



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**CREACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA
COMO UN INICIO A LA TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL Y CAPACITACIÓN A LOS ESTUDIANTES DE LA
ESCUELA DE MECÁNICA ELECTRICA EN EL ÁREA DE
NEUMÁTICA BÁSICA.**

Juan Carlos Vivar Rojas

Asesorado por el Ing. Armando Rivera

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CREACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA COMO UN
INICIO A LA TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y
CAPACITACIÓN A LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE MECÁNICA
ELECTRICA EN EL ÁREA DE NEUMÁTICA BÁSICA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS VIVAR ROJAS

ASESORADO POR EL ING. ARMANDO RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. José Anibal Silva Valladares
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CREACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA COMO UN INICIO A LA TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y CAPACITACIÓN A LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE MECÁNICA ELECTRICA EN EL ÁREA DE NEUMÁTICA BÁSICA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 20 de febrero de 2006.

Juan Carlos Vivar Rojas

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por haberme dado la sabiduría para culminar con mi carrera.

MIS PADRES

Juan Carlos Vivar B. y Olga Marina Rojas que gracias a sus esfuerzos y sacrificios hoy veo compensado en este gran logro.

MIS HERMANOS

Luis Fernando y Ronald Alexander que estuvieron conmigo a lo largo de toda mi carrera.

MIS COMPAÑEROS

Que por su amistad, hicieron más amena mi estadía en las aulas de clase, donde nos formamos académicamente.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Que me formó como un profesional consciente de la realidad Nacional y capaz de contribuir al desarrollo de mi país.

AGRADECIMIENTOS A:

- ◆ Asociación de Estudiantes de Ingeniería (AEI), que gracias al apoyo de toda la Junta Directiva, a la que pertencí con gran orgullo, logramos gestionar los fondos para la creación del proyecto.
- ◆ Dr. Luis Leal, rector de la USAC, que gracias a su apoyo se compró el equipo didáctico para el Laboratorio de Electroneumática.
- ◆ Ing. Murphy Paiz, Decano de la Facultad de Ingeniería, que contribuyó al desarrollo de este proyecto.
- ◆ Ing. Juan Carlos Sánchez que con él iniciamos el proyecto.
- ◆ Ing. Kennet Estrada, por su asesoramiento a lo largo de mi trabajo.
- ◆ Empresa ACISA, que por su apoyo logramos equipar el laboratorio con tecnología de la más alta calidad.
- ◆ Pastas INA, que contribuyó a equipar el laboratorio.
- ◆ Todas las personas y estudiantes que de alguna forma contribuyeron a la realización del proyecto y que hoy en día es el Laboratorio de Electroneumática uno de los Laboratorios más modernos de la Facultad de Ingeniería, a Dios gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1	Principios de Automatización industrial.....	1
1.1.1	Areas de formación en la Automatización.....	2
1.1.2	Perfil Ocupacional.....	3
1.1.3	Automatización de procesos en la industria.....	3
1.1.4	Arquitectura de un sistema de producción.....	4
1.1.5	Técnicas de Automatización Industrial.....	5
1.1.6	Esquemas para un sistema automático.....	10
1.2	La neumática en los procesos industriales.....	12
1.2.1	La evolución en la técnica del aire comprimido.....	12
1.2.2	Rentabilidad de los equipos neumáticos.....	13
1.2.3	Equipo que interviene en la instalación de un circuito Neumático.....	14

1.3	Electroneumática y control por PLC.....	40
1.3.1	Aplicaciones de Electroneumática y PLC.....	40
1.3.2	Estructura básica de un PLC.....	44
2.	INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA	
2.1	Gestión y preparación del salón.....	47
2.2	Vista del nuevo laboratorio de neumática.....	48
2.3	Equipamiento interno y externo.....	52
2.3.1	Características y montaje en la instalación.....	52
2.4	Enfoque y normas de laboratorio.....	53
2.5	Equipo de neumática que utilizan los estudiantes en el laboratorio.....	54
3.	CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES	
3.1	Objetivos didácticos.....	61
3.2	Programa de estudio para neumática básica.....	63
3.3	Normas del laboratorio.....	64
3.4	Grupos de estudiantes capacitados.....	65
3.5	Estadísticas y gráficas del rendimiento de los grupos capacitados en el Curso de Neumática.....	68
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Automatización en la industria	4
2.	Sistema de producción simple	4
3.	Sistema de producción automatizado	5
4.	Esquema Tecnología Eléctrica	6
5.	Esquema Tecnología Electrónica	7
6.	Esquema Tecnología Mecánica	8
7.	Esquema Tecnología Neumática	9
8.	Sistema de control en lazo abierto	10
9.	Sistema de control en lazo cerrado	11
10.	Tipos de Compresores en la industria	16
11.	Válvula de tres vías y 2 posiciones	18
12.	Válvula de cuatro vías y 2 posiciones	19
13.	Válvula de cuatro vías y 2 posiciones	20
14.	Control direccional de cilindros de doble efecto.	21
15.	Esquema de Detector de Paso con aire	23
16.	Esquema de Detector de Paso de horquilla	24
17.	Esquema Detector de proximidad	26
18.	Posicionamiento de válvulas	27
19.	Conexiones de válvulas	28
20.	Mandos de válvulas Standard	29
21.	Forma constructiva de válvulas	30
22.	Válvulas de presión y de flujo	31

23.	Detectores de proximidad	32
24.	Diseño de circuitos	33
25.	Esquema Neumático	34
26.	Tipos de Mando en válvulas	35
27.	Aplicación neumática 1	36
28.	Aplicación neumática 2	37
29.	Aplicación neumática 3	38
30.	Aplicación neumática 4	39
31.	Aplicación 1 de electroneumática y PLC	41
32.	Aplicación 2 de electroneumática y PLC	42
33.	Aplicación 2 de electroneumática y PLC	43
34.	Esquema de las partes del Laboratorio de Neumática	48
35.	Vista frontal salón de neumática	49
36.	Vista desde la entrada del salón	50
37.	Acondicionamiento de equipo en el salón	51
38.	Equipo de prácticas didácticas	54
39.	Complemento de equipo didáctico	55
40.	Características técnicas de válvulas detectores	55
41.	Características técnicas de válvulas pilotadas	56
42.	Características técnicas de válvulas especiales	57
43.	Características técnicas de Electroválvulas	58
44.	Característica de sensor óptico especial	59
45.	Gráfica del rendimiento de estudiantes	68
46.	Gráfica de rendimiento de estudiantes de Mecánica	69
47.	Gráfica de rendimiento de estudiantes de Electrónica	69
48.	Gráfica de rendimiento de estudiantes de Eléctrica	70

TABLAS

I.	Programa de estudio para neumática básica	63
II.	Primer grupo de estudiantes capacitados	65
III.	Segundo grupo de estudiantes capacitados	65
IV.	Tercer grupo de estudiantes capacitados	66
V.	Cuarto grupo de estudiantes capacitados	66
VI.	Quinto grupo de estudiantes capacitados	67

GLOSARIO

Automatización	Área que integra la tecnología eléctrica, electrónica, mecánica, neumática y electroneumática para gobernar un proceso industrial regulable por sí mismo.
Sistema de Control	Conjunto de dispositivos que integrados entre sí, tienen la función de gobernar la respuesta de una planta, y se clasifican en lazo abierto y lazo cerrado.
Neumática	Área de la automatización que utiliza el aire comprimido como fuerza de trabajo, para poder generar movimiento mecánico.
Cilindros	Elementos de accionamiento que generan movimiento mecánico en un proceso industrial
Cilindro simple efecto	Accionador que utiliza una conexión para mover el vástago que es retornado por muelle o resorte.
Cilindro doble efecto	Accionador que utiliza dos conexiones tanto para avanzar como retroceder el vástago.
Válvulas	Dispositivos cuyo objetivo es gobernar o direccionar señales neumáticas y, constan de accionamientos, conexiones, posiciones y retorno.
Electroneumática	Área que utiliza válvulas accionadas eléctricamente para gobernar u operar un proceso industrial.

Sensores	Dispositivos analógicos que controlan el comportamiento en una planta y pueden ser de temperatura, de posición u otros.
Interfaces	Dispositivos encargados de adaptar las señales analógicas de los sensores hacia la unidad de control.
PLC	Dispositivo electrónico de control con características físicas propias independientes del proceso a controlar.

RESUMEN

El proyecto se inició con la gestión de Q70,000, para adquirir el equipo inicial, el cual para ello se presentó un anteproyecto a Rectoría de la Universidad de San Carlos, donde el Rector de la misma, Dr. Luis Leal nos recibió cordialmente y le interesó grandemente el proyecto, dando el visto bueno del mismo.

El dinero se nos hizo llegar a través de la AEI, dos meses después, el cual se contactó con la empresa ACISA, para adquirir el equipo, que se mandó a pedir a Alemania, un equipo de la más alta tecnología de marca FESTO. Con ello se empezó a preparar el laboratorio y cuando se logró terminar de equipar con sus mesas sillas e instalaciones eléctricas se instaló el equipo electroneumático.

Después de instalado el Laboratorio se hizo un estudio de las utilidades del mismo, y se implementó para fines didácticos, el cual fueron capacitados los estudiantes de la Escuela de Mecánica Eléctrica con el curso de Neumática Básica y con ello el interés de recibir el curso se hizo evidente, a tal grado que el laboratorio no se da a vasto para atender a todos los interesados, pero el objetivo se cumplió y el proyecto sigue creciendo.

OBJETIVOS

1. Ampliar los laboratorios de la Escuela de Mecánica Eléctrica con tecnología de vanguardia y que éstos sean utilizados por todos los estudiantes interesados en adquirir los conocimientos para competir en la industria del país, buscando el apoyo de las autoridades para el desarrollo de los mismos.
2. Que el laboratorio muestre interés a todos los estudiantes de las distintas carreras, haciendo énfasis que cuando la teoría se aplica de la mano con la tecnología, el aprendizaje es más óptimo y se pueden construir los proyectos más actuales.
3. Introducir a los estudiantes en la tecnología de Automatización industrial, ya que la misma está en la cúspide de la industria, tanto a nivel nacional como global y que el conocimiento es la mejor inversión por parte del profesional.
4. Que los estudiantes del curso de Sistemas de Control, donde se implementó el laboratorio de Neumática Básica como obligatorio, adquieran la habilidad necesaria para diseñar cualquier sistema o esquema neumático.

5. Que el laboratorio contribuya al desarrollo de la industria del país, ya que con la tecnología de Neumática y Electroneumática acoplada a un PLC, podemos automatizar cualquier sistema de control destinado a la producción industrial.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la sociedad de la información es cada vez más exigente, es por ello que es momento de avanzar y adquirir el conocimiento que no poseen todos, adquirir esas técnicas necesarias para enfrentar los cambios radicales en esta sociedad.

Los laboratorios tecnológicos y de investigación son muy importantes en el desarrollo profesional. La Facultad de Ingeniería es una de las más importantes dentro de la Universidad de San Carlos, es la encargada de formar profesionales, con la capacidad para contribuir a desarrollar el sector industrial del país. Desde hace muchos años el desarrollo de los laboratorios dentro de la Facultad ha sido pobre y las autoridades no dan prioridad a los mismos. Teniendo una visión clara de este problema me decidí a formar con apoyo de otros compañeros un nuevo laboratorio, que contribuirá a formar en el área de Automatización Industrial a los estudiantes de la Escuela Mecánica Eléctrica.

El laboratorio instalado lleva como nombre Laboratorio de Electroneumática, funciona en una de las áreas de los laboratorios de Física, en el edificio T-1. Las capacitaciones se realizan por grupos de 8 estudiantes y se capacitan cada 3 semanas, iniciando con el curso de Neumática, continuando con Electroneumática y finalizando con el curso de Programación de PLC. El cual con estas tres disciplinas los estudiantes estarán listos para diseñar un sistema autómatas capaz de contribuir con aplicaciones en el área industrial.

En el siguiente proyecto veremos como el Laboratorio brinda capacitación a la gran mayoría de los estudiantes de Mecánica Eléctrica, en el curso de Neumática, el cual se cuenta con estadísticas y proyectos finales realizados por los capacitados.

La automatización es un área muy grande, y la neumática es una de las formas de energía más importantes y de mayor auge dentro del área industrial nacional. La Electroneumática es un complemento a esta forma de energía, que junto con el PLC, se hará del laboratorio uno de los más importantes dentro de la Universidad de San Carlos.

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Principios de Automatización Industrial

La Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto a nivel de producción y planta como a nivel gerencial, son también problemas de Automatización Industrial. La Automatización tiene por objeto fomentar la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología, enfocados hacia la satisfacción de necesidades en el país en el sector industrial.

El estudio de Automatización Industrial es de carácter interdisciplinario y está dirigido a profesionales, en distintas ramas de la Ingeniería , incluyendo Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Química, de Sistemas e Industrial, así como a profesionales en Física, Matemáticas y afines. Los interesados han de manejar las nociones básicas del comportamiento y el control de sistemas dinámicos e interesarse en temas de automatización y control de sistemas y/o plantas industriales.

1.1.1 Areas de formación en la Automatización

- Sólida fundamentación en matemáticas y análisis de sistemas lineales y no lineales.
- Experiencia en formulación y desarrollos en trabajos de investigación.
- Supervisión: hardware y software para monitoreo y control jerarquizado de la actividad industrial a través de redes de comunicación.
- Control: aspectos teóricos y prácticos del control de sistemas dinámicos continuos y discretos.
- Manufactura y Robótica: solución de problemas de producción industrial y de investigación en robots y en sistemas de manufactura discreta, mediante el empleo de diferentes técnicas de automatización.

- Mejorar habilidades en comunicación oral y escrita de los resultados de sus investigaciones.

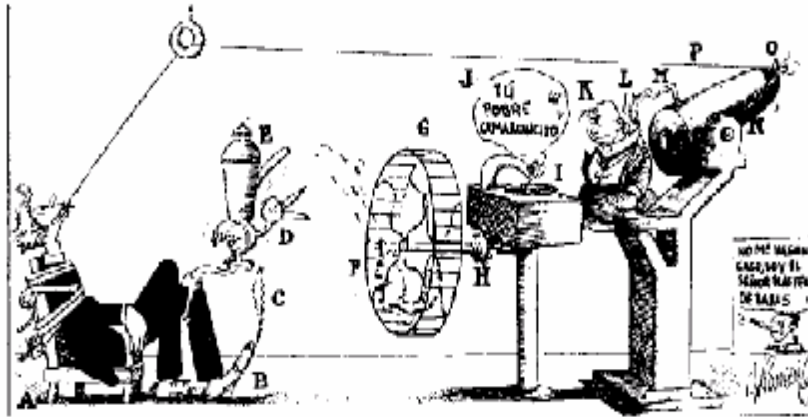
1.1.2 Perfil ocupacional

Los profesionales que realizan estudios en el área de Automatización tienen dos grandes campos laborales: el desarrollo de proyectos de automatización industrial y la docencia e investigación en instituciones educativas. El desarrollo de proyectos de automatización industrial incluye el diseño en hardware y software de controladores, la selección de sistemas de instrumentación, supervisión y control, el diseño y planificación de celdas de manufactura flexible, y la gestión de proyectos de automatización. Por otra parte, la actividad docente usualmente se centra en el análisis de sistemas dinámicos y la teoría de control.

1.1.3 Automatización de procesos en la industria

A nivel industrial, la automatización está muy marcada casi todos los procesos de producción dentro de una industria, tanto pequeña como grande, se ven forzados a utilizar diversas tecnologías como lo es la eléctrica, electrónica, mecánica y otros que ayudan a que el sistema sea automático y más óptimo.

