el programa no pueda perderse, incluso ante un fallo de tensión o por tensiones de interferencia
- La memoria de programa debe ser económica.
- La memoria de programa debería ser suficientemente rápida para no retardar el funcionamiento de la unidad central.

### **6.12 Módulo de entradas**

El módulo de entradas de un PLC es el módulo al cual están conectados los sensores del proceso. Las señales de los sensores deben pasar a la unidad central. Las funciones importantes de un módulo de entradas (para la aplicación) son como sigue:

- Detección fiable de la señal
- Ajuste de la tensión, desde la tensión de control a la tensión lógica
- Protección de la electrónica sensible de las tensiones externas

- Filtrado de las entradas

El principal componente de los actuales módulos de entradas, que cumple con estos requerimientos es el optoacoplador.

El optoacoplador transmite la información del sensor por medio de la luz, creando así un aislamiento eléctrico entre el control y los circuitos lógicos, protegiendo con ello a la sensible electrónica de las tensiones espúreas externas. Actualmente, los optoacopladores avanzados garantizan protección a picos de aproximadamente 5 kV, lo que es adecuado para aplicaciones industriales.

El ajuste de la tensión de control y de lógica, en el caso corriente de una tensión de mando de 24 V, puede realizarse con la ayuda de un circuito diodo/resistencia. En el caso de 220 V AC, se conecta un rectificador en serie.

Dependiendo del fabricante del PLC, se asegura una detección fiable de la señal por medio un detector de umbral adicional o los correspondientes de diodos y optoacopladores.

El filtrado de la señal emitida por el sensor es crítico en automatización industrial. En la industria, las líneas eléctricas están generalmente muy cargadas debido a tensiones de interferencia inductivas, que producen muchas interferencias en las señales. Las líneas de las señales pueden protegerse con apantallamientos, canaletas metálicas o, alternativamente, el módulo de entrada del PLC realiza un filtrado por medio de un retardo de la señal de entrada.

Esto necesita que la señal de entrada sea aplicada un período de tiempo suficientemente largo, antes de que sea reconocida como una señal de entrada. Dado que, debido a su naturaleza inductiva, los impulsos de interferencia son principalmente señales transitorias, es suficiente un retardo de la señal de entrada relativamente corto, del orden de milisegundos, para filtrar la mayor parte de los impulsos parásitos.

El retardo de la señal de entrada se realiza principalmente por hardware, es decir, a través de un circuito RC en la entrada del PLC. Sin embargo, en casos aislados, también es posible producir un retardo de la señal por software.

La duración de un retardo de entrada es de aproximadamente entre 1 y 20 milisegundos dependiendo del fabricante y del tipo. Muchos fabricantes ofrecen entradas especialmente



rápidas para aquellas tareas en las que el retardo de la señal de entrada es demasiado larga para reconocer la señal requerida.

Cuando se conectan sensores a las entradas del PLC, debe distinguirse entre conexiones de conmutación positiva y de conmutación negativa. En otras palabras, hay que distinguir entre entradas que representan un consumo de corriente o una fuente de corriente.

Conmutación positiva significa que la entrada del PLC representa un drenaje de corriente. El sensor suministra la tensión de funcionamiento o tensión de control a la entrada en forma de señal-1.

Si se utiliza tierra de protección, la tensión de salida del sensor es cortocircuitada hacia los 0 voltios o se funde el fusible en caso de cortocircuito en la línea de señal. Esto significa que se aplica una lógica 0 en la entrada del PLC.

En muchos países, es común utilizar sensores de conmutación negativa, es decir, las entradas del PLC funcionan como fuente de potencia. En estos casos, deben utilizarse diferentes medidas de protección para evitar que se aplique una señal 1 a la entrada del PLC en el caso de un cortocircuito en la línea de la señal. Un posible método es la puesta a tierra de la tensión de control positiva o la supervisión del aislamiento, es decir, tierra de protección como medida de protección.

### 6.13 Módulo de salida

Los módulos de salida llevan las señales de la unidad central a los elementos finales de control, que son activados según la tarea. Principalmente, la función de una salida vista desde la aplicación del PLC incluye lo siguiente:

- Ajuste de la tensión desde la tensión lógica a la de control
- Protección de la electrónica sensible de tensiones espúreas hacia el control
- Amplificación de potencia suficiente para el accionamiento de elementos finales de control
- Protección de cortocircuito y sobrecarga de los módulos de salida

En el caso de módulos de salida, hay disponibles dos métodos fundamentalmente diferentes para conseguir lo indicado: El uso de relés o de electrónica de potencia (figura 6.3).



Diagrama de bloques de un módulo de salida

Figura 6.3

El optoacoplador, forma de nuevo la base para la electrónica de potencia y asegura la protección de la electrónica y posiblemente también el ajuste de la tensión.

Un circuito de protección formado por diodos debe proteger el transistor de potencia de los picos de tensión. Actualmente, la protección ante cortocircuito, protección ante sobrecargas y amplificación de potencia, se ofrecen a menudo como módulos completamente integrados. Las medidas estándar de protección ante cortocircuito miden el flujo de corriente a través de una resistencia de potencia para desconectar en caso de cortocircuito; un sensor de temperatura proporciona una protección ante sobrecargas; una etapa de Darlington o una etapa de transistor de potencia proporcionan la potencia necesaria.

La potencia admisible de salida se utiliza específicamente de forma que permita una distinción entre la potencia admisible de una salida y la potencia acumulada admisible de un módulo de salidas. La potencia acumulada de un módulo de salidas es siempre considerablemente inferior a la suma total de la potencia de cada salida, ya que los transistores de potencia se transmite el calor unos a otros.

Si se utilizan relés para las salidas, entonces el relé puede asumir prácticamente todas las funciones de un módulo de salida. El contacto del relé y la bobina del relé están eléctricamente aislados uno de otra; el relé representa un excelente amplificador de potencia y está especialmente protegido de sobrecargas, con lo que solamente debe preverse una protección ante cortocircuito con un fusible. Sin embargo, en la práctica se conectan optoacopladores en serie con el relé, ya que ello facilita el accionamiento del relé y pueden utilizarse relés más sencillos. Las salidas por relé, tienen la ventaja de que pueden utilizarse para diferentes tensiones de salida. En contraste, las salidas electrónicas tienen velocidades de conmutación considerablemente más elevadas y una vida útil más larga que la de los relés. En muchos casos, la potencia de relés muy

pequeños utilizados en los PLCS, corresponde a la de las etapas de potencia de las salidas electrónicas.