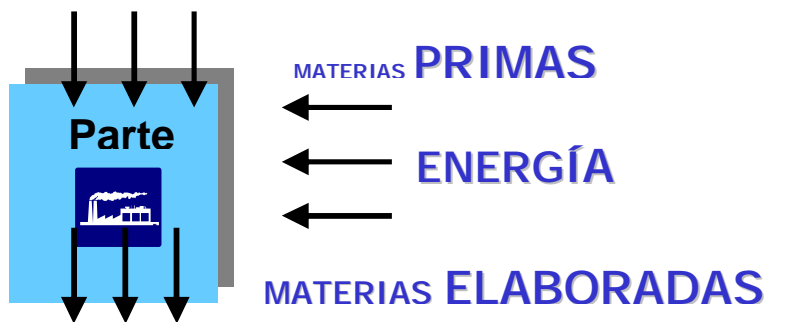
Figura 1. Automatización en la industria



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

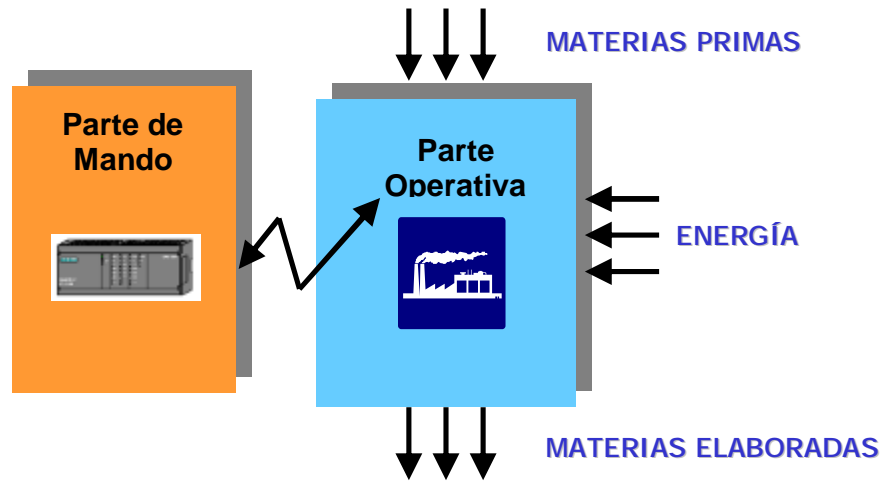
1.1.4 Arquitectura de un sistema de producción

Figura 2. Sistema de producción simple



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

Figura 3. Sistema de producción automatizado

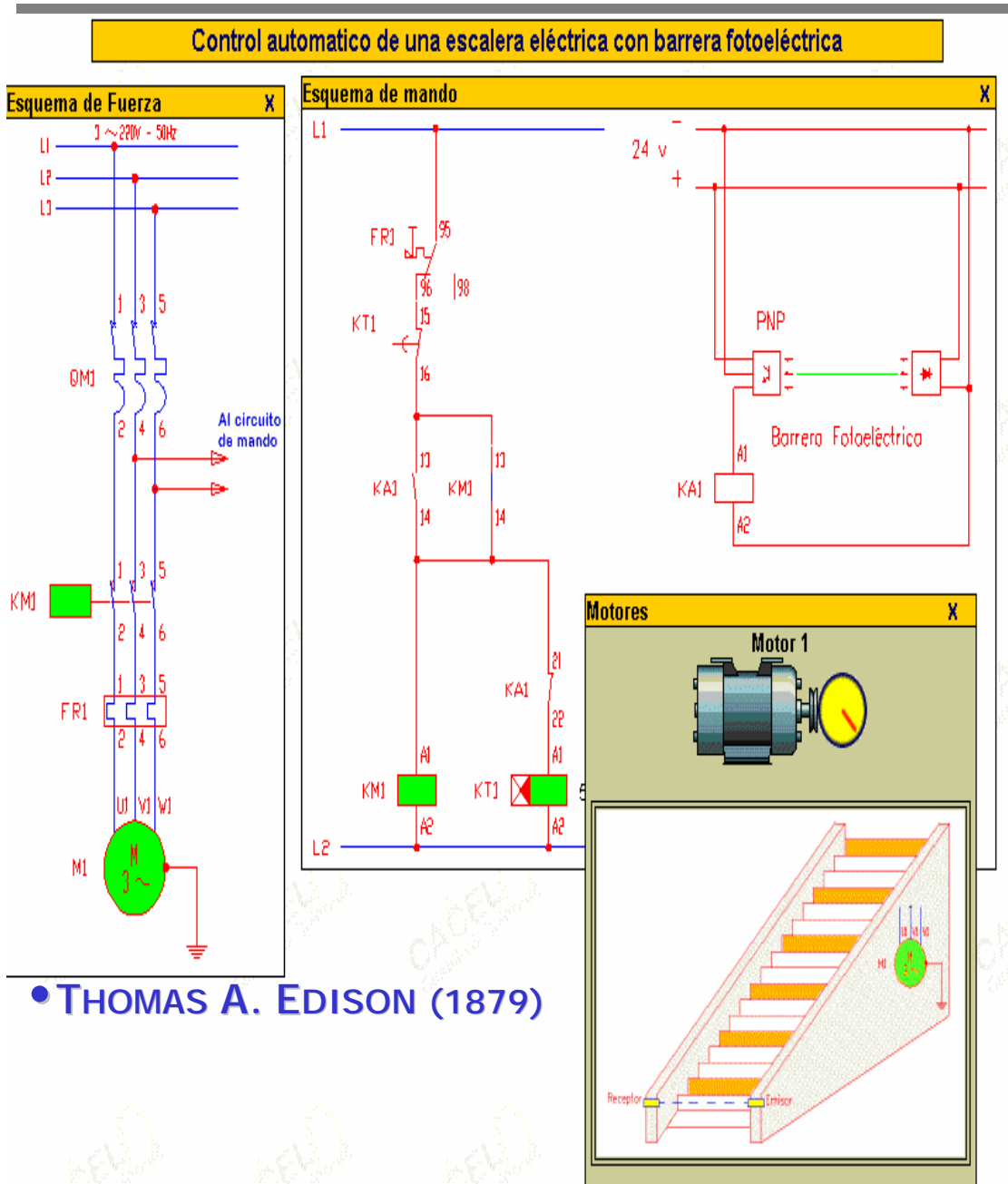


Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

1.1.5 Técnicas de Automatización Industrial

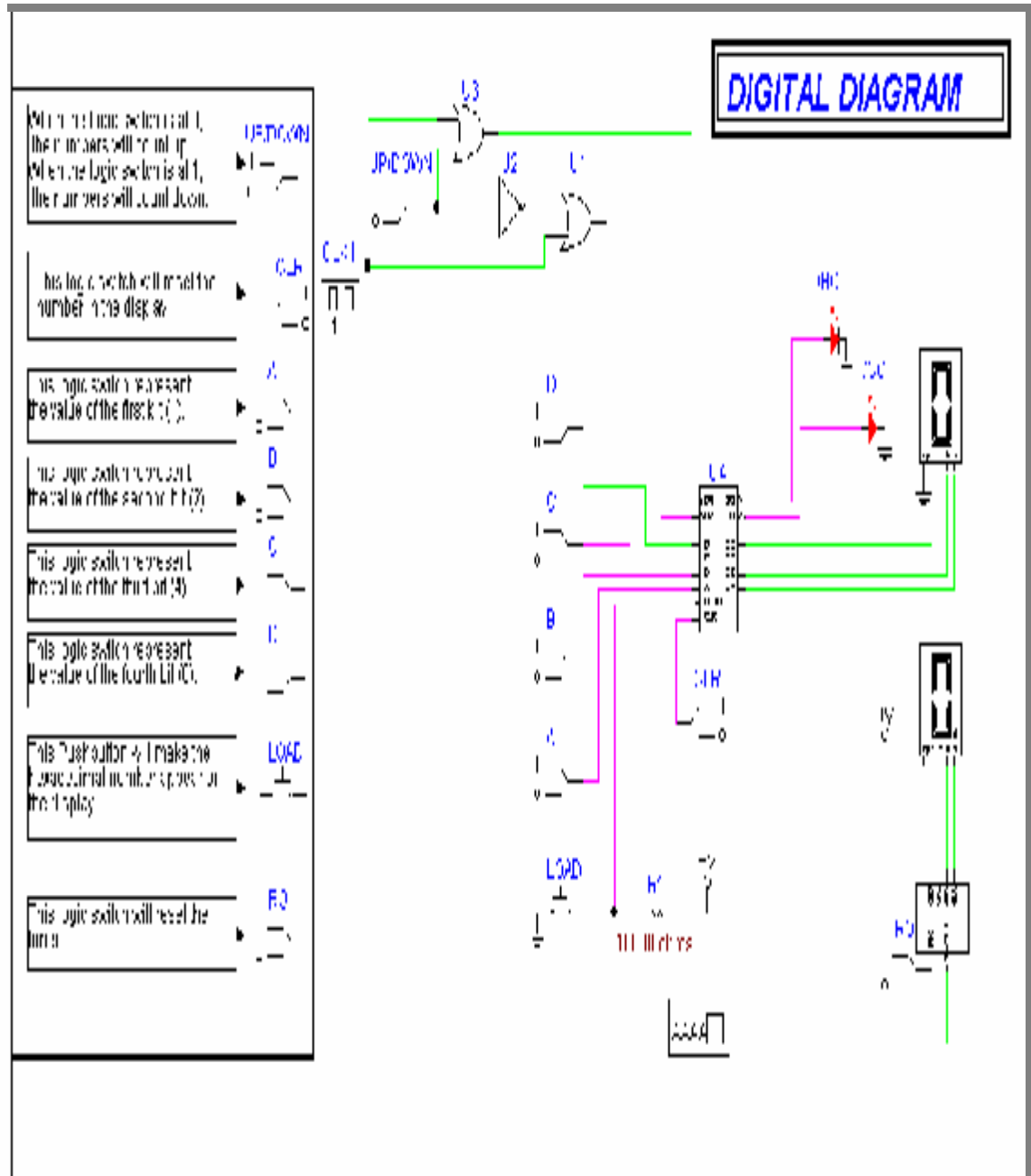
- Tecnología Eléctrica
- Tecnología Electrónica
- Tecnología Mecánica
- Tecnología Neumática/Hidráulica

Figura 4. Esquema Tecnología Eléctrica



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

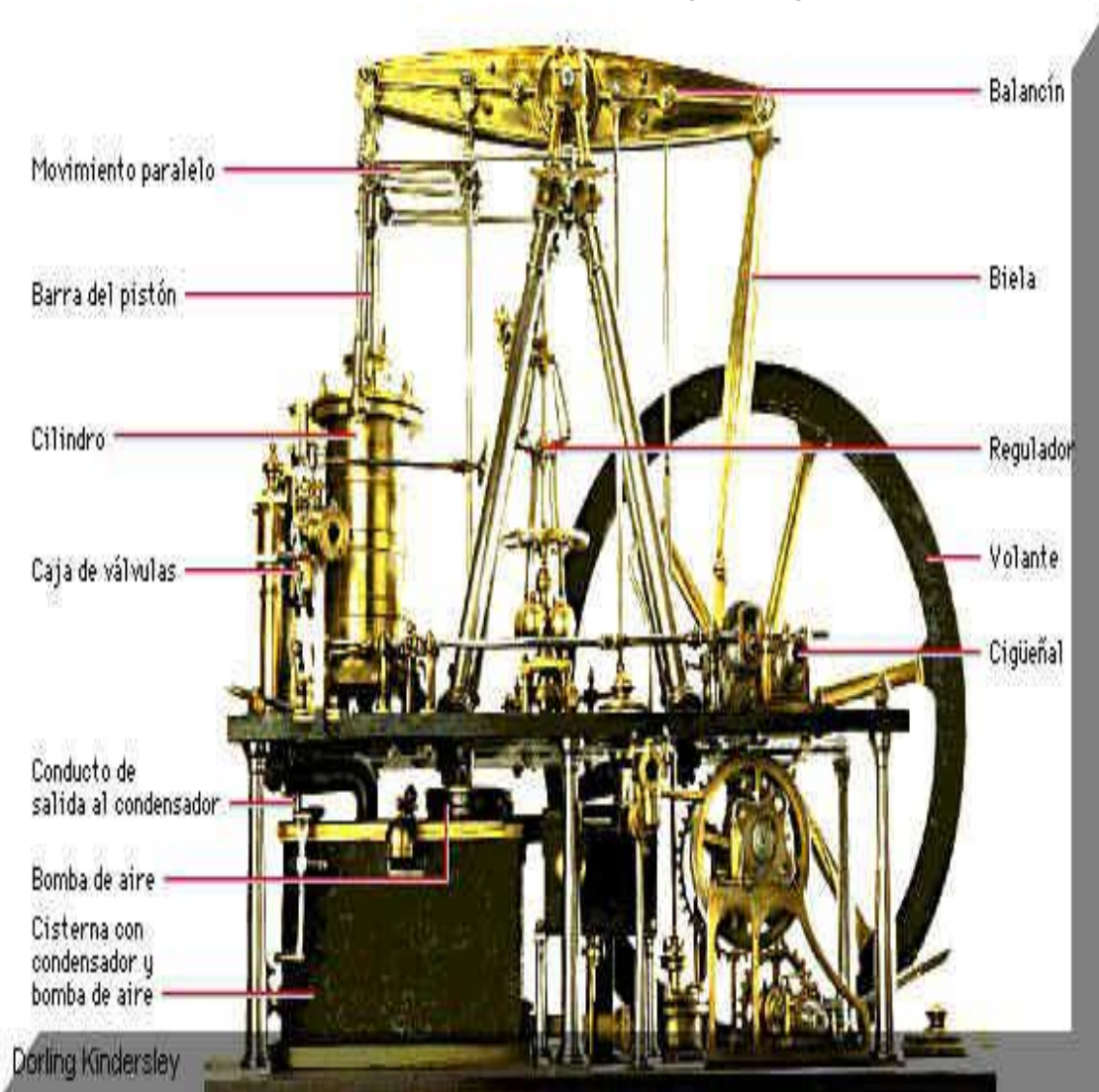
Figura 5. Esquema Tecnología Electrónica



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

Figura 6. Esquema Tecnología Mecánica

• MÁQUINA DE VAPOR DE WATT (1819)



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

Figura 7. Esquema Tecnología Neumática

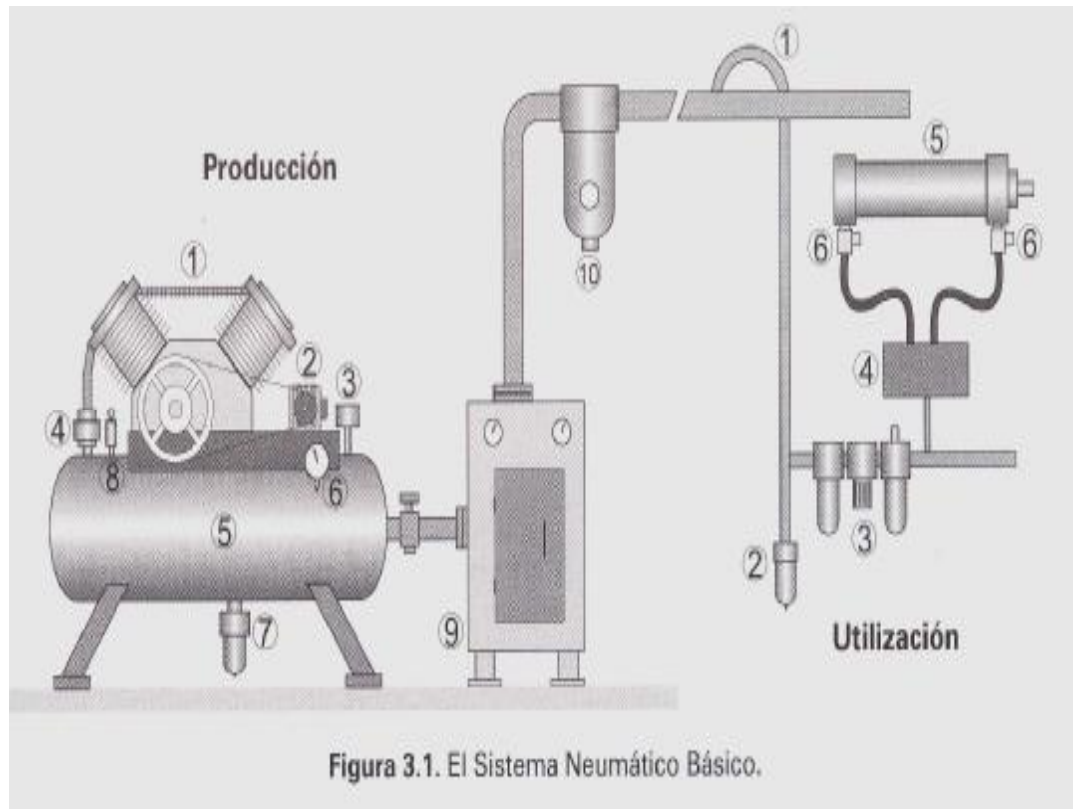


Figura 3.1. El Sistema Neumático Básico.

- | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| 1. Compresor | 2. Motor eléctrico | 3. Presostato | 4. Válvula antiretorno |
| 5. Depósito | 6. Manómetro | 7. Purga automática | 8. Válvula de seguridad |
| 9. Secador de aire refrigerado | 10. Filtro de línea | | |
-
- | | | |
|------------------------|---------------------|---|
| 1. Purga del aire | 2. Purga automática | 3. Unidad de acondicionamiento del aire |
| 4. Válvula direccional | 5. Actuador | 6. Controladores de velocidad |

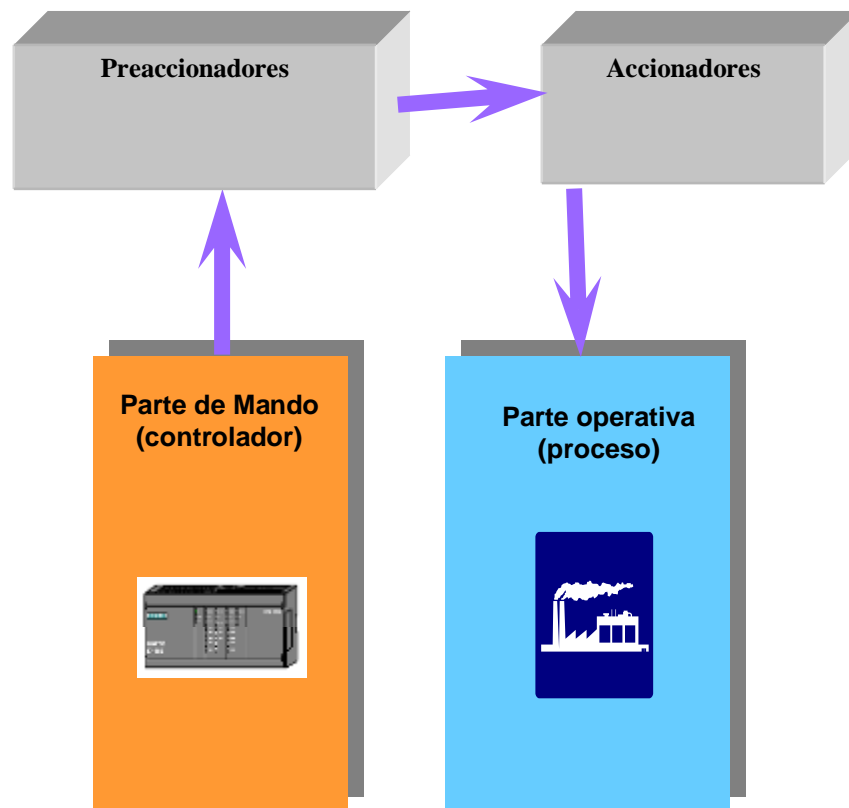
Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

1.1.6 Esquemas para un sistema automático

Figura 8. Sistema de control en lazo abierto

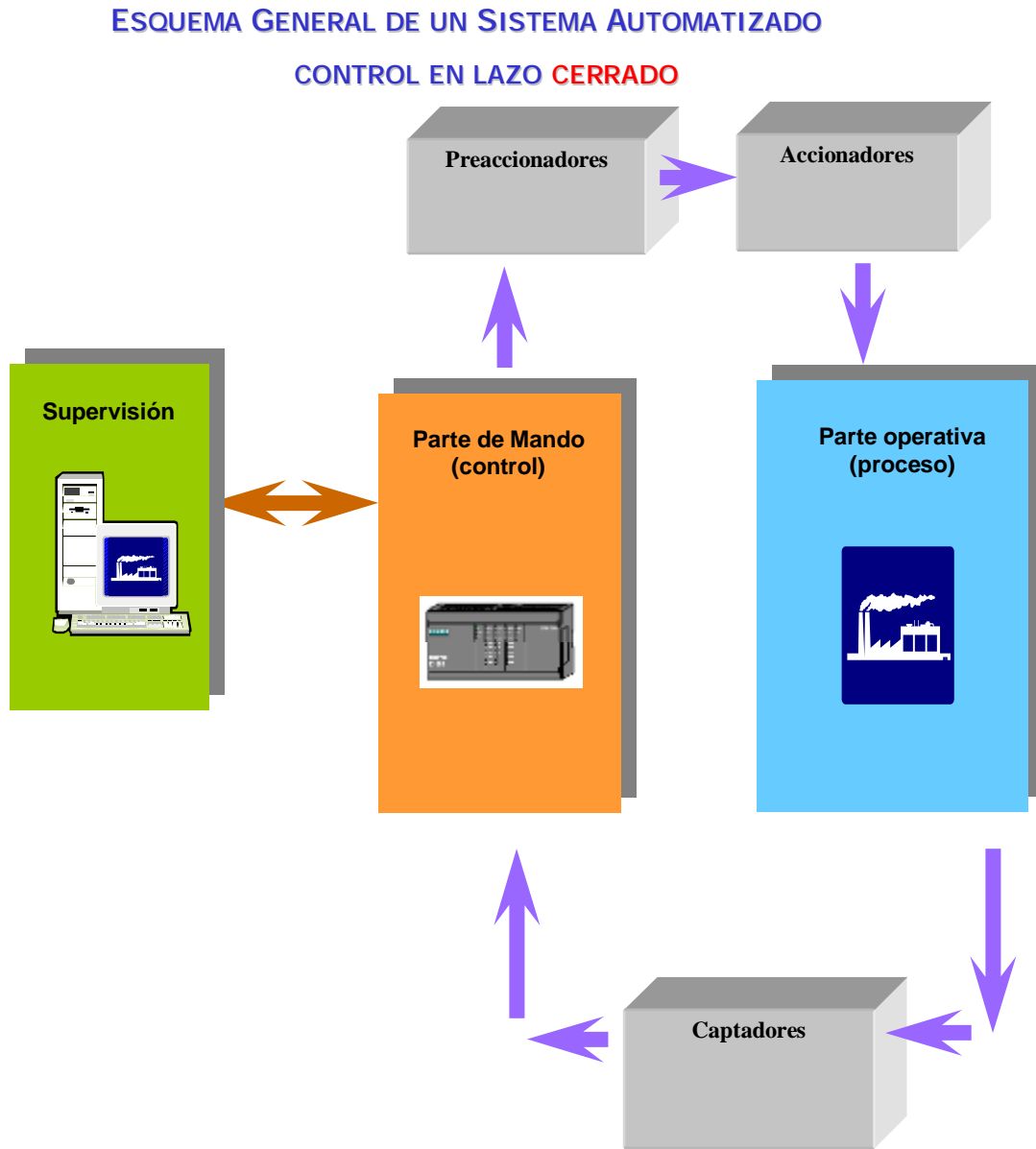
ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

CONTROL EN LAZO ABIERTO



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

Figura 9. Sistema de control en lazo cerrado



Fuente: Festo KG. **Informaciones técnicas, neumática**

1.2 La neumática en los procesos industriales

La neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación , almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

Por estas ventajas, las instalaciones de aire comprimido son ampliamente usadas en todo tipo de industrias, incluso en todo tipo de transporte, aéreo, terrestre y marítimo.

1.2.1 La evolución en la técnica del aire comprimido

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El descubrimiento consciente del aire como medio - materia terrestre - se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

El primero del que sabemos con seguridad que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

1.2.2 Rentabilidad de los equipos neumáticos

Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es muchas veces el aire comprimido.

Ejemplo: Traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas etc.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

1.2.3 Equipo que interviene en la instalación de un circuito neumático

a) Compresores en la neumática

Compresor: Aparato que sirve para comprimir un fluido, generalmente aire, a una presión dada. Existen dos categorías, las máquinas volumétricas (aumento de presión por reducción de volumen), y los turbocompresores (el aire arrastrado por una rueda móvil adquiere cierta velocidad, que se traduce en un aumento de presión en la rueda y en el difusor de salida).

El compresor de pistón o de émbolo es el más antiguo y extendido, se emplea exclusivamente para presiones elevadas.

En la primera carrera del émbolo, el aire es aspirado a una presión p_1 y el volumen aspirado varía de 0 a V_1 .

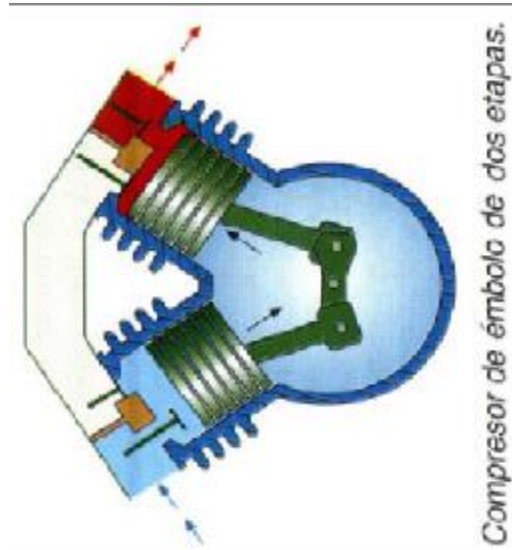
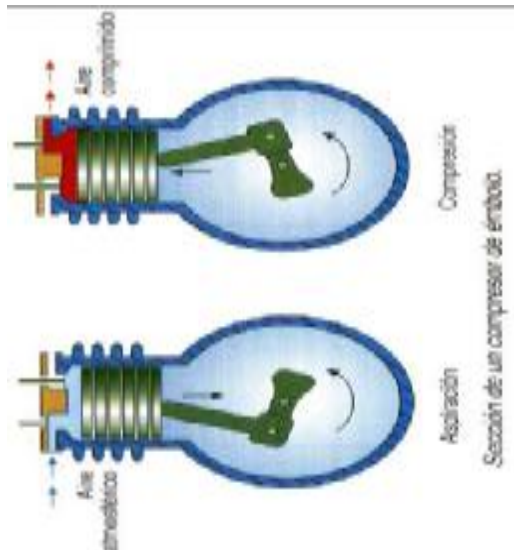
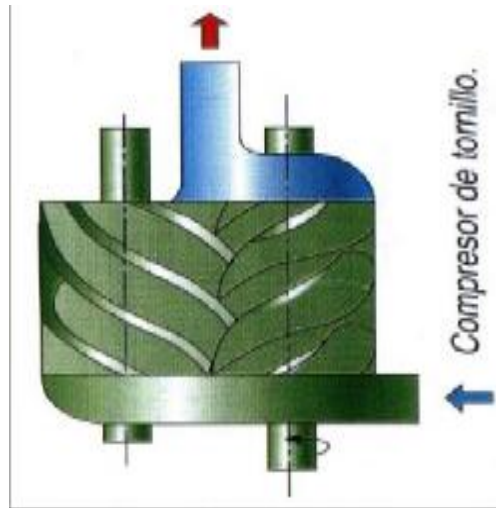
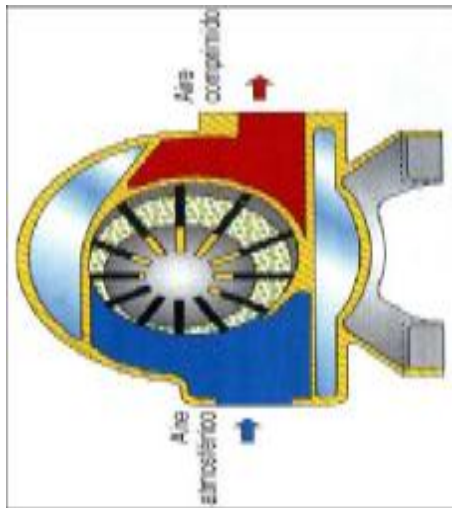
Al retroceder el émbolo, este aire es comprimido pasando de la presión p_1 a la presión p_2 , y su volumen varía de V_1 a V_2 . En la segunda parte o fase de la carrera el aire es expelido a presión p_2 .

Debido al trabajo de compresión, que desprende gran cantidad de calor, debe refrigerarse. Para presiones muy elevadas, se procede en varias fases, realizándose en cada una un coeficiente de compresión del orden de 6 a 7.

El compresor a émbolos libres del sistema Pescara comprende un motor diesel de dos tiempos, con dos émbolos opuestos, cada uno de los cuales está unido rígidamente a un pistón compresor. Por una de sus caras, este último impele el aire comprimido útil. El volumen de aire comprimido que queda en el cilindro, al final de la carrera forma un colchón neumático y provoca el retroceso.

Por su otra cara, el pistón compresor, durante la carrera motriz, aspira aire atmosférico que, en el retroceso, y merced al empuje del colchón neumático citado, impele hacia el motor; es el aire de barrido y el aire comburente del motor.

Figura 10. Tipos de Compresores en la industria



Fuente: www.festo.com

b) Válvulas en la neumática

Válvula de tres vías:

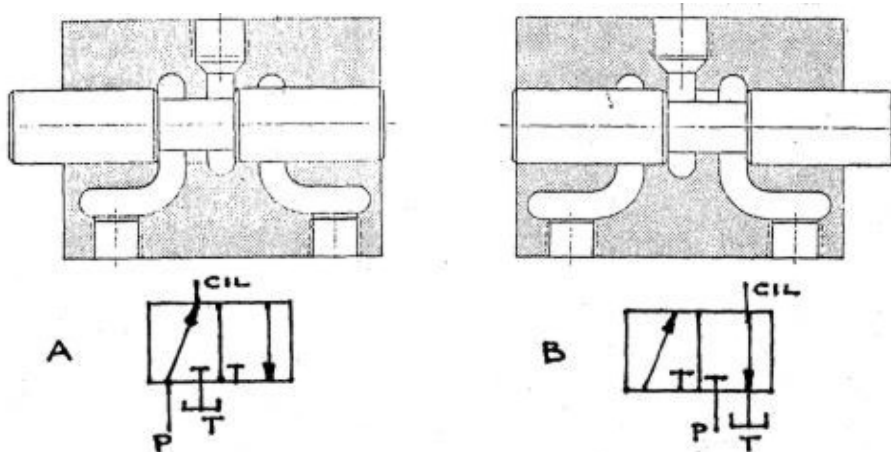
Esta es la primera de las válvulas que cambia la orientación de la corriente del fluido. En esta válvula como su nombre; lo indica, hay tres bocas de conexión o "puertas", la primera por donde entra la presión desde la bomba , la segunda que se comunica con el cilindro hidráulico y la tercera que es la conexión hacia el tanque o retorno .

En una válvula de dos posiciones, una de ellas se logra mediante un resorte que mantiene la corredera en una posición extrema, la posición se logra por una señal de mando, que puede ser manual, mecánica, eléctrica o por piloto hidráulico o neumático, que al producirse provocan el deslizamiento del husillo al lado opuesto, venciendo la tensión del resorte al comprimirlo.

Ésta válvula se emplea para controlar el accionamiento de cilindros de simple efecto y émbolos buzo , cuyo retorno se efectúa por la acción de un resorte a cargas exteriores que no requiere retorno hidráulico.

El aire que así circula por el sistema neumático , evidentemente debe ser dirigido convenientemente a los diversos cilindros, actuadores o motores, de acuerdo con las exigencias y secuencias del trabajo que se deba realizar.

Figura 11. Válvula de tres vías y 2 posiciones



Fuente: www.festo.com

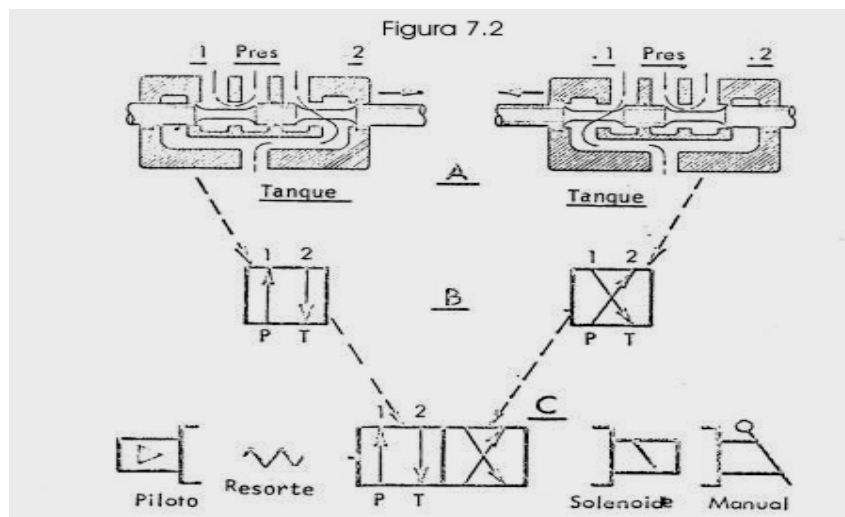
Válvulas de cuatro vías dos posiciones:

Cuando se trata de gobernar cilindros hidráulicos de doble efecto, o motores hidráulicos que requieren control direccional de flujo en ambos sentidos de la circulación, debe aplicarse una válvula de cuatro vías. En esta unidad existen cuatro bocas de conexión, la primera conectada a la entrada de presión, la segunda conectada al tanque y las dos restantes conectadas respectivamente a ambas caras del cilindro de doble efecto que deben gobernar.

En la válvula de cuatro vías tiene dos posiciones, como su nombre lo indica, la corredera o husillo estará únicamente situada en cualquiera de ambas posiciones extremas, vale decir, a un lado o al otro.