En el caso de un cortocircuito de la línea de señal de salida a tierra, la salida se cortocircuita si se utilizan medidas normales de puesta a tierra de protección. La electrónica conmuta a protección de cortocircuito o se funde el fusible, es decir, el dispositivo consumidor no puede drenar corriente por lo que se desconecta y queda en estado seguro.

Si se utilizan salidas de conmutación negativa, es decir, la salida representa un drenaje de corriente, deben adaptarse medidas de protección de tal forma que el dispositivo consumidor quede en un estado seguro en el caso de cortocircuito en la línea de señal. De nuevo, una tierra de protección con supervisión del aislamiento o la neutralización de la tensión de control positiva son prácticas estándar en este caso.

#### **6.14 Dispositivo programador / computadora personal**

Cada PLC tiene una herramienta de diagnóstico y programación para soportar la aplicación del PLC

- Programación a Verificación
- Puesta punto
- Localización de averías
- Documentación del programa
- Almacenamiento del programa

Estas herramientas de programación y diagnóstico son o bien dispositivos de programación específicas del fabricante u ordenadores personales con su software correspondiente. Actualmente, estos últimos son casi exclusivamente las variantes preferidas, ya que la enorme capacidad de los modernos PCs, combinada con su comparativamente bajo costo inicial y alta flexibilidad, representan ventajas cruciales.

También se han desarrollado los denominados programadores de mano para pequeños sistemas de control y para tareas de mantenimiento. Con la creciente utilización de computadoras personales portátiles (LapTop), funcionando con baterías, la importancia de los programadores de mano disminuye paulatinamente.

### 6.15 Programación de un PLC

Los programas de control representan un componente importante en un sistema de automatización. Los programas de control deben ser diseñados sistemáticamente, bien estructurados y completamente documentados, para que sean:

- libres de errores,
- fáciles de mantener y
- económicos

### 6.16 Modelo de fases para la generación de software para PLC

El procedimiento para el desarrollo de un programa de PLC que se muestra en la figura 6.4; ha sido probado y verificado. La división en secciones definidas conduce a un funcionamiento sistemático y objetivado, y proporciona una disposición de resultados clara, que puede verificarse en relación con la tarea.

Modelo de fases para la generación de software de PLC

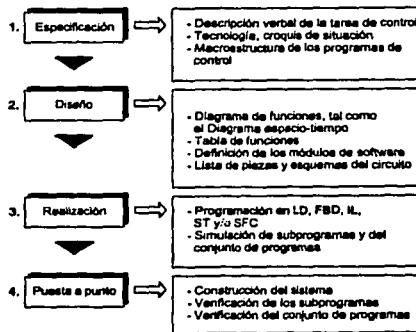


Figura 6.4

El modelo de fases consiste en las siguientes secciones:

- **Especificación:** Descripción de la tarea
- **Diseño:** Descripción de la solución
- **Realización:** Puesta en práctica de la solución
- **Integración/puesta a punto:** Incorporación en el entorno y verificación de la solución, que básicamente pueden aplicarse a todos los proyectos técnicos. Se producen diferencias en los métodos y herramientas utilizados en las fases individuales.

El modelo de fases puede aplicarse a programas de control de complejidad diversa; para tareas de control complejas, es absolutamente esencial la utilización de tales modelos.

Las fases individuales del modelo se describen abajo.

#### **6.16.1 Fase 1: Especificación (Formulación del problema)**

En esta fase, se formula una descripción detallada y precisa de la tarea de control. La descripción específica de la función del sistema de control, formalizada al máximo, revela cualquier requerimiento conflictivo, especificaciones incompletas o equivocadas.

Al final de esta fase se dispone de lo siguiente:

- Descripción escrita de la tarea de control
- Estructura/distribución
- Macroestructuración del sistema o proceso y con ello un esbozo de la estructura de la solución.

#### **6.16.2 Fase 2. Diseño (Forma concreta del concepto de la solución)**

Un concepto de solución se desarrolla basándose en las definiciones establecidas en la fase 1. El método utilizado para describir la solución debe proporcionar un gráfico y una descripción orientada al proceso, a la función y comportamiento del sistema de control, y debe ser independiente de la realización técnica.

En el caso de tareas de control complejas, la solución es estructurada, en paralelo con esto, en módulos de software individuales. Estos módulos de software realizan las etapas de trabajo del sistema de control. Estos pueden ser funciones especiales como la realización de una interface

para la visualización del proceso, o sistemas de comunicación, o incluso etapas de trabajo recurrentes permanentemente.

### **6.16.3 Fase 3: Realización (Programación del concepto de la solución)**

La traducción del concepto de la solución en un programa de control se realiza a través de los lenguajes de programación. Estos son: diagrama de funciones secuencial, diagrama de bloques de función, diagrama de contactos, lista de instrucciones y texto estructurado.

Los sistemas de control que funcionan en un proceso tiempo/lógica, pueden ser clara y fácilmente programados en diagrama de funciones secuencial. Un diagrama de funciones secuencial, en la medida de lo posible, utiliza los mismos componentes para la programación que los utilizados para la descripción en el diagrama de funciones.

Diagrama de contactos, diagrama de bloques de función y lista de instrucciones son los lenguajes de programación adecuados para la formulación de operaciones básicas y para sistemas de control que pueden ser descritos por simples señales lógicas combinadas por operaciones booleanas.

El lenguaje de alto nivel denominado 'texto estructurado' se utiliza principalmente para crear módulos de software de contenido matemático, tales como módulos para la descripción de algoritmos de regulación.

En la medida en que los sistemas de programación de PLCs lo permitan, los programas de control o parte de los programas creados, deberían ser simulados antes de la puesta a punto. Esto permite la detección y eliminación de errores ya en una etapa inicial.

### **6.20 Fase 4: Puesta a punto (Construcción y verificación de una tarea de control)**

Esta fase verifica la interacción del sistema de automatización y la planta conectada. En casos de tareas complejas, es aconsejable poner a punto el conjunto de forma sistemática, paso a paso. Los fallos, tanto en el sistema como en el programa de control, pueden hallarse y eliminarse fácilmente utilizando este método.