Cuando la válvula no este actuada, la presión P se comunica con la cara 1 del cilindro mientras que la cara 2 se encuentran conectada a la descarga del tanque T. Al invertir la posición del husillo, tal como observamos en la fig.11, también se invierten las conexiones y ahora la presión P está conectada a la cara 2 del cilindro mientras que la 1 se conecta a la descarga T.

Figura 12. **Válvula de cuatro vías y 2 posiciones**

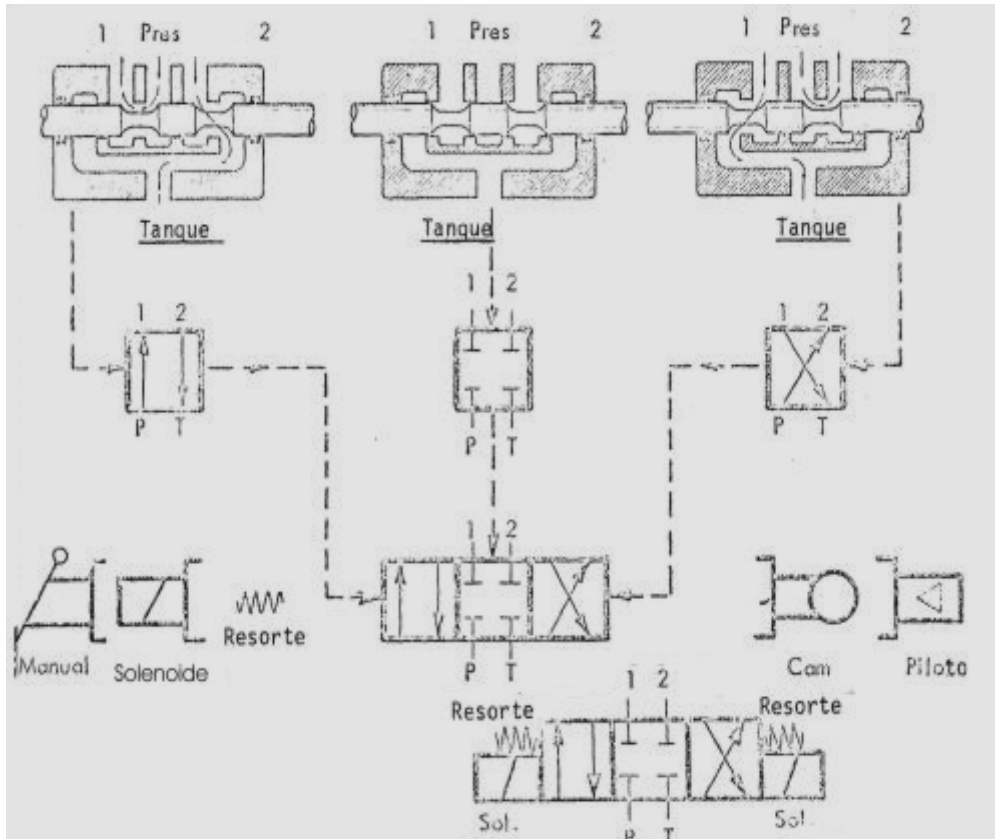


Fuente: www.festo.com

Válvula de cuatro vías tres posiciones:

Este es el tipo más popular y más conocido de válvulas de cuatro vías. Aquí, la corredera, aparte de tener dos posiciones extremas, también puede permanecer detenida en el centro mismo del cuerpo de la válvula, mediante un sistema de centrado por resorte o retención de bolilla u otro medio de retención mecánica.

Figura 13. Válvula de cuatro vías y 2 posiciones

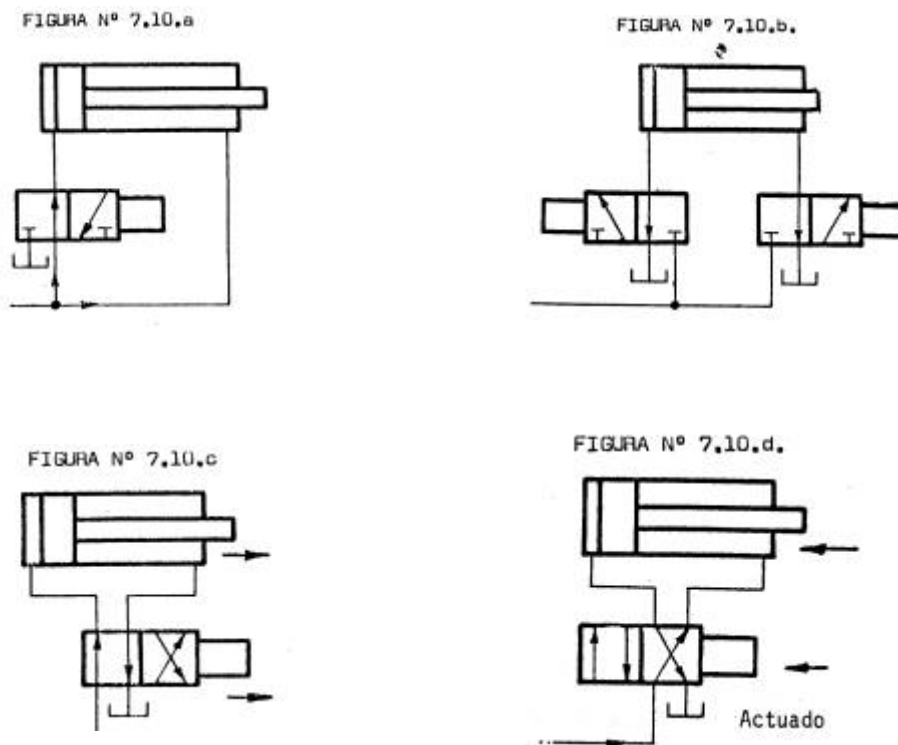


Fuente: www.festo.com

En este tipo de válvula, cuando la misma no esta actuada, la corredera se encuentra situada en su posición central. Al actuarse sobre la válvula el mando correspondiente a un extremo y al otro, la corredera se deslizará en un sentido o en el otro.

Es necesario destacar que el sistema de conexionado de las bocas o "puertas" de la válvula de cuatro vías en. el cuerpo de la misma es siempre el mismo cualquiera sea el fabricante que la manufactura. Las puertas vienen marcadas siempre P T A y B. El símbolo de esta válvula es esencialmente idéntico al símbolo de una válvula de cuatro vías, dos posiciones con la salvedad que se ha adicionado un tercer cuadrado entre los otros dos, y por tal razón al encontrarse en una posición central simboliza la posición central de la corredera, que es la tercera posición.

Figura 14. **Control direccional de cilindros de doble efecto.**



Fuente: www.festo.com

Captadores de posición sin contacto

En numerosos casos, sólo es posible transmitir señales sin contacto. Al efecto se pueden emplear captadores neumáticos.

Estos captadores pueden ser de dos tipos:

§ Detectores de paso

§ Detectores de proximidad

Detector de paso (barrera de aire)

El detector de paso consta de un emisor y un receptor. Ambos se alimentan de aire, exento de agua y aceite, por el empalme Px. La presión de alimentación es de 10 a 20 kPa (0,1 a 0,2 bar). El consumo de aire es, por eso, reducido ($V = 0,5 \sim 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$); para mantener el aire de alimentación exento de agua y aceite, antes de la instalación se emplea un filtro regulador de presión baja. Al objeto de garantizar un funcionamiento exacto, la distancia entre emisor y receptor no debe ser superior a 100 mm.

Funcionamiento: Se emite aire de ambas toberas (emisor y receptor). La tobera receptora emite aire para reducir el peligro de ensuciamiento y recibir una señal impecable en la conmutación. Por lo tanto, el chorro de aire de la tobera emisora perturba la salida libre del aire de la tobera receptora. Se crea una turbulencia, que produce una señal en la salida X de la tobera receptora [- 0,5 kPa (0,005 bar)]. Mediante un amplificador se refuerza esta señal hasta la presión deseada. Si se introduce un objeto entre ambas toberas, desaparece la señal en X de la tobera receptora y la válvula postconectada puede conmutar (la señal X es vuelve 0).

El detector de paso es sensible a las corrientes de aire, pues producen una desviación en el flujo que sale con poca energía. Por este motivo, debería instalarse en un lugar lo más protegido posible.

Aplicación: Contactor en máquinas, puestos de montaje, control de objetos - hay pieza/ no hay pieza -, montaje en salas en que existe el riesgo de explosiones.

Figura 15. Esquema de Detector de Paso con aire

Figura 136: Detector de paso

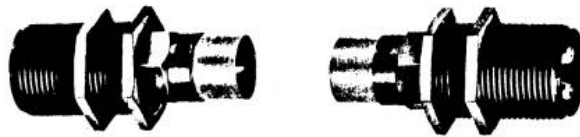
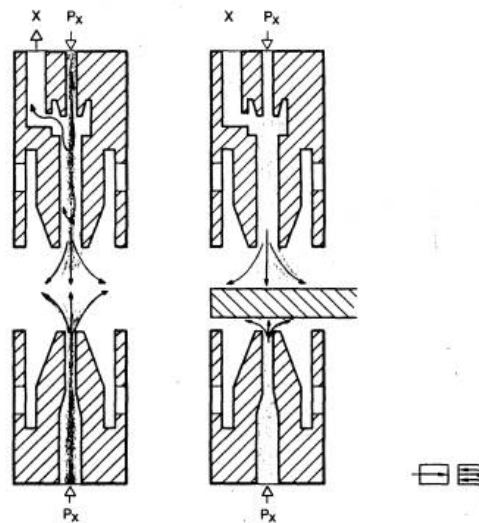


Figura 137: Detector de paso



Fuente: www.festo.com

Detector de paso (de horquilla)

Funcionamiento: El detector de paso se alimenta de aire comprimido por el empalme P_x Cuando no se encuentra ningún obstáculo entro el receptor y el

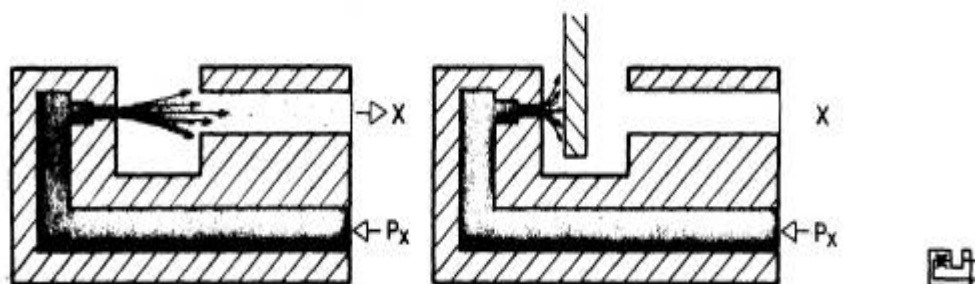
emisor, aparece en la salida X una corriente de aire (señal). Cuando un objeto Interrumpe el flujo de aire de Px a X, desaparece dicha señal en X. Esto permito realizar la conmutación de una válvula conectada.

La presión de alimentación en el empalme P, es de 10 a 800 kPa (0,1 a 8 bar). Para reducir el consumo de aire cuando las presiones son altas, recomendamos montar en la tubería de aire P, un regulador de caudal (válvula de estrangulación).

Aplicación: Detección sin contacto de objetos de hasta 5 mm de anchura, conteo y control de objetos.

Figura 16. **Esquema de Detector de Paso de horquilla**

Figura 138: Detector de paso (de horquilla)



Fuente: www.festo.com

Detector de proximidad (detector réflex):

Más simple o insensible a toda influencia perturbadora proveniente del ambiente es el principio de detección por reflexión. El detector de proximidad trabaja según este principio. Las toberas receptora y emisora están reunidas y forman un solo elemento. El detector de proximidad consiste en una tobera receptora, una tobera emisora, un estrangulador y una vaina protectora.

El empalme P, se alimenta de aire comprimido (presión de alimentación, 10-20 kPa/0,1 -0,2 bar). Esta presión sale a la atmósfera por el canal anular exterior. Por la salida del aire comprimido se produce una depresión en la tobera interior.

En ejecuciones especiales, la separación es de 20 mm. Las suciedades, ondas sonoras, peligros de explosión, oscuridad, objetos - transparentes o antimagnéticos no tienen ninguna influencia desfavorable sobre su funcionamiento.

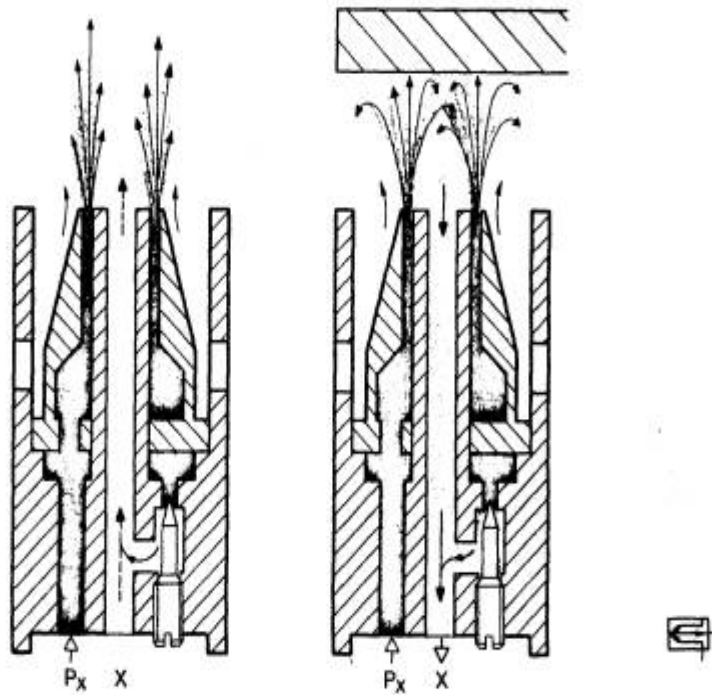
Este detector se utiliza en todos los sectores de la industria, por ejemplo, en los dispositivos de control de herramientas de prensado y estampado, en mandos de centrado automático, de conteo y control de objetos, ya sea en la Industria textil o de envases, como control de cargadores y detector de partes chapadas de muebles en la Industria maderera.

Figura 17. Esquema Detector de proximidad

Figura 139: Detector de proximidad



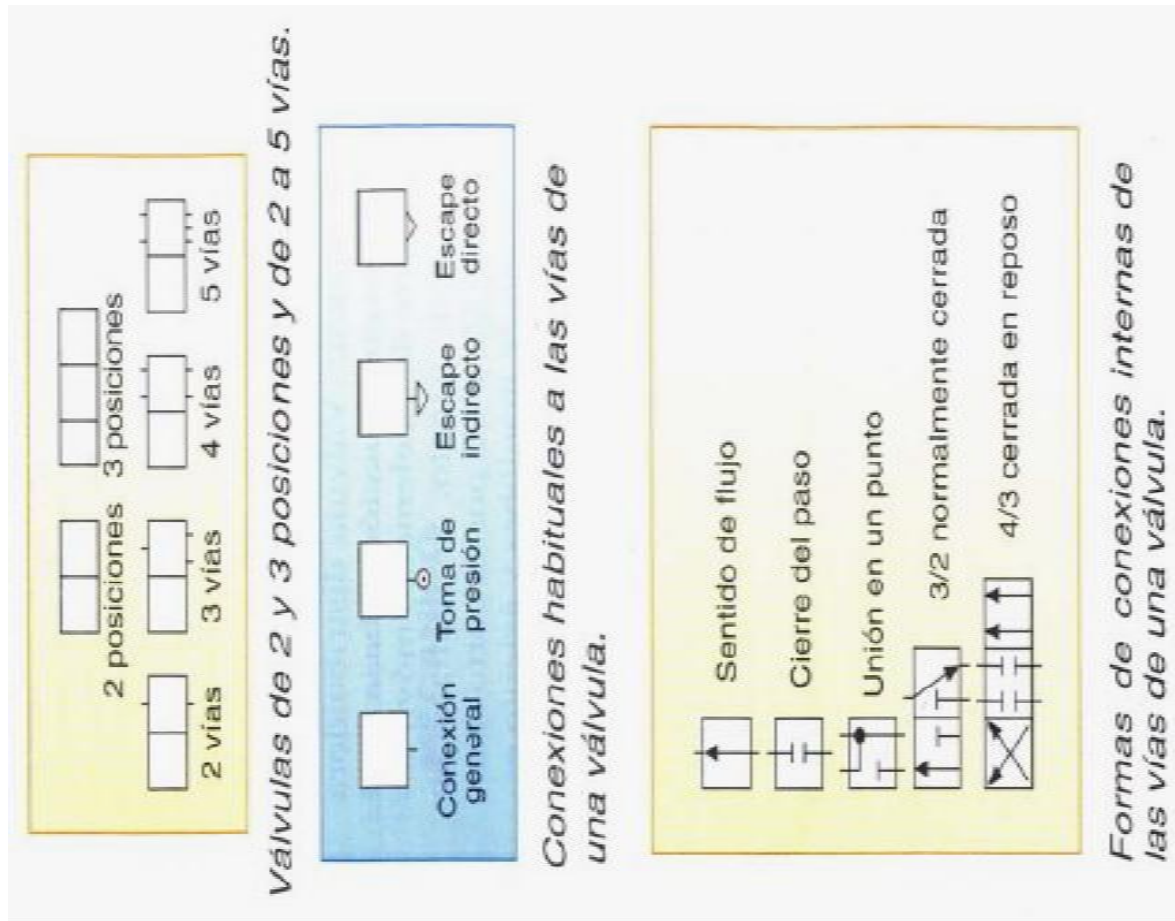
Figura 140: Detector de proximidad



Fuente: www.festo.com

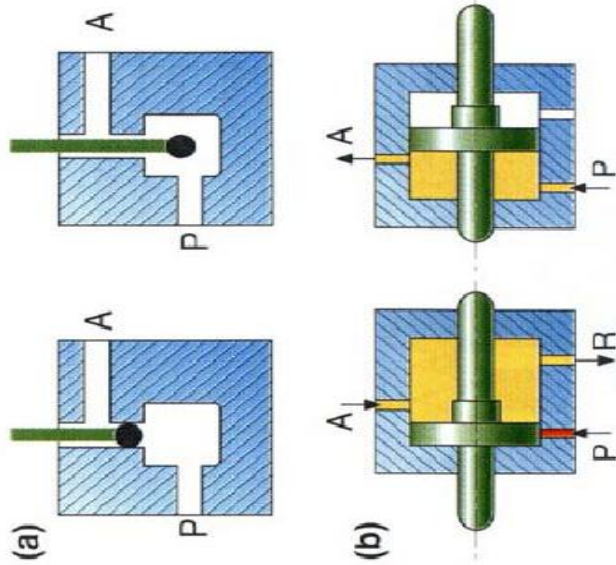
Conexiones y posiciones en las válvulas:

Figura 18. Posicionamiento de válvulas



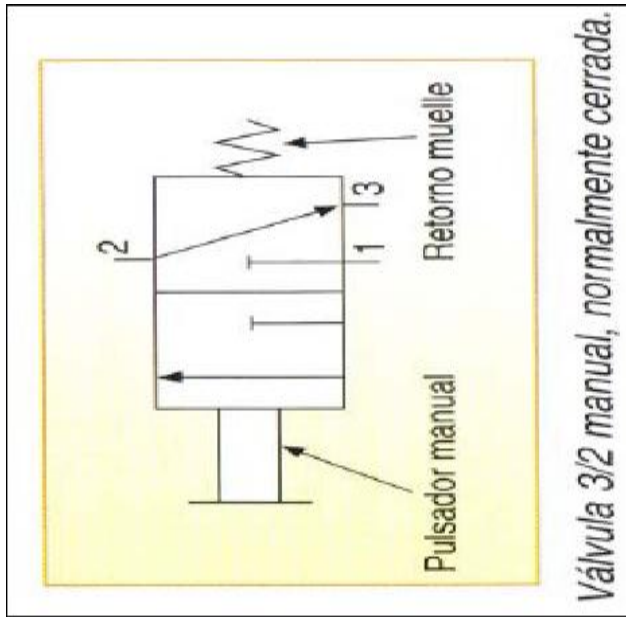
Fuente: www.festo.com

Figura 19. Conexiones de válvulas



a) Válvula de asiento de la bola de 2/2, normalmente cerrada.

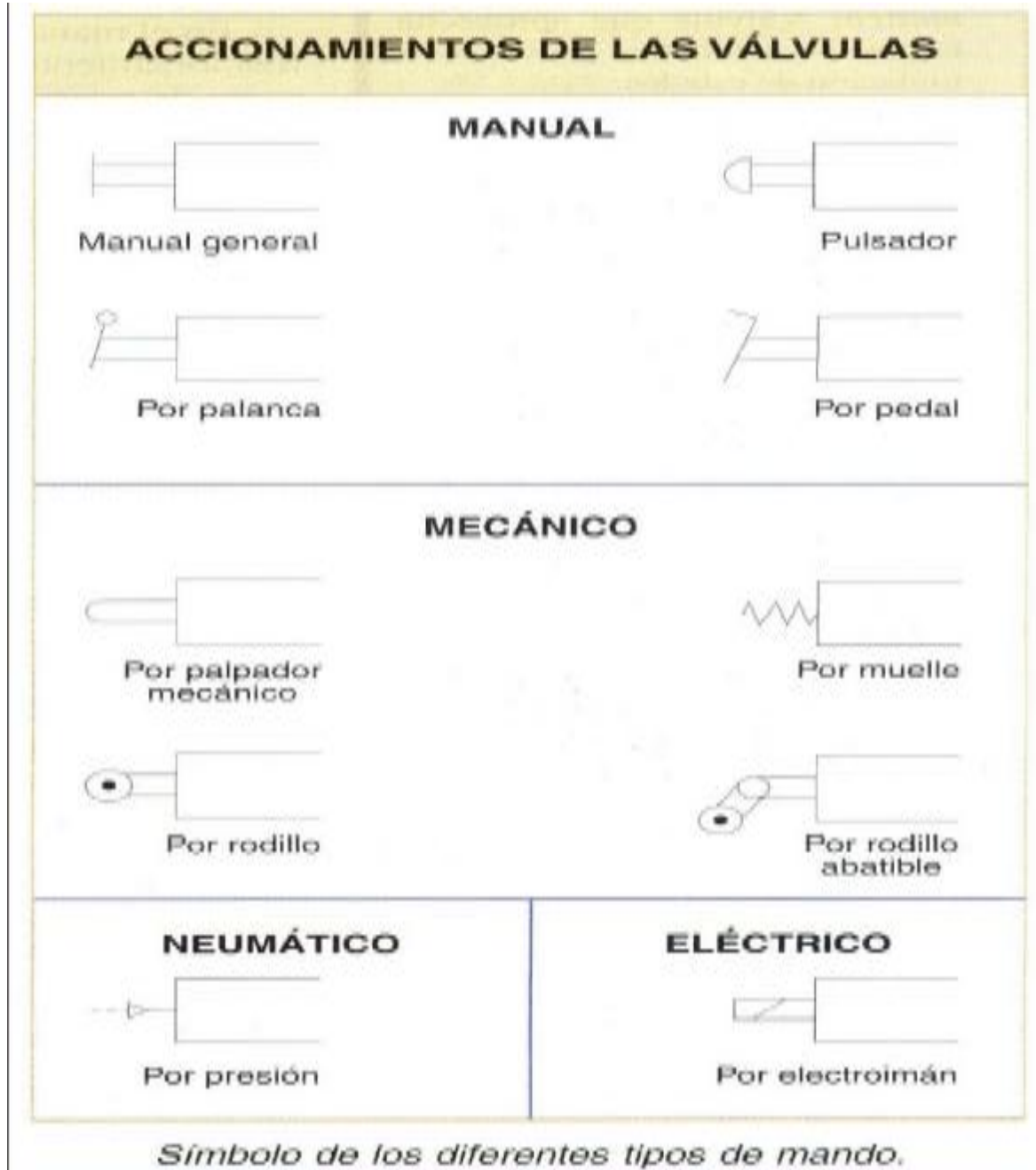
b) Válvula de corredera 3/2.



Válvula 3/2 manual, normalmente cerrada.

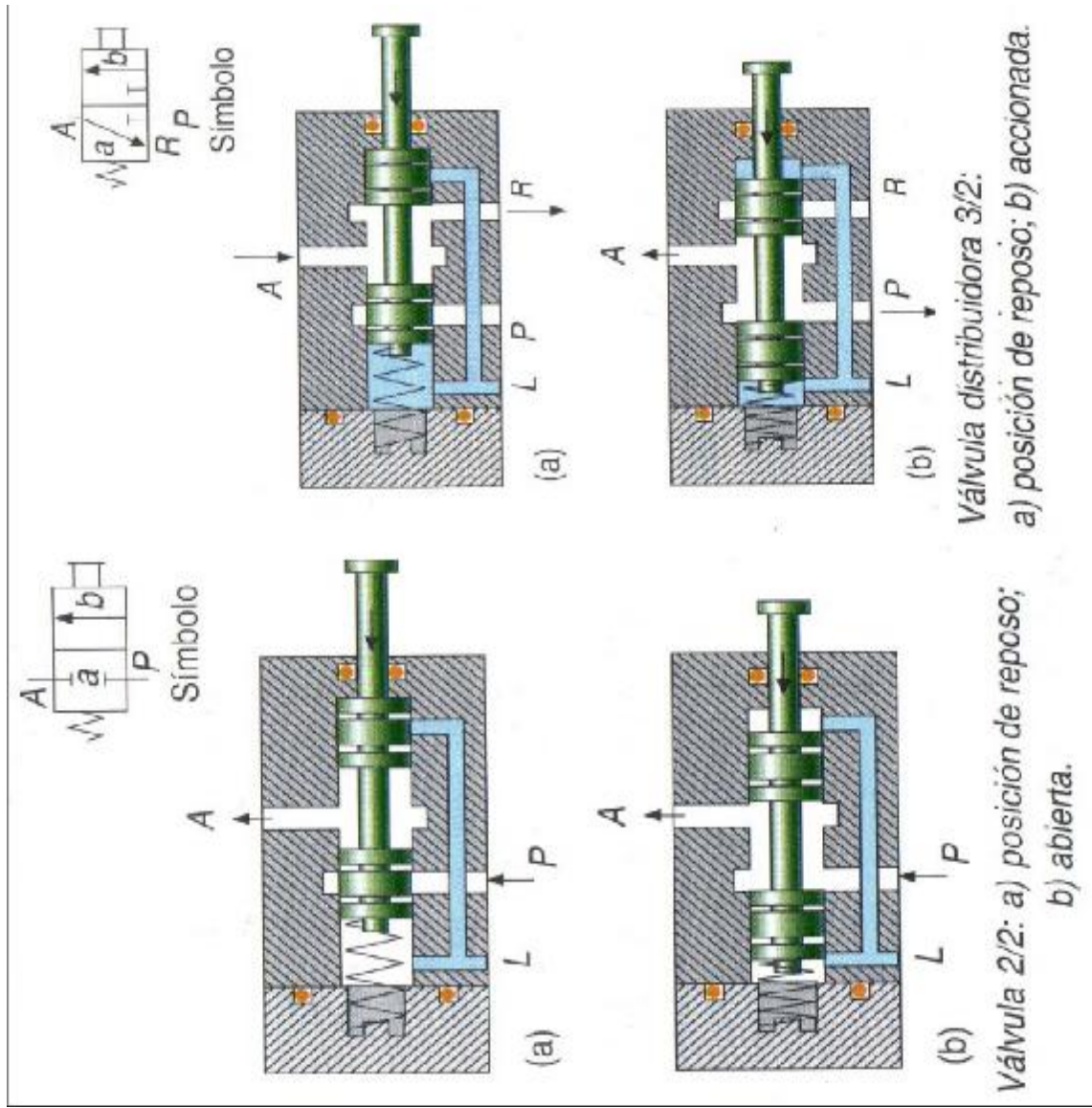
Fuente: www.festo.com

Figura 20. Mandos de válvulas Standard



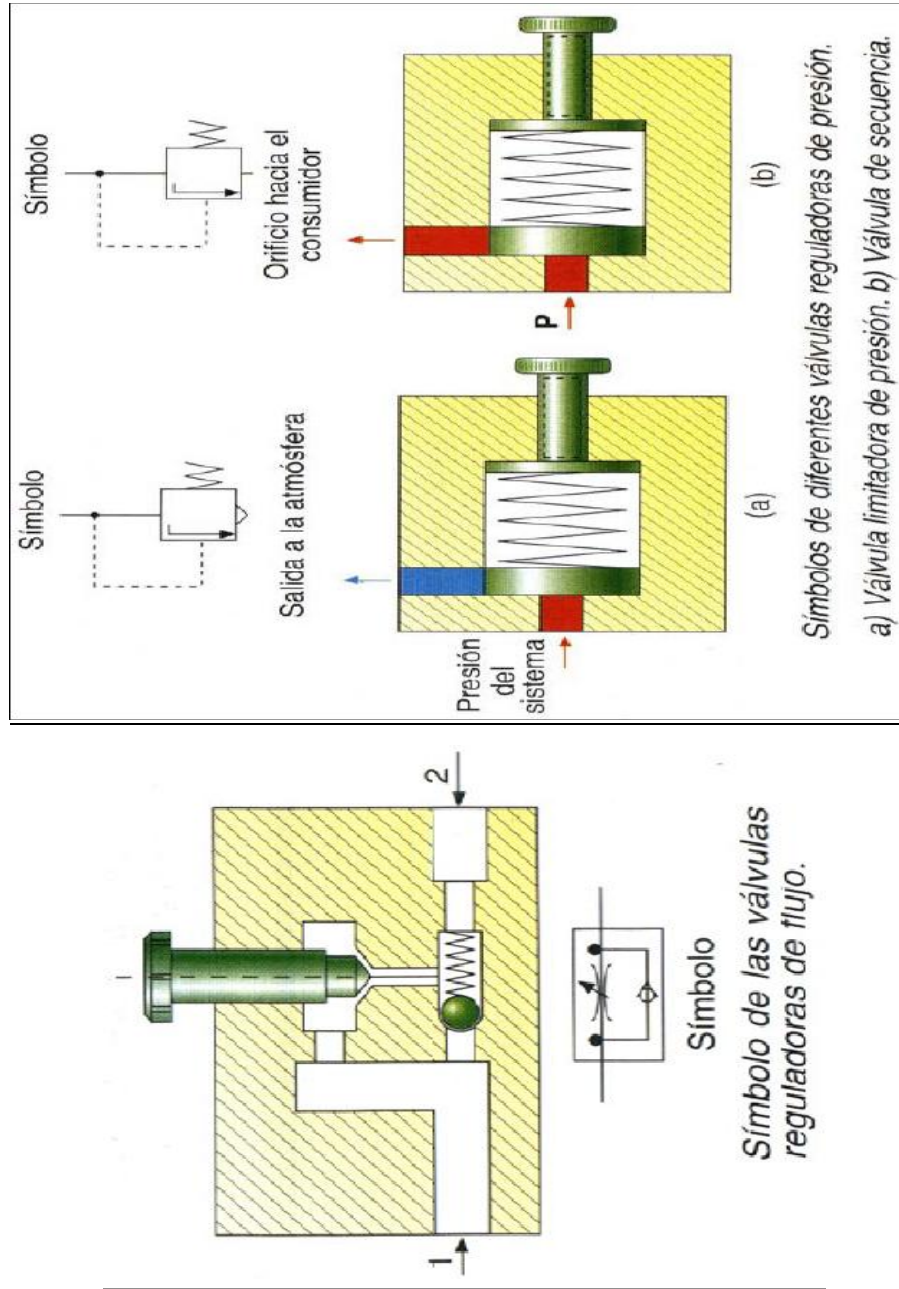
Fuente: www.festo.com

Figura 21. Forma constructiva de válvulas



Fuente: www.festo.com

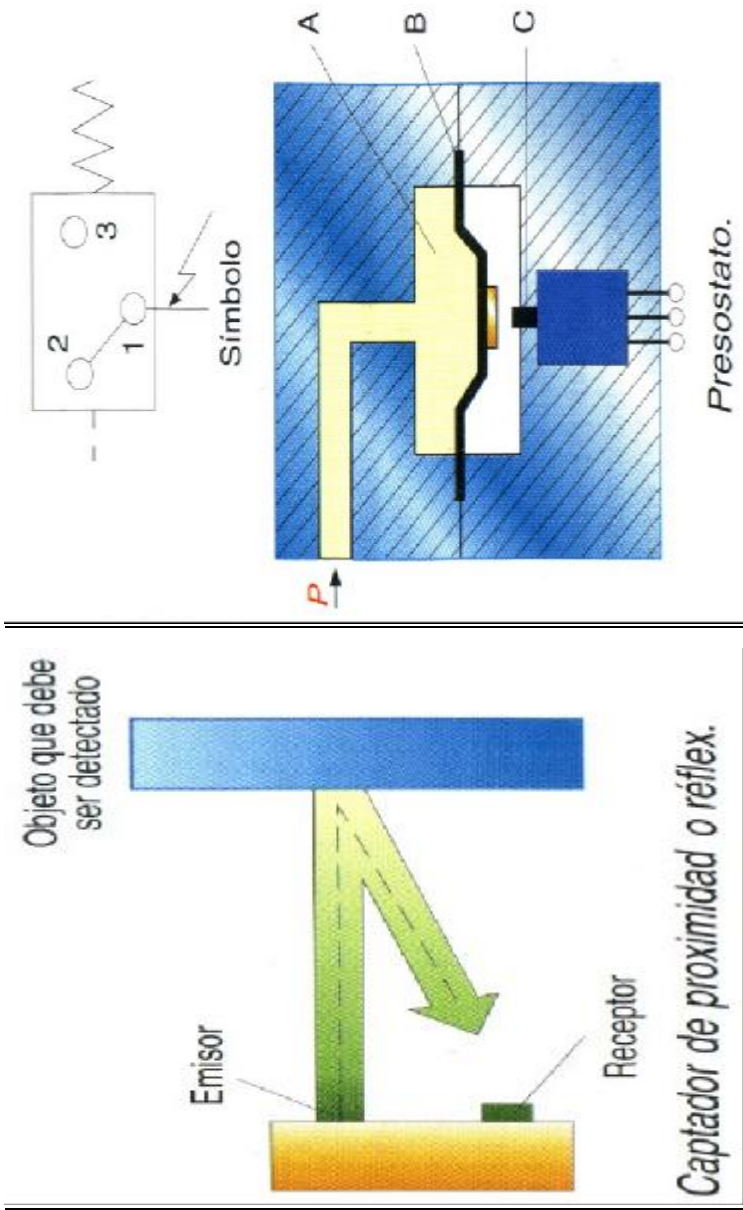
Figura 22. Válvulas de presión y de flujo



Símbolos de diferentes válvulas reguladoras de presión.
a) Válvula limitadora de presión. b) Válvula de secuencia.