### **6.16.4 Documentación**

Un componente importante y crucial de un sistema es la documentación, ya que es un requerimiento esencial para el mantenimiento y ampliación de un sistema. La documentación,

incluyendo los programas de control, debería estar disponible tanto en papel como en un soporte de almacenamiento de datos. La documentación consiste en la información sobre las fases individuales, listados del programa de control y de cualquier información adicional posible concerniente al programa de control. Individualmente estos son:

- Descripción del problema
- Croquis de situación
- Esquema del circuito
- Esquema técnico
- Listados del programa de control en SFC, FBD, etc.
- Lista de asignaciones de entradas y salidas (esto también forma parte de los listados del programa de control)
- Documentación adicional

#### **6.17 Recursos de estructuración**

Los programas de control para grandes aplicaciones deben ser claramente estructurados para ser inteligibles, fáciles de mantener y si es posible también portátiles, es decir, transferibles a otros sistemas del PLC.

Las definiciones se necesitan no sólo para las instrucciones de lenguaje elemental, sino también para los elementos de lenguaje para estructuración. Los recursos de estructuración se refieren a programas de control y a la configuración del sistema de automatización.

#### **6.18 Lenguajes de programación**

Aunque la funcionalidad y estructura de estos lenguajes es muy diferente, son tratados como una sola familia de lenguajes, con elementos de estructura solapados (declaración de variables, partes de organización tales como funciones y bloques de función, etc.) y elementos de configuración.

Los lenguajes pueden mezclarse de cualquier forma dentro de un proyecto de PLC. La unificación y estandarización de estos cinco lenguajes representa un compromiso de requerimientos históricos, regionales y específicos de cada sector. Se ha previsto la futura expansión (tal como el principio de bloque de función o el lenguaje de Texto Estructurado);

además, se ha incorporado la información necesaria sobre detalles tecnológicos (tipo de datos, etc.)

### **6.18.1 El Diagrama en escalera (Ladder diagram) LD**

El Diagrama en escalera es un lenguaje de programación gráfico derivado de los esquemas de circuitos de los mandos por relés directamente cableados. El diagrama de contactos contiene líneas de alimentación a derecha e izquierda del diagrama; a estas líneas están conectados los renglones, que se componen de contactos (normalmente abiertos y normalmente cerrados) y de elementos de bobina.

### **6.18.2 Diagrama de bloques de función (Function block diagram) FBD**

En el diagrama de bloques de función, las funciones y los bloques de función están representados gráficamente e interconectados en redes. El diagrama de bloques de función tiene su origen en el diagrama lógico que se utiliza en el diseño de circuitos electrónicos.

### **6.18.3 Lista de Instrucciones (Statement list o Instruction List) IL**

La lista de instrucciones es un lenguaje textual tipo *assembler*, caracterizado por un modelo de máquina simple (procesador con un sólo registro). La lista de instrucciones se formula a partir de instrucciones de control consistentes en un operador y un operando.

En lo que se refiere a filosofía de lenguaje, el diagrama de contactos, el diagrama de bloques de función y la lista de instrucciones han sido definidos en la forma en que son utilizados en la actual tecnología de PLC. Sin embargo, están limitados a las funciones básicas en lo que concierne a sus elementos. Esto los aparta esencialmente de los dialectos que las empresas utilizan en la actualidad. La competitividad de estos lenguajes es mantenida debido al uso de bloques y bloques de función.

### **6.18.4 Texto estructurado (Structured text) ST**

El texto estructurado es un lenguaje de alto nivel basado en Pascal, que consiste en expresiones e instrucciones. Las instrucciones pueden definirse principalmente como: Instrucciones de



selección, tales como IF ... THEN ... ELSE, etc, instrucciones de repetición tales como FOR, WHILE etc. y llamadas a bloques de función.

El texto estructurado permite la formulación de numerosas aplicaciones, más allá de la pura tecnología de funciones, tales como algoritmos (algoritmos de regulación de nivel superior, etc.) y manejo de datos (análisis de datos, procesamiento de estructuras de datos complejas, etc.)

#### **6.18.5 Diagrama de funciones secuencial (Sequential function chart) SFC**

El diagrama de funciones secuencial es un recurso de lenguaje para la estructuración de los programas de control orientados a secuencias. Los elementos del diagrama de funciones secuencial son las etapas, las transiciones y las derivaciones alternativas y en paralelo.

Cada etapa representa un estado del proceso de un programa de control, que se halla activo o inactivo. Una etapa consiste en acciones que, al igual que las transiciones, están formuladas en los lenguajes. Las propias acciones pueden contener de nuevo estructuras secuenciales. Esta característica permite la estructura jerárquica de un programa de control. Por lo tanto, el diagrama de funciones secuencial es una herramienta excelente para el diseño y la estructuración de programas de control.

#### **6.19 Recursos de un PLC**

Sólo las entradas, las salidas y los elementos de memoria pueden ser direccionados directamente por un programa de control. En este caso, el direccionamiento directo significa que en el programa, una entrada, salida o elemento de memoria del control está afectado inmediatamente y no indirectamente a través de una variable simbólica definida.

#### **6.20 Entradas, salidas y la memoria**

Los constituyentes más importantes de un control incluyen las entradas, salidas y la memoria. Sólo a través de estas entradas puede un control recibir información de los procesos conectados. De forma similar, sólo puede influir en ellos a través de sus salidas o almacenar información para la subsecuente continuación del proceso.

Las denominaciones para los recursos entradas, salidas y elementos de memoria, están definidos por (tabla 6.5).

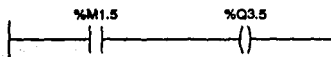
Entradas (Inputs)	I
Salidas (Outputs)	Q
Memorias (Memory)	M

Designaciones para Entradas, Salidas y Memoria  
tabla 6.5

## 6.21 Diagrama de contactos

### 6.21.1 Elementos del diagrama de contactos

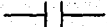
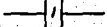
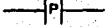


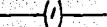
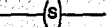
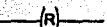


El lenguaje de diagrama de contactos (o diagrama en escalera), al igual que del diagrama de bloques de función representa un lenguaje de programación gráfico. Los elementos disponibles en un diagrama de contactos son los contactos y las bobinas en diferentes formas. Estas están dispuestas en renglones (rungs) entre las dos líneas verticales de mando a derecha e izquierda (figura 6.6).



Estructura básica de un renglón

Figura 6.6

La figura anterior ilustra la estructura básica de un renglón. En este ejemplo, el estado del flag %M1.5 está directamente asignado a la salida %Q3.5. La siguiente tabla 6.7 contiene una lista de los elementos más importantes asignados a un diagrama de contactos.

	Contacto normalmente abierto
	Contacto normalmente cerrado
	Contacto de flanco positivo
	Contacto de flanco negativo
	Bobina
	Bobina negada
	Activación de una bobina remanente
	Desactivación de una bobina remanente
	Bobina activada por flanco positivo
	Bobina activada por flanco negativo

Elementos del diagrama de contactos  
 tabla 6.7

Un contacto normalmente abierto suministra el valor 1 cuando se activa el accionamiento del correspondiente interruptor. Un contacto normalmente cerrado reacciona correspondientemente con el valor 1, cuando no se activa el correspondiente interruptor o pulsador.

Hay dos señales de flanco, que suministran señal 1 para la transición de 0 a 1 (flanco positivo) y de 1 a 0 (flanco negativo).

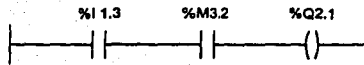
Con una bobina normal, el resultado (resultado de la operación lógica entre los contactos) es copiado a la variable específica; en el caso de una bobina negada, se transfiere el inverso (negación) del resultado.

La bobina de activación remanente asume el valor 1, si el resultado es 1, y permanece inalterable aunque el resultado pase a ser 0. De forma similar, la bobina de desactivación remanente asume el valor 0 si el resultado es 1. Se mantiene el estado 0 de la bobina.

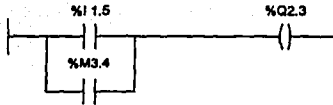
Los flancos de las bobinas se activan si el resultado cambia de 0 a 1 (flanco positivo) o de 1 a 0 (flanco negativo).

Las funciones básicas AND y OR pueden ser realizadas por medio de una configuración correspondiente de contactos en el renglón actual.

### 6.8) Función AND



### 6.9) Función OR

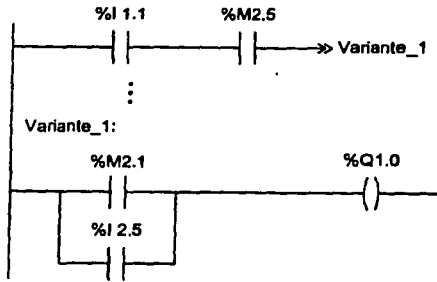


La función AND es representada por medio de la conexión en serie de dos contactos figura 6.8). La salida %Q2.1 sólo se activa si ambas entradas %I 1.3 y el flag %M3.2 se hallan activados. En todos los demás casos, la salida %Q2.1 es desactivada.

La función OR se obtiene a través de la conexión en paralelo de contactos figura 6.9). La salida %Q2.3 asume el valor 1, si la entrada %I 1.5 o el flag %M3.4 asumen el valor 1, o si ambas condiciones se cumplen simultáneamente.

## 6.21.2 Evaluación de los renglones actuales

El procesamiento de una unidad de organización del programa, es de izquierda a derecha y de arriba a abajo. De forma similar la secuencia de procesamiento también puede cambiar en LD utilizando elemento para el control de la ejecución (figura 6.10).



Salto condicional en LD

Figura 6.10

Si la condición del salto, en este caso la operación AND de la entrada %I1.1 y el flag %M2.5 se cumple, se ejecuta un salto al renglón actual con el identificador Variante\_1. El procesamiento continúa entonces a partir de este renglón.

## Proyecto

### 7.1 Sistema de rectificación de tapado y llenado de un proceso de embotellado

La maquina de llenado es la más espectacular del proceso. Su función es la de llenar a altas velocidades cada una de las botellas lavadas, podría decirse que es "el cuello de botella" de las líneas, pues su labor es llenar en forma individual cada una de las botellas. Sus velocidades de operación varían, pudiendo llegar hasta llenar 800 botellas de 355 ml en un minuto. Su función además es la de cerrar y tapar a estas botellas. Por lo que es el más importante en cualquier empresa que se dedique a la producción de bebidas, por lo que se debe tener un sistema control de calidad que permita que el producto tenga un contenido neto aceptable de acuerdo a las normas de calidad de la empresa y que toda botella que no tenga tapa sea rechazada, este sistema de rectificación de tapado y llenado tiene como objetivo que se tenga un control de calidad confiable y automatizado.

El sistema tendrá la función de rechazar el producto que por alguna razón no contenga el nivel apropiado de líquido o que no contenga tapa.

Una planta que se dedica a la fabricación de bebidas consta básicamente de estas áreas:

Recepción de materia prima es el área en este caso de una empresa refresquera donde se almacenan las botellas, etiquetas y tapones además de todos los demás materiales necesarios para la producción.

Producción esta área la conforman el cuarto de fabricación de bebida, el de alimentación y lavado de botellas y cajas, el cuarto de llenado, el área de entarimado.

Por ultimo se encuentra la bodega donde se almacena el producto terminado para la distribución; también por normas de calidad se cuenta con un área de tratamiento de aguas para reciclar el agua utilizada en el proceso para utilizarla en actividades que beneficien a la comunidad como es el riego de áreas verdes.

La ubicación del sistema se localiza en el cuarto de llenado después del proceso de llenado y tapado de la botella en la línea de producción.

## 7.2 Descripción de problema

Una de las fases de producción de un proceso de embotellado, consiste en la colocación de un tapón en la botella; llamado cierre una vez finalizada la secuencia de llenado. Las botellas se desplazan por la banda transportadora, separadas a la misma distancia y a una velocidad constante.

El sistema controlado por un control lógico programable se encargara de detectar y sacar de la banda las botellas que salgan de la fase de cierre sin el correspondiente tapón o el nivel de llenado no deseado; además, si en un determinado periodo de tiempo se rechazan más de 5 botellas seguidas, se deberá activar una alarma que alertara al operador de problemas en el proceso de llenado o tapado, para así resolverlos y poner de nuevo en marcha el proceso.

Para la detección de botellas defectuosas se conjugan las acciones de dos sensores capacitivos para la detección de la botella y del tapón (figura 7.1), y de un sensor optoelectrónico para la detección del nivel de llenado (figura 7.2).

Si el sensor capacitivo no detecta tapón o el sensor optoelectrónico no detecta el nivel deseado de líquido se activara un actuador de simple efecto que expulsara el producto no conforme.