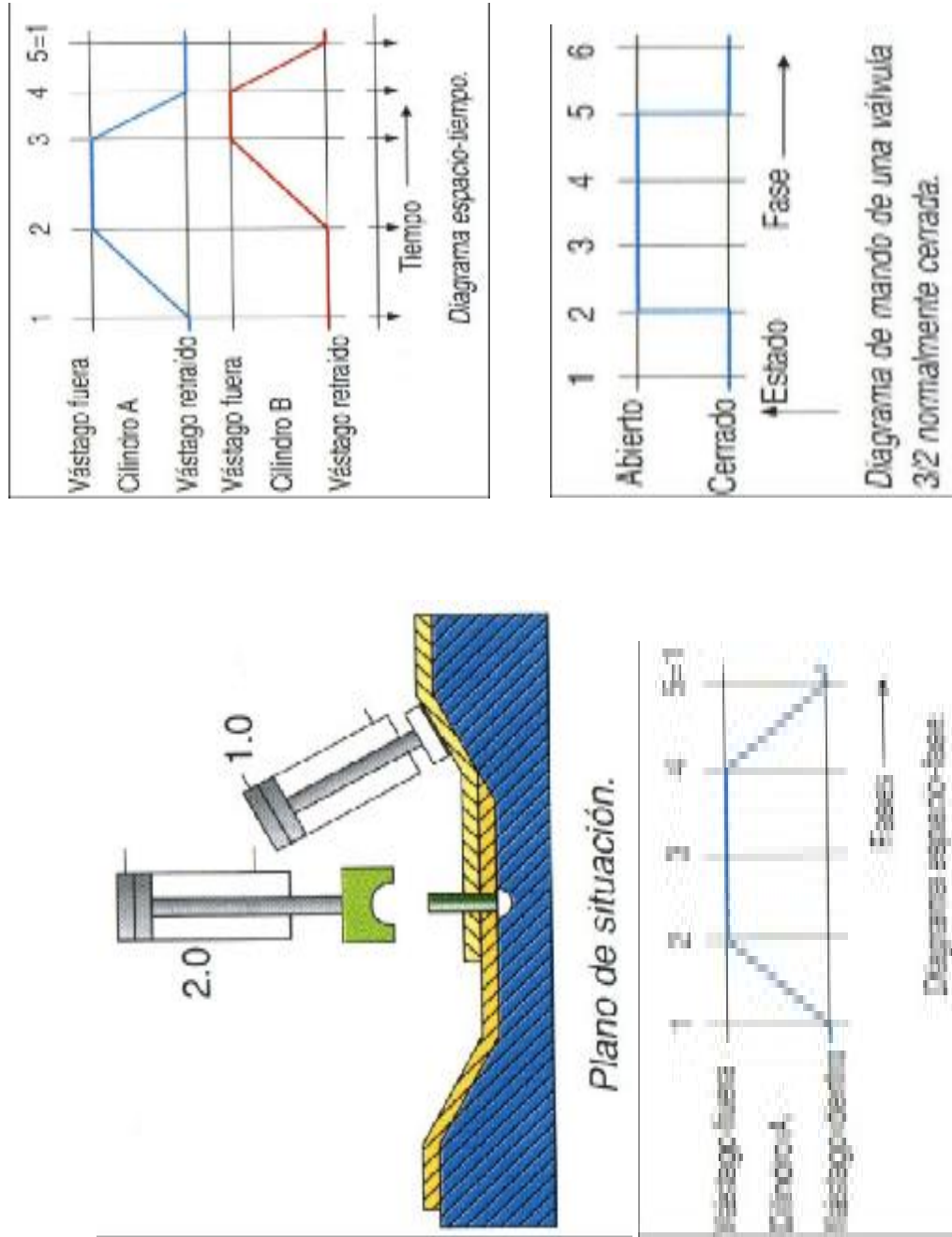
Fuente: www.festo.com

Figura 23. Detectores de proximidad



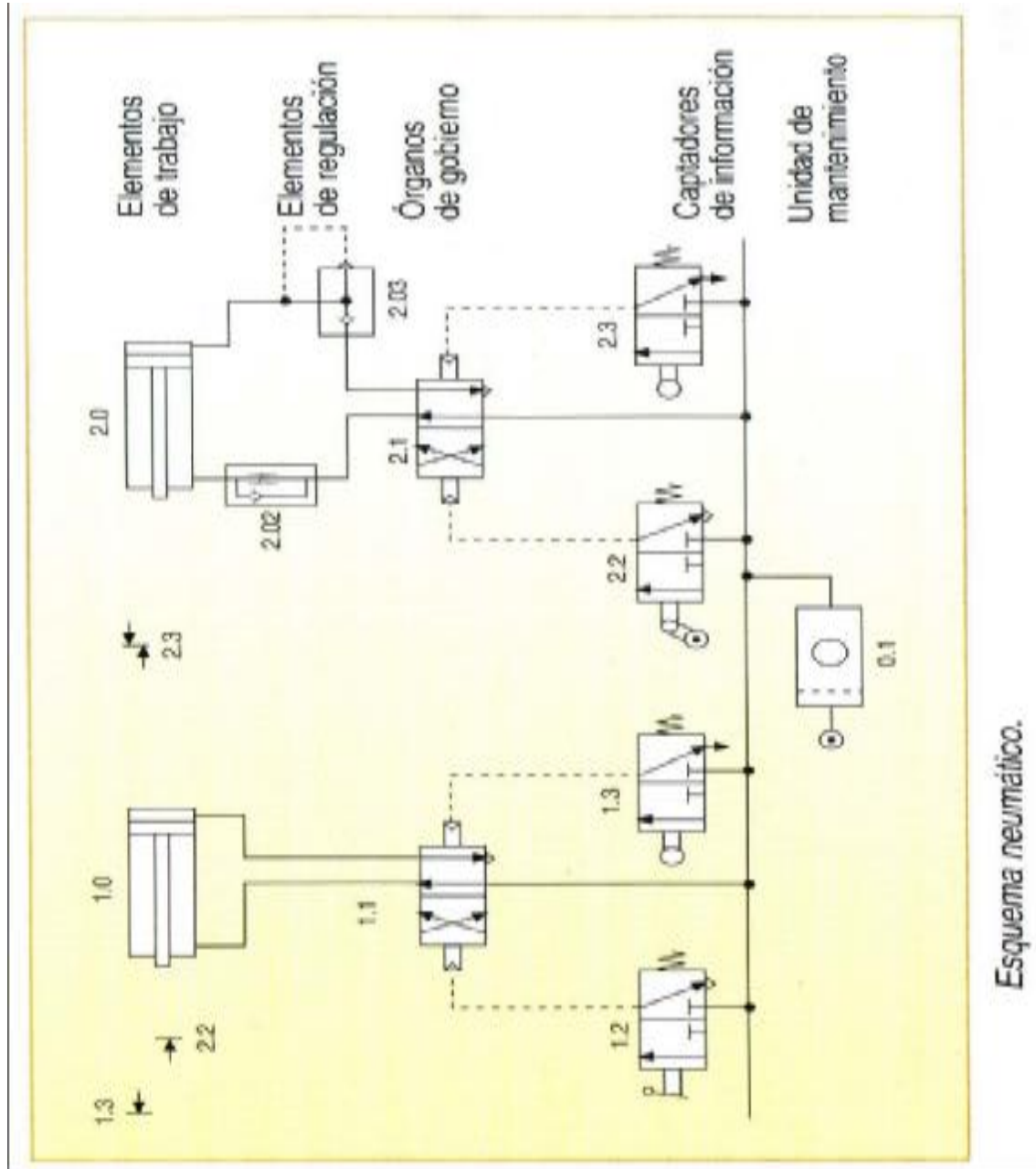
Fuente: www.festo.com

Figura 24. Diseño de circuitos



Fuente: www.festo.com

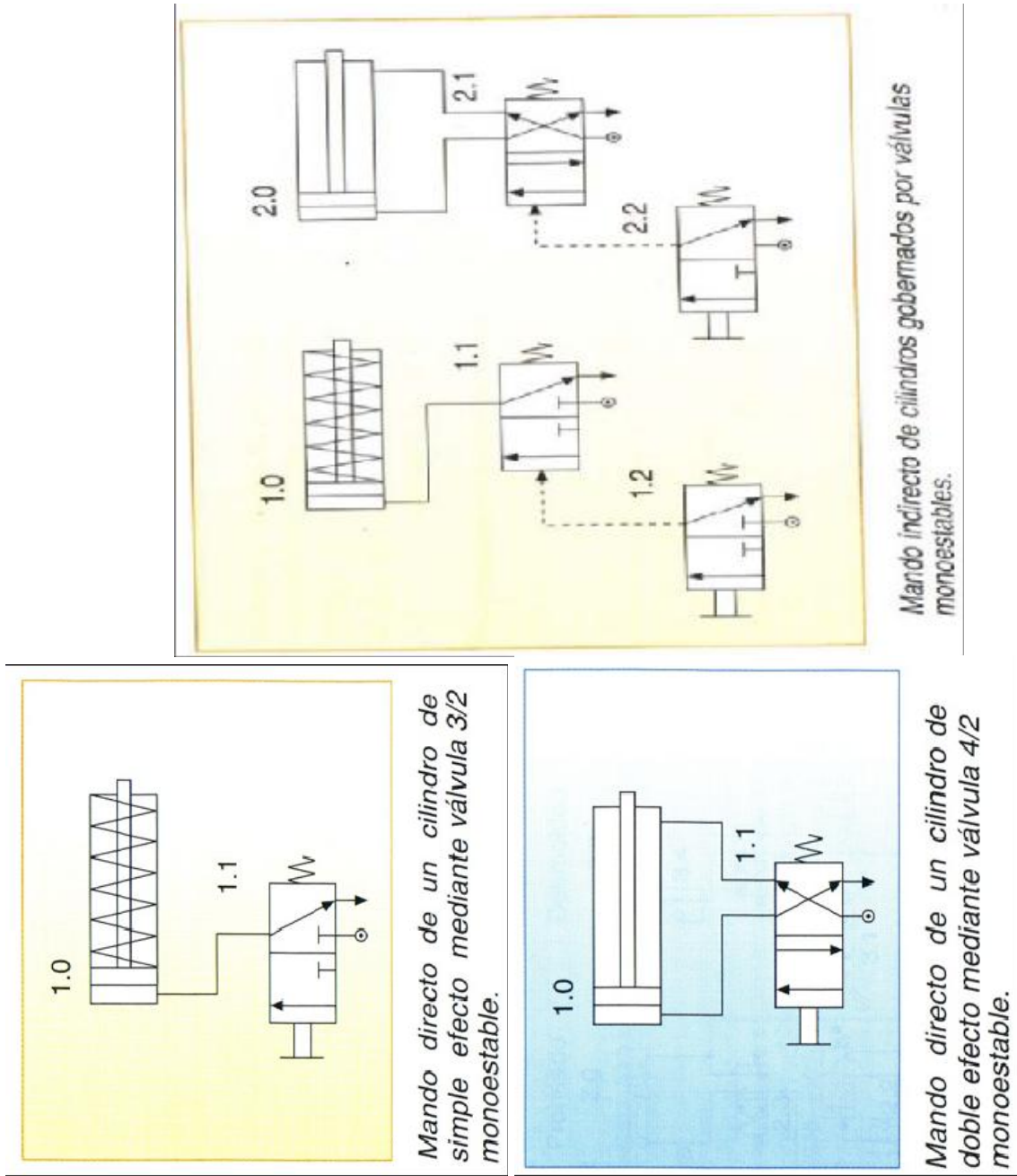
Figura 25. Esquema Neumático



Esquema neumático.