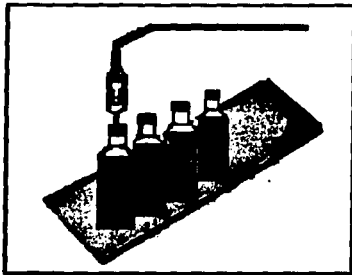


Figura 7.1

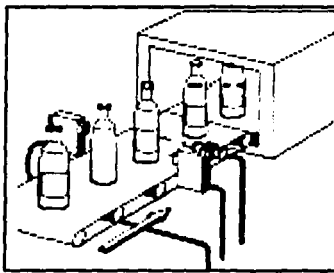


Figura 7.2

7.3 Croquis de situación

Sistema de rectificación de tapado y llenado de un proceso de embotellado

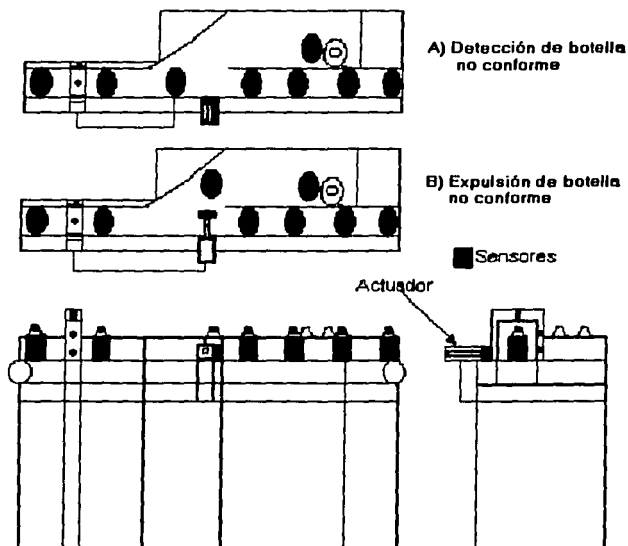


Figura 7.3



#### 7.4 Macro estructuración del sistema o proceso

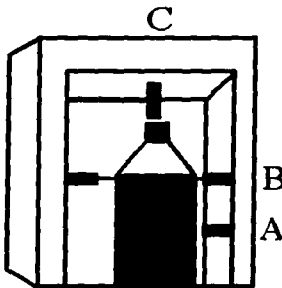
El sistema está diseñado para que este en función de detección todo el tiempo que halla producción en una línea, el actuador se activará solo en tres casos para la eliminación de botellas con mala calidad (figura 7.3).

Cuando la botella venga tapada pero que contenga un nivel de llenado por debajo del límite establecido.

Si la botella no viene tapada aunque tenga un nivel de llenado aceptable.

También cuando se presentan las dos situaciones un bajo nivel de llenado y sin tapa.

#### 7.5 Funcionamiento de sensores



Descripción de sensores

Figura 7.4

El sensor denominado "A" es un sensor capacitivo su función es detectar toda botella que pase por el sistema.

El sensor "B" es un sensor optoelectrónico que por medio de sus dos terminales de fibra óptica detecta el nivel de llenado.

El sensor "C" es un sensor capacitivo su función es la de detectar las botellas que no tengan tapa.

## 7.6 Diseño

## 7.6.1 Diagrama espacio – tiempo

Una vez activada la señal del sensor deberán pasar 3 segundos para que la botella llegue a la posición del pistón y sea rechazada si no cumple con un nivel aceptable de calidad.(Figura 7.5)

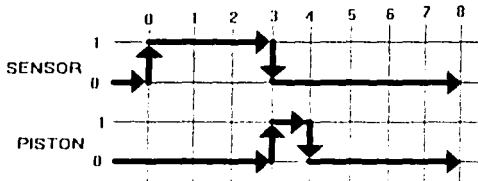


Diagrama espacio-tiempo

Figura 7.5

## 7.6.2 Tabla de funciones

	A	B	C	Y1
Caso 1	1	0	0	1
Caso 2	1	0	1	1
Caso 3	1	1	0	1

Caso 1- El sensor A detecta la presencia de la botella, pero no contiene el nivel de líquido deseado ni su tapa por lo que se activa el pistón Y1.

Caso 2- Se activan el sensor A y el sensor C, esto significa que la botella no contiene el nivel de líquido deseado por lo que se activa el pistón Y1.

Caso 3- Cuando el sensor A y el sensor B, se activan la botella es rechazada por el pistón Y1 por falta de tapa.

**7.6.3 Definición de los módulos del software**

La siguiente tabla contiene los elementos que controla el PLC.

Tabla de asignaciones		
Entradas		
Operando	Símbolo	Elemento
I0.0	A	Sensor botella
I0.1	B	Sensor nivel de líquido
I0.2	C	Sensor tapa
I0.3	BOTON	Reset de alerta
Salidas		
Operando	Símbolo	Elemento
O0.0	Y1	Pistón
O0.1	L	Lámpara de detección
O0.2	T	Alarma
O0.3	LB	Lámpara de reset

#### 7.6.4 Lista de piezas

1

Banda transportadora

1

Sensores capacitivos



1

Sensor optoelectrónico mod. SOEG-LK30PAK2L



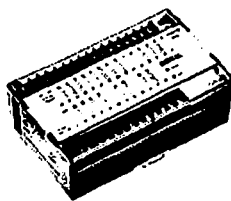
1

Fibra óptica para sensor optoelectrónico

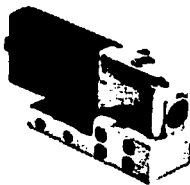


\*Equipo fijo

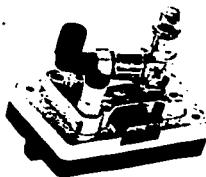
PLC fec 20



1 Electroválvula 3/2 vías retorno por resorte cerrada en reposo



1 Válvula reguladora de caudal

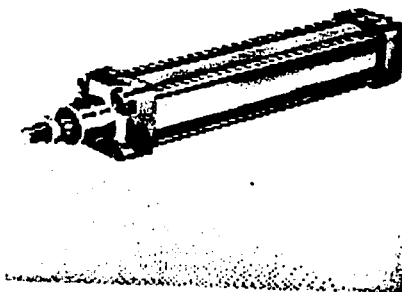


\*Equipo festo

Válvula de escape rápido



Actuador de simple efecto



\*Equipo fests

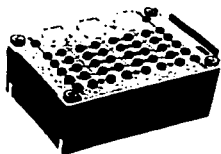
Manómetro



Unidad de mantenimiento

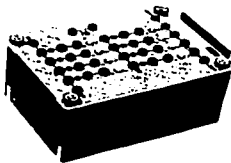


Dispositivo de entrada de señales eléctricas



\*Equipo fijo

Indicador y placa de distribución eléctrica



Distribuidor de aire de 8 salidas

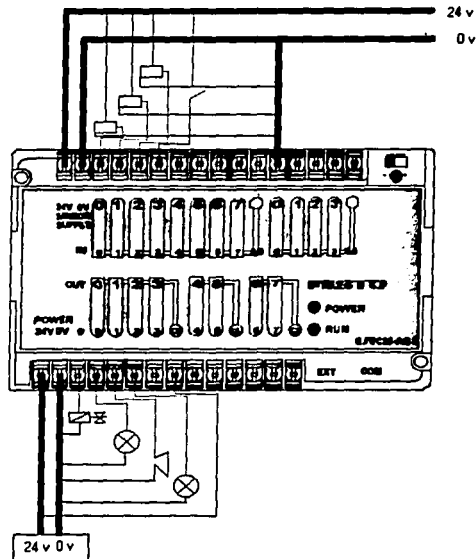
Fuente de voltaje para el PLC

Manguera para conexión neumática

Cables para conexión eléctrica



7.6.5 Definición de los módulos del software



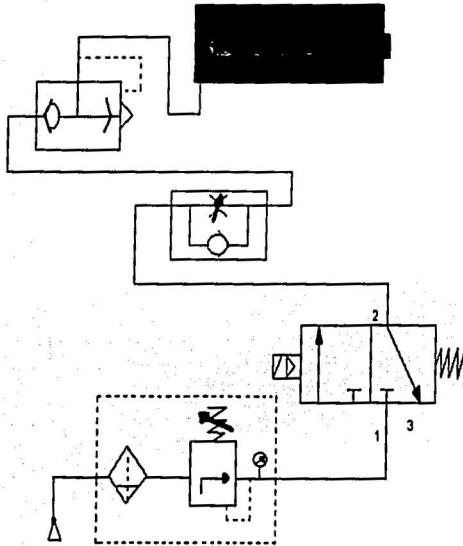
Asignación de módulos de entradas y salidas del PLC <sup>1</sup>

Figura 7.6

Tabla de asignaciones	
Entradas	
Operando	Símbolo
I0.0	A
I0.1	B
I0.2	C
I0.3	BOTON
Salidas	
O0.0	Y1
O0.1	L
O0.2	T
O0.3	LB

1. ACKERMMAN, R. / FRANZ J., "Controles lógicos programables", Fesfo Didactic.

7.6.6 Esquema de componentes neumáticos

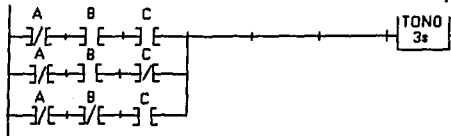


Esquema del circuito neumático

Figura 7.7

7.6.7 Programación en diagrama de escalera

El programa que controla este sistema de rectificación y llenado consta de 11 líneas que controlan todo el proceso:



Línea No.1

Esta línea corresponde a la entrada de señal de los 3 sensores:

El sensor A que es el que detecta la presencia de toda botella que pase por el dispositivo.

El sensor B que detecta el nivel de llenado.

El sensor C detecta la tapa.

Los tres sensores se encuentran en forma de función **And** lo que significa que se deben cumplir las tres condiciones de la primera línea para que se active el sistema y la botella sea rechazada. Este sistema también tiene una función **Or** esta función implica que existen en el programa tres posibles casos de activación; a estas líneas se les denominan ramas.

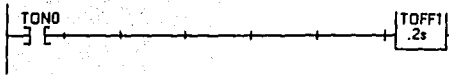
La primera rama corresponde al caso 1 ( bajo nivel y sin tapa).

La segunda rama corresponde al caso 2 (bajo nivel de llenado).

La tercera rama corresponde al caso 3 (sin tapa).

Al cumplirse una de estos tres casos se activa la siguiente función contenida en la línea que es una función de tiempo de activación después del sentido de alguna de las ramas.

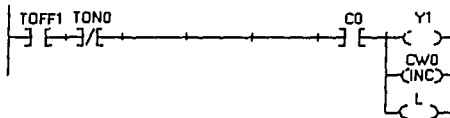
El pistón es activado por esta señal después de pasados 3 segundos que es el tiempo que tarda en llegar a él.



Línea No. 2

En la línea dos se cierra el contacto TON0 que es el contacto de activación de la función TONO de la primera línea, con esto se inicia la secuencia de 3 segundos para la activación del pistón.

El siguiente elemento TOFF1 es una función de tiempo de desactivación que hace regresar al pistón a su posición original en 2 décimas de segundo.



Línea No. 3

En esta línea TOFF1 se activa transcurridas las 2 décimas de segundo lo que regresa al pistón a su posición original.

El siguiente elemento es TON0 cerrado esta función desactiva el contacto TON0 de la línea 2 volviendo a su estado original.

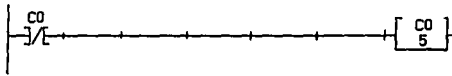
El tercer elemento de esta línea es el contador C0 que se activa iniciando una secuencia de conteo.

La siguiente función Or activa:

En la primera rama al pistón Y1 transcurridos 3 segundos y lo desactiva en 2 décimas de segundo.

En la segunda rama activa a CWD que es un contador incremental para la activación de una alarma después de que se han rechazado 5 botellas.

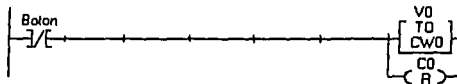
En la tercera rama L es una lámpara que tiene la función de encender al momento de ser rechazada una botella para alertar de una posible falla ya sea en el llenado o el tapado.



Línea No.4

El contador C0 es el primer elemento de la línea se encuentra cerrado con el propósito de desactivar el contacto C0 que se encuentra en la línea 3.

El siguiente elemento es una función que se encarga de contar las veces que se activa el pistón en este caso esta programado para que se active a la 5° botella rechazada.



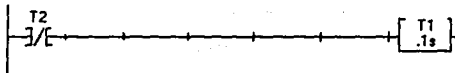
Línea No.5

El primer elemento es un botón de reset de alarma que servirá para detener la alarma que se ha activado a la 5° botella que se rechaza.

En la siguiente rama:

La primera rama es la función de incremento de CW0 (línea 3) que se activara al contar 5 botellas rechazadas.

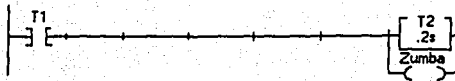
La segunda rama es un reset del contacto C0 (línea 3).



Línea No.6

El primer elemento es el contacto T2 activa la secuencia de alarma.

El segundo elemento es la función T1 que tiene la misión de hacer intermitente la alarma esta función hace que haya 1 décima de segundo que no suene la alarma.



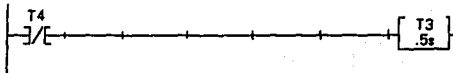
Línea No.7

El primer elemento es T1 se encarga de activar la función T1 en la línea 6.