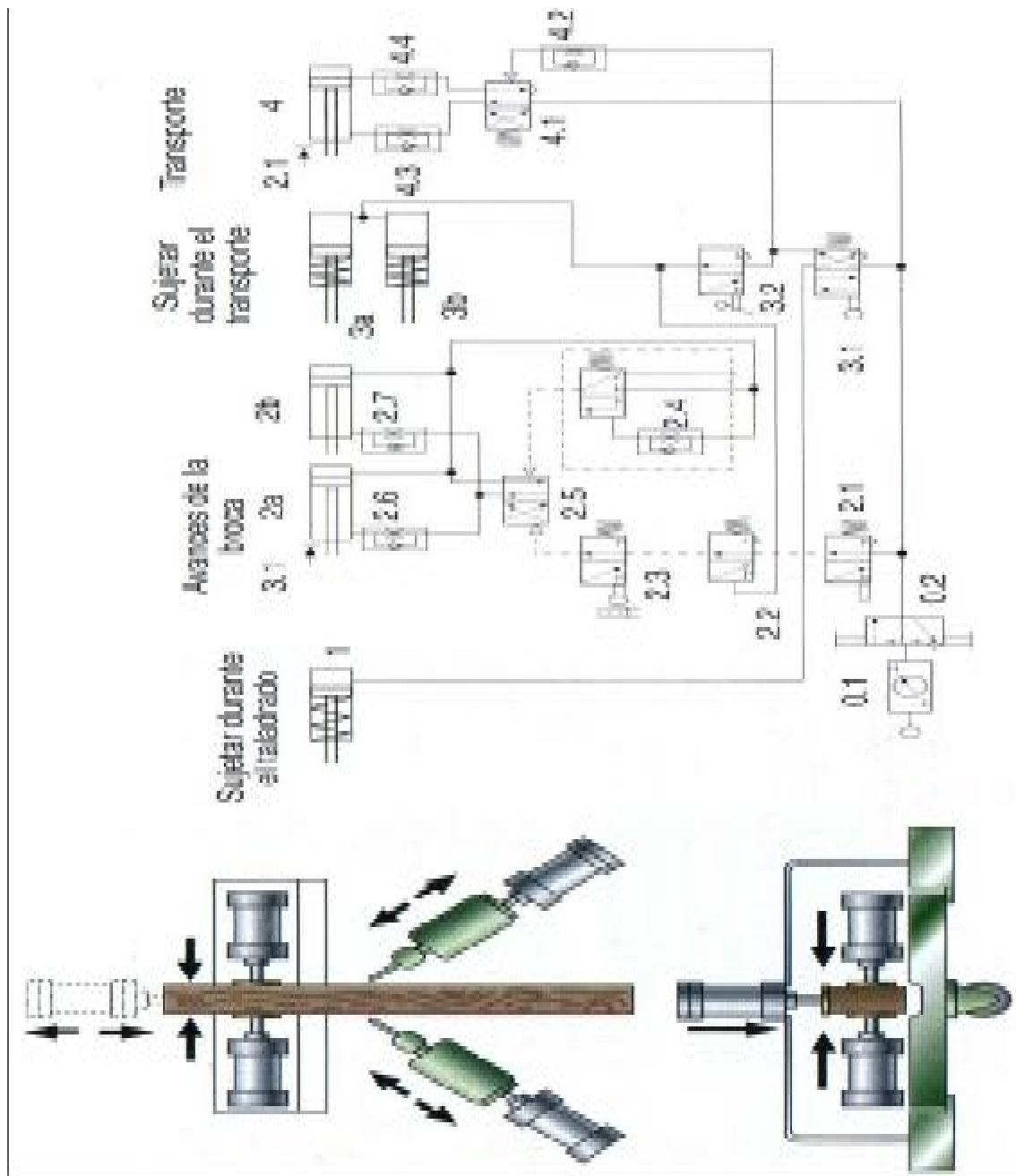
Fuente: www.festo.com

Figura 26. Tipos de Mando en válvulas



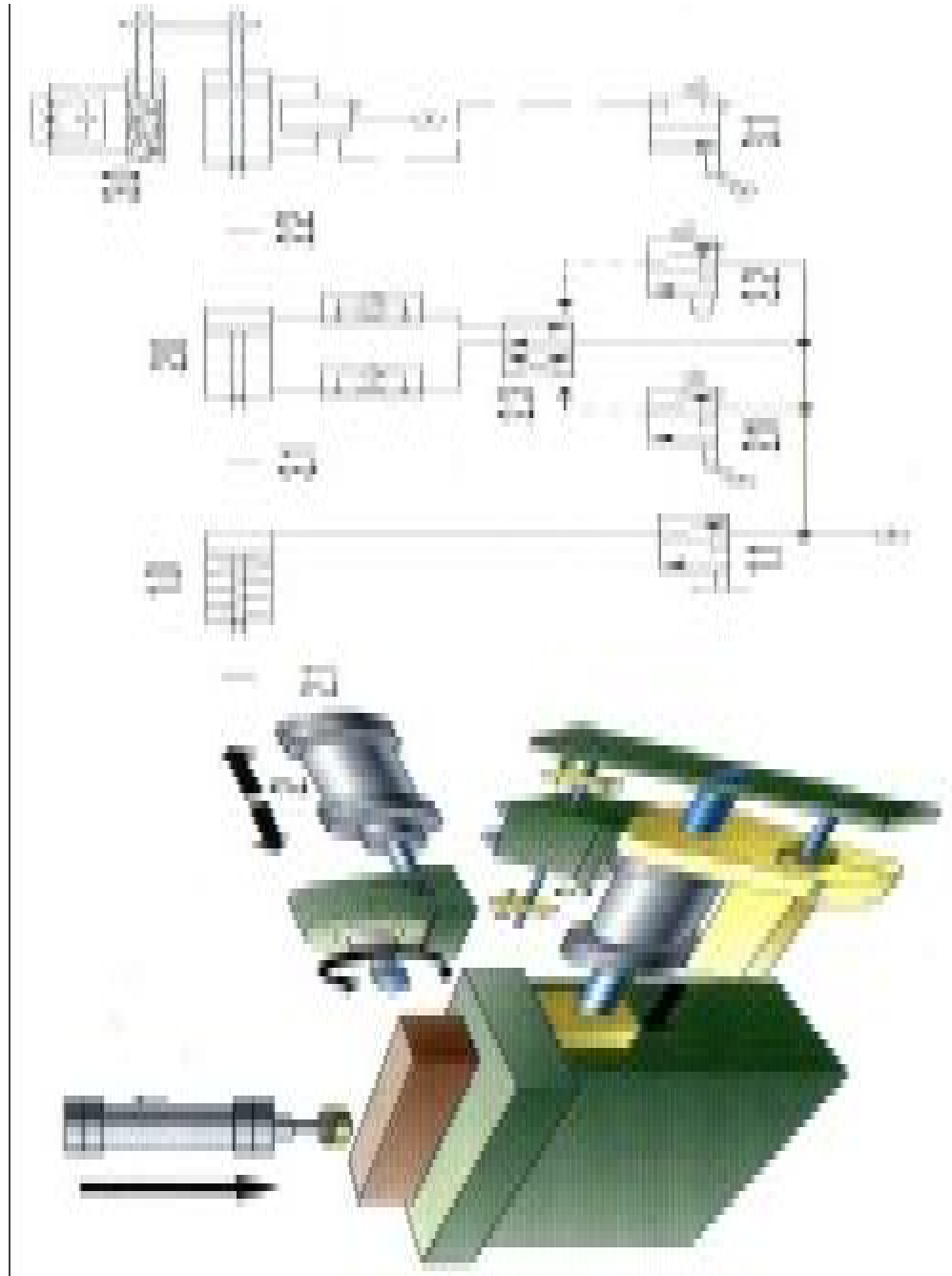
Fuente: www.festo.com

Figura 27. Aplicación neumática 1



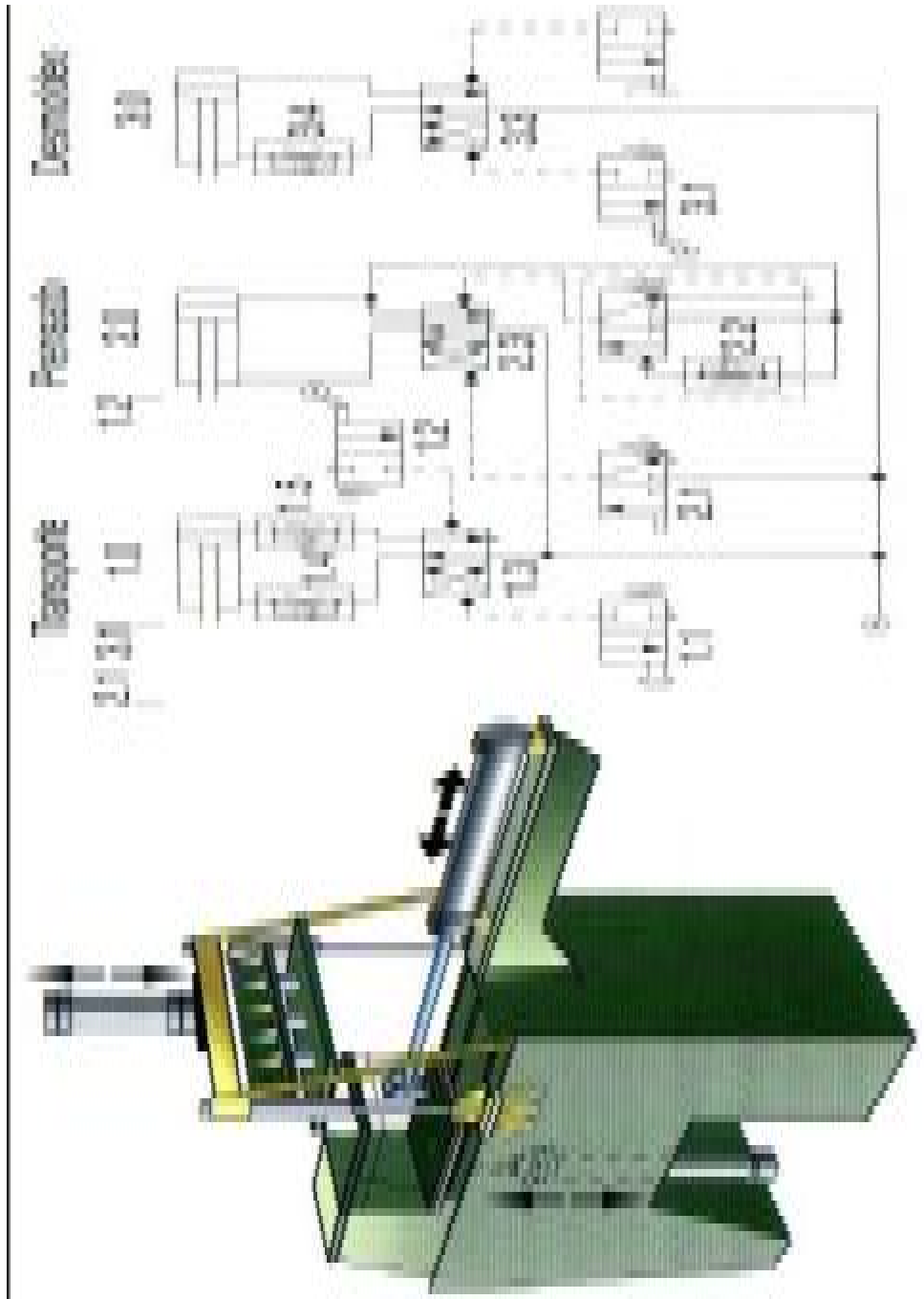
Fuente: www.festo.com

Figura 28. Aplicación neumática 2



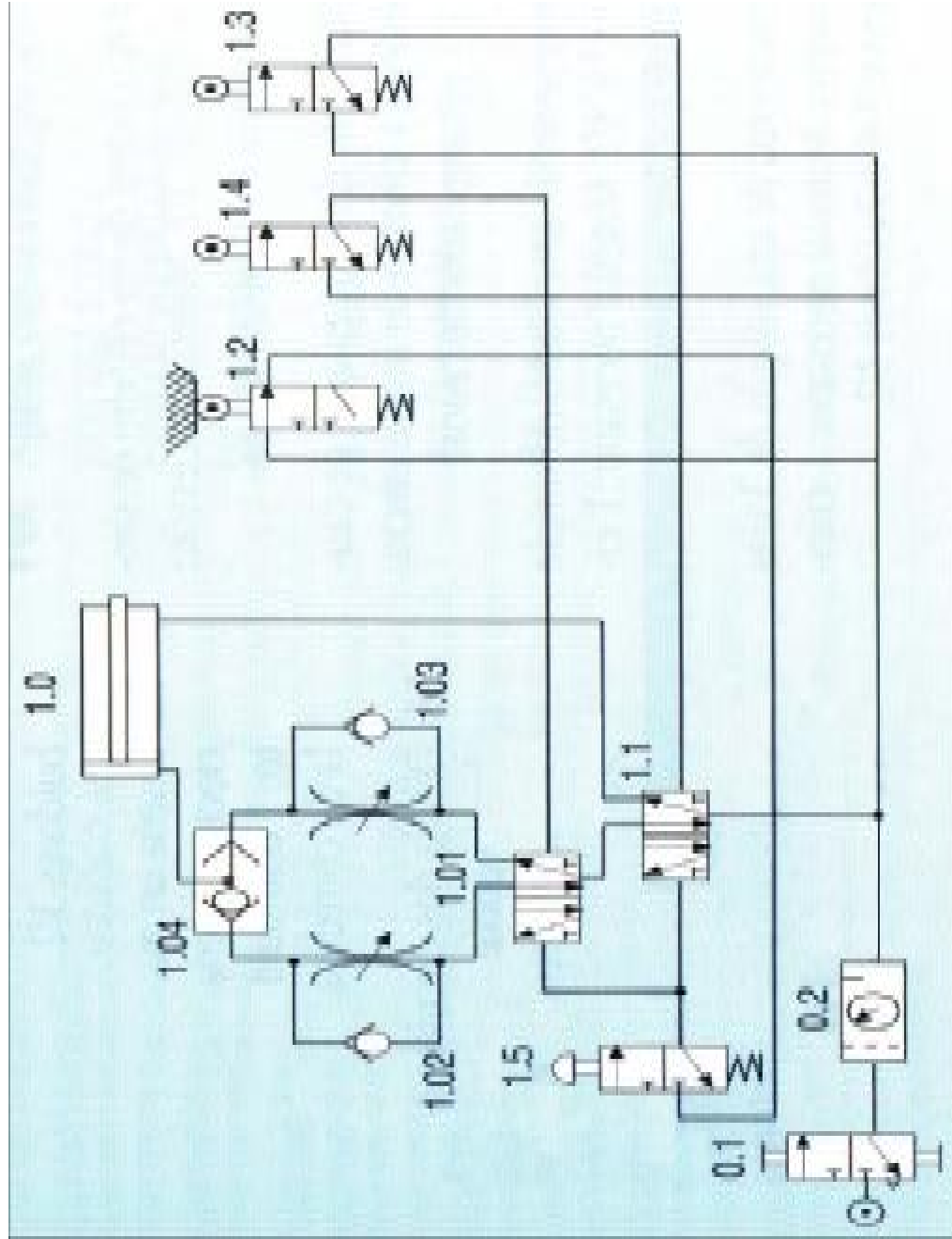
Fuente: www.festo.com

Figura 29. Aplicación neumática 3



Fuente: www.festo.com

Figura 30. Aplicación neumática 4



Fuente: www.festo.com

1.3 Electroneumática y control por PLC:

Los procesos productivos en diversas ramas de la industria utilizan cada vez con más frecuencia, equipos complejos compuestos por sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos, los cuales, interactúan entre sí para lograr que los sistemas productivos trabajen con mayor flexibilidad, versatilidad, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía.

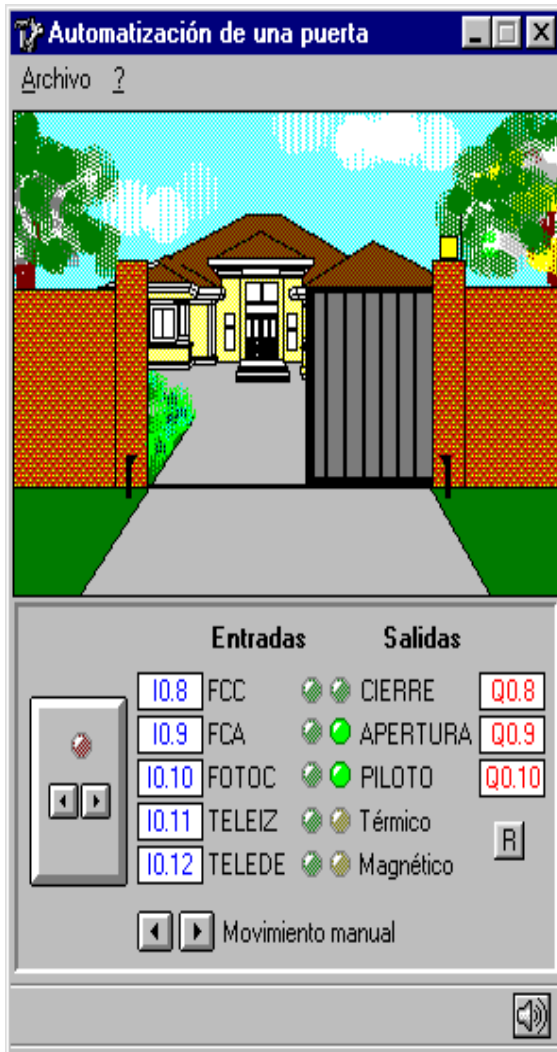
Por esta razón, existe la necesidad de especializar a profesionales de las áreas afines, dándoles un alto nivel de conocimientos y competencias tecnológicas, que les permita hacerse cargo de la supervisión de la operación y del mantenimiento de dichos sistemas.

1.3.1 Aplicaciones de Electroneumática y PLC

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

El computador y los controladores programables ha intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

Figura 31. **Aplicación 1 de electroneumática y PLC**



Esta instalación de PL-Sim les propone una clásica aplicación de la automatización en la domótica: una puerta eléctrica.

La parte superior de la ventana muestra el escenario de la entrada de una casa. En primer plano vemos la puerta, que dispone de un final de carrera de apertura y cierre, célula fotoeléctrica, motor eléctrico y luz intermitente.

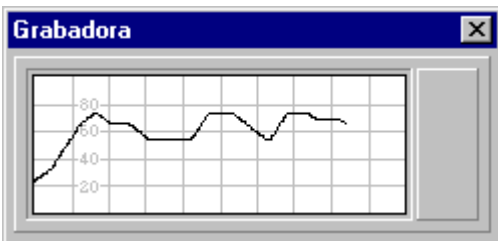
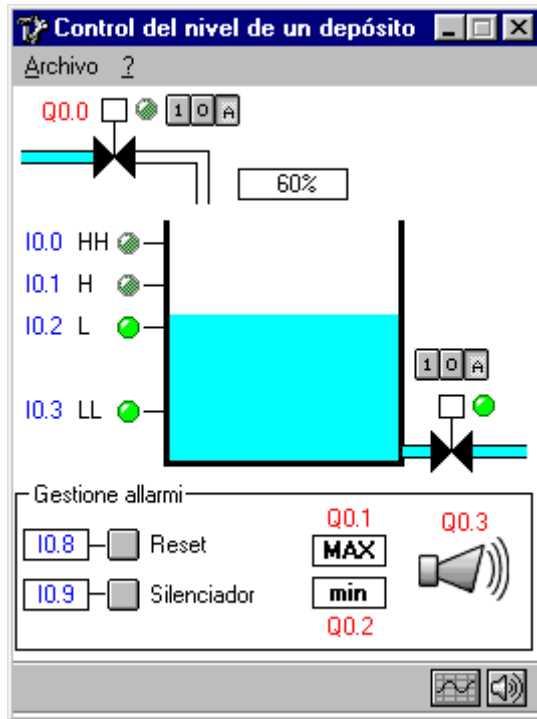
En la parte inferior de la ventana están representados el mando a distancia, con los botones de apertura y cierre, la regleta del cuadro eléctrico, destinada a efectuar las conexiones de los componentes de la instalación con las entradas y las salidas del PLC, y los botones para el movimiento manual.