El siguiente elemento en la línea es una rama:

La primera rama es la función T2 que se encarga de determinar el tiempo en que suena la alarma intermitente en este caso 2 décimas de segundo.

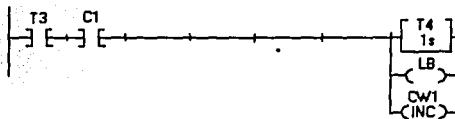
El segundo elemento es la alarma conectada en Or con T2.



Línea No.8

El primer elemento es el contacto T4 que controla la función T4 (línea 9) se encarga de activar una lámpara intermitente en el botón de reset.

El según elemento es la función T3 que desactiva 5 décimas de segundo la lámpara del botón de reset.



Línea No.9

El primer elemento T3 se encarga de activar la función T3 (línea 8).

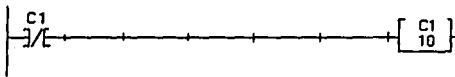
El segundo elemento es el contacto C1 es un contador que se cierra al momento de pasar la señal incrementando la cuenta de la alarma programada en este caso para que suene 10 veces.

El tercer elemento es una rama.

La primera rama es la función T4 que se encarga de encender por un segundo la lámpara del botón de reset.

La segunda rama es LB que es la lámpara de botón de reset.

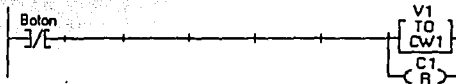
La tercera rama es CW1 que es un contador incremental programado para contar 10 veces.



Línea No.10

El primer elemento es el contacto C1 que tiene la función de desactivar el contacto C1 de la línea 9.

El segundo elemento es la función C1 programada para contar hasta 10.



Línea No.11

El primer elemento es el botón de reset este botón sirve para detener la secuencia de la alarma.

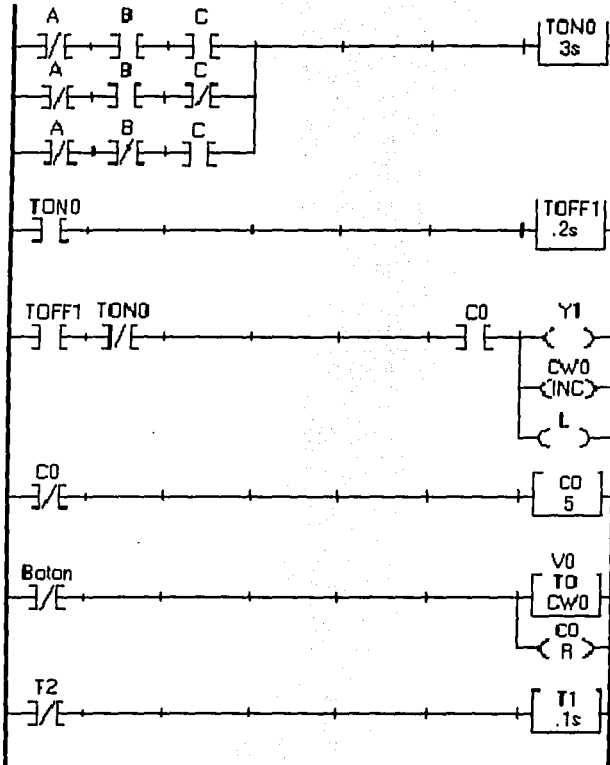
El segundo elemento es una rama:

La primera rama es la función que incrementa la cuenta de la función CW1 (línea 9) para que una vez que cuente hasta 10 se detenga y este lista para una nueva secuencia cuando se cumplan todas las condiciones para su activación.

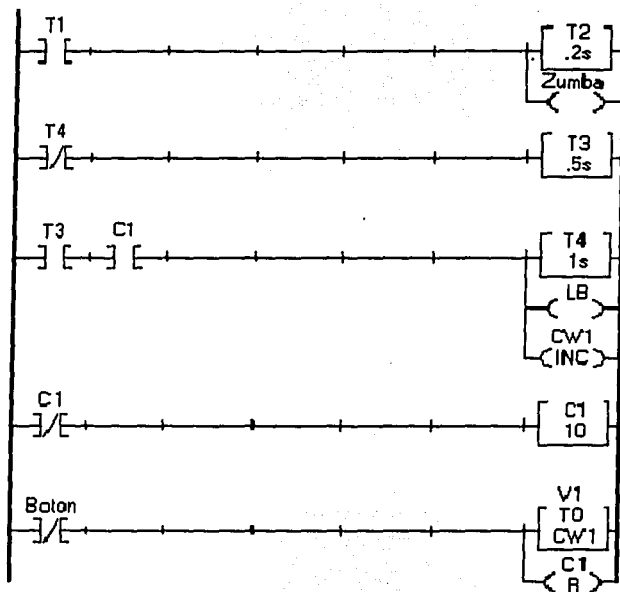
La segunda rama es el reset de C1 que desactiva la función de contar hasta 10 (línea 10).

**Fin del diagrama en escalera**

7.6.8 Diagrama de escalera







## CONCLUSIONES

La utilidad de los controles lógicos programables para la construcción o reconstrucción de máquinas representa una solución para la modernización de los equipos, logrando así que se prolongue su óptimo funcionamiento.

El control lógico programable representa para la empresa un cambio hacia la modernidad, además de resultar más económico, que comprar una máquina nueva y con las mismas ventajas.

Con el control lógico programable se logra el objetivo de aumentar la productividad de la máquina y mejorar la calidad del producto, los factores que contribuyen a esto son los siguientes:

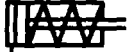
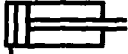







- A. Se eliminan el 72% de los componentes al utilizar el control lógico programable, dichos componentes ocasionan que la máquina tenga un bajo rendimiento en productividad.
- B. El mantenimiento correctivo se reduce a un 5% en tiempo en relación al mantenimiento de los últimos seis meses.
- C. El control lógico programable tiene una alta fiabilidad en los componentes que lo integran y es más rápido detectar una falla con el panel de operación y en los módulos de entrada y salida.
- D. No hay variación de las instrucciones de tiempo del control lógico programable en su ciclo de trabajo y tiene una precisión absoluta debido a que su tiempo de respuesta es inmediata.
- E. Al utilizar el control lógico programable se elimina la necesidad de alambrear nuevamente cuando se desea hacer un cambio; de esta manera se logran mejoras en el proceso con los mismos componentes con un simple cambio de instrucciones en el programa. Además se tiene otra ventaja, ya que los cambios se realizan en el programa y posteriormente se transfieren a la máquina sin tener que pararla, a diferencia del control alambreado siendo necesario en este caso, parar la máquina por un tiempo para realizar los cambios.
- F. Se tiene la posibilidad de centralizar varias máquinas utilizando controles independientes para cada una, por medio de una línea de comunicación en una computadora personal como terminal; esto hace que la producción tenga mayor flexibilidad.













## **CONCLUSIONES**



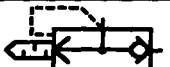




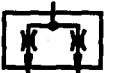




**G. Con el sistema de rectificación de tapado y llenado se logra obtener un mejor control de calidad evitando que producto no conforme continúe el proceso, todo esto en beneficio del cliente evitando que este nos devuelva el producto por no cumplir con sus expectativas.**

**H. El rectificador de tapado y llenado hace posible la reducción del personal que se dedica a la inspección de botellas después del llenado incrementando con esto la productividad al utilizar al personal en otras actividades de producción. Se logra la inspección del producto que se elabora todo un turno de producción.**

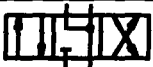


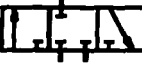




SIMBOLOGIAS









<b>Cilindros Neumáticos</b>	
<b>Símbolo:</b>	<b>Descripción:</b>
	De simple efecto. Retorno por muelle.
	De simple efecto. Retorno por fuerza externa.
	De doble efecto.
	De doble efecto con amortiguador.
	De doble efecto con doble vástago.
	De simple efecto telescópico.
	Lineal sin vástago.
	Accionador angular.
	Motor neumático de un solo sentido de giro.

<b>Unidades de Tratamiento del Aire</b>	
<b>Símbolo:</b>	<b>Descripción:</b>
	Filtro con purga de agua manual.
	Filtro con purga de agua automática.
	Filtro en general.
	Refrigerador.
	Secador.
	Lubrificador.
	Unidad de acondicionamiento.
	Compresor.
	Generador de vacío.
	Termómetro.
	Manómetro.
	Silenciador.








<b>Válvulas</b>	
<b>Símbolo:</b>	<b>Descripción:</b>
	Regulador de caudal unidireccional.
	Válvula selectora.
	Escape rápido.
	Antirretorno.
	Antirretorno con resorte.
	Regulador de presión.
	Regulador de presión con escape.
	Bifurcador de caudal.
	Regulador de caudal.
	Regulador constante de caudal.
	Válvula 5/3.
	Válvula 5/2.

APENDICE

	Válvula 4/3.
	Válvula 4/3.
	Válvula 4/2.
	Válvula 3/3.
	Válvula 3/2.
	Válvula 3/2.
	Válvula 2/2.
	Válvula 2/2.

<b>Accionamientos</b>	
<b>Símbolo:</b>	<b>Descripción:</b>
	Enganche con enclavamiento.
	Pulsador de emergencia. Seta.
	Pulsador en general.
	Tirador.
	Accionamiento por leva.
	Accionamiento por rodillo.
	Accionamiento por presión.
	Accionamiento por rodillo escamoteable.



	<p>Electroválvula.</p>
	<p>Accionamiento por Motor eléctrico.</p>
	<p>Accionamiento por Palanca.</p>
	<p>Accionamiento por Pedal</p>
	<p>Retorno por muelle.</p>
	<p>Electroválvula servopilotada.</p>
	<p>Electroválvula servopilotada gobernable manualmente.</p>
	<p>Detector neumático.</p>
	<p>Final de carrera accionado.</p>

FUNCIONES LOGICAS		
Símbolo:		Descripción:
		Función igualdad.
		Función negación.
		Función AND.
		Función OR.
		Función NAND.
		Función NOR.
		Temporizador a la conexión.
		Temporizador a la desconexión.
		Bistable. Memoria S-R.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **ACKERMMAN, R. / FRANZ J.**, "Controles lógicos programables", Festschrift Didactic.
2. **BALCELLS, Josep / ROMERAL, José Luis**, "Autómatas programables", segunda edición, editorial Marcombo.
3. **BROIDA, Víctor**, "Automatización: Regulación automática, servomecanismos"  
Buenos Aires: Eudeba, c 1985.
4. **CARULLA, Miguel**, "Circuitos básicos de neumática", edición tercera, editorial Alfaomega, 1995.
5. **DAVIE, Alberto G.**, "Introducción a la automatización industrial", tercera edición, editorial Marcombo.
6. **DAVIE, Alberto**, "Introducción a la automatización industrial", cuarta edición, editorial Marcombo.
7. **DEPERT, W./STOLL, K.**, "Aplicaciones de la neumática", Tercera edición, editorial Marcombo, 1991.
8. **HARRISON, Howard L. / BOLLINGER, John G.**, "Controles automáticos" segunda edición, editorial Trillas.
9. **MANDADO PEREZ, Enrique**, "Controladores lógicos y autómatas programables", edición tercera, editorial Barcelona Marcombo, 1992.
10. **MARTINEZ SÁNCHEZ, Victoriano A.**, "Automatizar con autómatas programables", cuarta edición, editorial Marcombo, 1998.

## BIBLIOGRAFÍA

11. **MARTINEZ SANCHEZ**, Victoriano, "Automatizar con autómatas programables", edición cuarta edición, editorial Madrid: Ra – Ma, 1997.
12. **MARTINEZ SÁNCHEZ**, Victoriano, "Curso completo de automatización industrial moderna", segunda edición, editorial Marcombo, 1996.
13. **MILLAN TEJA**, Salvador, "Automatización neumática y electroneumática", edición cuarta, editorial México Alfaomega, 1996.
14. **PYKE**, Magnus, "Automatización", editorial Alfaomega, 1988.
15. **ROLDAN VILORIA**, José, "Neumática, hidráulica y electricidad", Madrid: Paraninfo, 1989.
16. **ROMERA**, J. Pedro, "Automatización: problemas resueltos con autómatas programables", segunda edición, editorial Alfaomega, 1990.
17. **ROYO**, E. Carnicer, "Aire comprimido, neumática convencional", editorial Gustavo Gili.
18. **SERRANO**, Nicolás, "Neumática", segunda edición, editorial Madrid : paraninfo 1996.
19. **WALLER D / WERNER H**, "Neumática: Manual de trabajo", tercera edición, editorial Alfaomega.
20. [www.invdes.com.mx/suplemento/pascual.html](http://www.invdes.com.mx/suplemento/pascual.html)
21. [www.pepsi-procesos/linea.com/html](http://www.pepsi-procesos/linea.com/html)