La regleta está dividida en dos partes: a la izquierda se recogen las señales de entrada y a la derecha las de salida. Para cada tipo de señales hay un piloto indicador del estado, de color verde, cuyo encendido se corresponde con la activación de la entrada o de la salida. Cuando los dos últimos pilotos, de color **amarillo**, parpadean, informan de la intervención de una de las protecciones, térmica o magnética, del circuito de alimentación del motor.

El intermitente no está dotado de un circuito autónomo de parpadeo, es decir, cuando recibe alimentación se mantiene encendido continuamente. Pensando siempre en el aspecto didáctico, serán ustedes quienes deberán realizar el intermitente mediante una adecuada programación del PLC.

Fuente: www.festo\automatizacion.com

Figura 32. Aplicación 2 de electropneumática y PLC



Esta instalación les propone la tarea de regular el nivel de un depósito de líquido, de manera que pueda garantizarse el suministro a las instalaciones situadas a un nivel más bajo. Cuando la cantidad de líquido sea demasiado escasa o cuando se corra el riesgo de que el depósito rebose, será preciso introducir y gestionar unas alarmas. Esta instalación les propone la tarea de regular el nivel de un depósito de líquido, de manera que pueda garantizarse el suministro a las instalaciones situadas a un nivel más bajo. Cuando la cantidad de líquido sea demasiado escasa o cuando se corra el riesgo de que el depósito rebose ,será preciso introducir y gestionar unas alarmas.

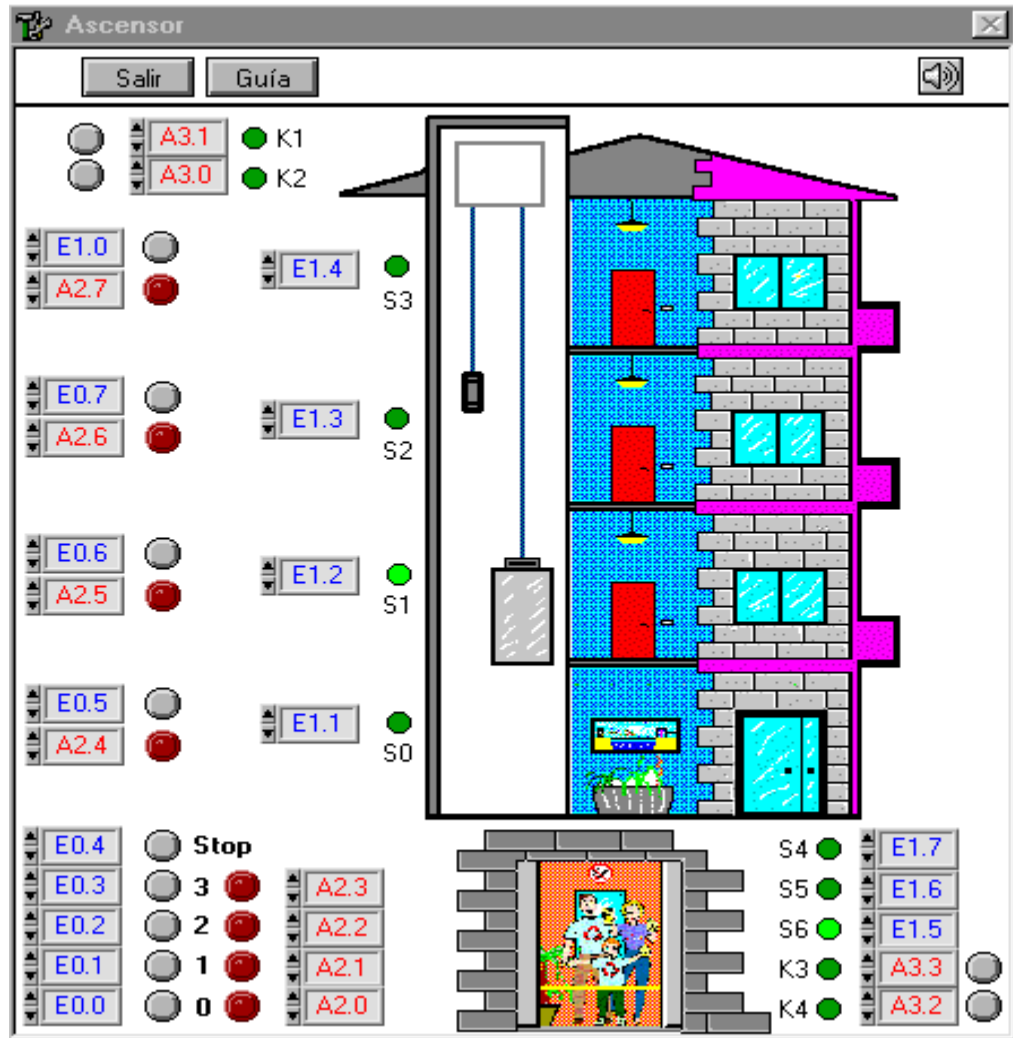
En la parte superior de la ventana aparece el depósito equipado con cuatro indicadores de nivel para detectar cuando se alcanzan los umbrales de funcionamiento y de alarma. Cada uno de ellos se activa cuando la altura del líquido en el depósito supera su propio nivel. La activación queda indicada con el encendido del piloto correspondiente.

Las tuberías de entrada y salida del líquido están interceptadas por válvulas. Los selectores permiten su funcionamiento en: manual con válvula abierta, manual con válvula cerrada y automático. En la modalidad automática, la posición de la válvula en la tubería de entrada está determinada por la salida del PLC a la que está conectada. La posición de la válvula de la tubería de salida se coloca al azar (de manera aleatoria) para simular las condiciones variables de los desagües en las instalaciones situadas a un nivel bajo.

La parte inferior de la ventana muestra el cuadro de los indicadores y del funcionamiento de las alarmas. Dicho cuadro dispone de dos pilotos indicadores de las alarmas y de una sirena, además de los botones para el reset de las alarmas y para silenciar la mencionada sirena.

Por último, la ventana Grabadora simula un componente muy común en las aplicaciones industriales: la grabadora de papel. Sobre un soporte de papel, con un eje vertical graduado con porcentajes y el horizontal con una escala de tiempos, se va marcando, momento a momento, el punto que corresponde al valor del nivel en el depósito. De esta forma, se verifica gráficamente la evolución a lo largo del tiempo (el trend) de la señal de nivel, lo cual le permitirá valorar la eficacia

Figura 33. Aplicación 2 de electropneumática y PLC



El escenario de esta instalación muestra una finca de cuatro pisos dotada de un ascensor del tipo tradicional, es decir, constituido por una cabina con contrapeso, accionada por un motor eléctrico. El motor está situado en un local habilitado para ello situado encima del hueco del ascensor. A la izquierda, para cada piso, se sitúan los finales de carrera, los botones de llamada y retorno y las luces indicadoras. En la parte de abajo aparece la entrada de la cabina, no visible en la representación del edificio, que permitirá controlar el estado y el movimiento de las puertas, la presencia de personas y la interrupción del rayo de la célula fotoeléctrica. A la izquierda de la puerta está representado el panel de control interno de la cabina, que aquí, por comodidad en su representación y su utilización, se ha situado fuera.

Fuente: www.festoautomatizacion.com

1.3.2 Estructura básica de un PLC

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos.

El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un controlador Programable propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfases de entradas/salidas (E/S)
- Módulo de memorias
- Unidad de programación

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes.

Fuente de Alimentación:

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

+ 5 V para alimentar a todas las tarjetas

+ 5.2 V para alimentar al programador

+ 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.

Unidad de Procesamiento Central (c.p.u.)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el **cerebro** del controlador.

La unidad central esta diseñado a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

Módulos o interfases de entrada y salida (e/s)

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso.

Tipos de módulos de entrada y salida

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

Módulos de entradas discretas

Módulos de salidas discretas

Módulos de entrada analógica

Módulos de salida analógica

MÓDULOS DE MEMORIAS

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente

Se cuenta con dos tipos de memorias:

Volátiles (**RAM**)

No volátiles (**EPROM y EEPROM**)

UNIDAD DE PROGRAMACIÓN

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización

Existen tres tipos de programadores los manuales (**Hand Held**) tipo de calculadora, Los de video tipo (**PC**), y la (**computadora**).

2. INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA

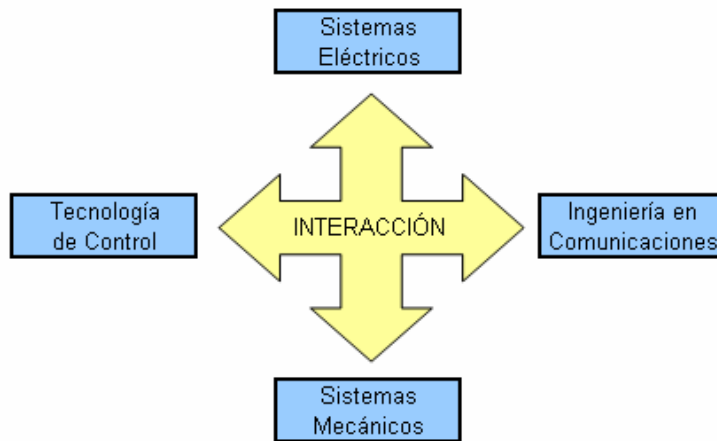
2.1 Gestión y preparación del salón

La industria de manufactura moderna ha cambiado considerablemente a lo largo de las últimas décadas. Quizás el cambio más radical es la presencia de electrónica en máquinas, sistemas y dispositivos que solían ser puramente mecánicos en el pasado. Además, la ciencia de la computación se ha vuelto más compleja, de manera que, ahora es posible implementar, gracias a electrónica digital altamente integrada, software de control para algoritmos de control, interfaces y procesamiento de señales usando tan sólo algunos pocos circuitos integrados. Como resultado, las habilidades y conocimientos de los trabajadores de la industria moderna deben abarcar mucho más que los conocimientos que necesitaría un simple usuario. La maquinaria tiene que ser diseñada, fabricada, instalada, puesta a punto, tiene que recibir mantenimiento, tiene que ser configurada y reparada. Dentro del proceso de producción, hay dos tendencias que pueden ser observadas:

- a) Interacción cada vez mayor entre sistemas mecánicos, tecnología de control, sistemas eléctricos, ingeniería en comunicaciones y tecnología de información.
- b) La tecnología de manufactura moderna se vuelve cada vez más compleja y sofisticada.

Educación, preparación profesional y entrenamiento amplios, junto con la habilidad de ver más allá de los límites impuestos por las disciplinas clásicas de la ingeniería, son necesariamente los requisitos de los futuros ingenieros.

Figura 34. **Esquema de las partes del Laboratorio de Neumática.**



Fuente: www.festo.com

2.2 Vista del nuevo laboratorio de neumática

El salón donde se montó el laboratorio se encuentra ubicado en el 2do. Nivel del Edificio T-1, el cual en el pasado funcionaba como laboratorio #6 del departamento de Física. El cual el salón fue reacondicionado para que sea funcional para impartir los nuevos cursos, el cual se pintó, se instaló una puerta de vidrio, se pulió el piso. A continuación se presentan algunas imágenes de cómo quedó el salón.

Figura 35. Vista frontal salón de neumática



Fuente: Salón de neumática, edificio T-1

Figura 36. Vista desde la entrada del salón



Fuente: **Salón de neumática, edificio T-1**

Esta vista, nos indica el acondicionamiento del equipo, el cual se instaló una pequeña red para simular los circuitos que se arman en los módulos neumáticos, el cual es un software configurado para poder trabajar 3 personas máximo.

Figura 37. Acondicionamiento de equipo en el salón



Fuente: Salón de neumática, edificio T-1

2.3 Equipamiento interno y externo

2.3.1 Características y montaje en la instalación

- 1) La instalación del equipo de electroneumática, comprendió inicialmente realizar una pequeña instalación eléctrica en el área de uno de los laboratorios de Física.
- 2) Instalación del compresor con acumulador para alimentar con aire comprimido el equipo neumático, el cual la instalación es adecuada con aislador para no provocar perturbaciones en el sistema.
- 3) Diseño de siete módulos de mesas y sillas para montar el equipo neumático, así como para acomodar a los estudiantes que recibirán el laboratorio.
- 4) Instalación del equipo específico de neumática, el cual consta de válvulas, cilindros, procesadores, señales de entrada y elementos finales. cada uno de estos dispositivos estarán conectados con un sistema de mangueras que hacen llegar el aire comprimido hasta los dispositivos finales y debido a las perdidas, la conexión de las mangueras hacia las válvulas debe de realizarse sin dejar fugas.

- 5) Montaje y configuración del software destinado para simular los circuitos neumáticos y electroneumáticos, que después de verlos funcionar en la computadora, se podrán armar con precisión en los módulos neumáticos.

- 6) Configuración de los dispositivos electroneumáticos, con las alimentaciones adecuadas para realizar la función de los mismos, que es controlar cualquier sistema de control, mecánico o físico.

2.4 Enfoque y normas de laboratorio

- 1) Iniciar con un proyecto para crear un Centro de Formación en Tecnologías de Automatización Industrial dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- 2) Preparar a los futuros ingenieros con la tecnología de automatización, para que tengan un alto valor en el mercado laboral.

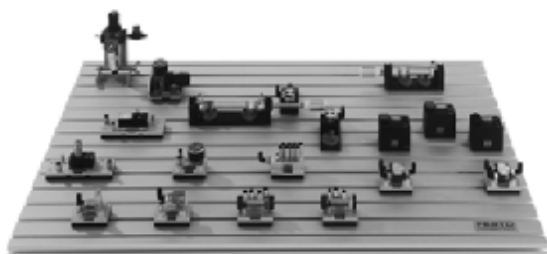
- 3) Estimular la industria nacional con la aplicación de técnicas de automatización de procesos, lo que significa mayor productividad, calidad y competitividad.

2.5 Equipo de neumática que utilizan los estudiantes en el laboratorio

Figura 38. Equipo de prácticas didácticas

Equipos de Prácticas de Neumática Equipos

Neumática, Nivel Básico TP 101



Objetivos didácticos:

- Fundamentos físicos
- Fundamentos y terminología de la técnica de mandos Secuencial de mando, flujo de señales, planificación y diseño de circuitos
- Componentes neumáticos de potencia para movimientos lineales
- Válvulas distribuidoras y de control
- Válvulas de causal, presión y flujo
- Elementos lógicos y esquemas
- Mandos sencillos
- Requerimientos de seguridad

Medios de estudio recomendados:

- Programa de autoestudio Fluid Studio® Neumática
- Programa de diseño y simulación FluidSIM® Neumática
- Libro de texto Neumática, Nivel Básico
- Libro de trabajo Neumática, Nivel Básico
- Juego de transparencias Neumática, Nivel Básico
- Video Neumática, Nivel Básico (Por favor, vea el capítulo Software y Courseware)

Accesorios recomendados:

- Placa de aluminio perforada (1100 x 700 mm) (Nº de artículo 109 411)
- Compresor (Nº de artículo 091 030) (Detalles técnicos y descripción: Capítulo de accesorios)

Componentes	Cantidad	Nº de artículo
Tubo de plástico 10 m, PU N 4 x 0,75	2	152 496
Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente cerrada	3	152 500
Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente abierta	1	152 551
Válvula de 5/2 vías, con selector	1	152 552
Manómetro	2	152 555
Válvula de 3/2 vías, accionamiento por rodillo, normalmente cerrada	3	152 556
Válvula de 3/2 vías, con rodillo abatible, normalmente cerrada	1	152 567
Válvula de 5/2 vías, accionamiento neumático unilateral	1	152 572
Válvula de 5/2 vías, doble solenoide, accionamiento neumático bilateral	3	152 573
Selector de circuito (3 Ø)	1	152 575
Válvula de simultaneidad (SHD)	1	152 576
Temporizador, normalmente cerrado	1	152 575
Válvula de escape rápido	1	152 580
Regulador de flujo unidireccional	2	152 591
Válvula de secuencia	1	152 584
Cilindro de simple efecto	1	152 597
Cilindro de doble efecto	2	152 598
Válvula de entrada con filtro y regulador, 40 psi	1	152 604
Regulador de presión con manómetro	1	152 595
Distribuidor	1	152 596
Conectores	1	152 598
Distribuidor rápido	10	152 128
Bandeja para componentes*	1	152 297
Equipo completo		030 240

* Datos técnicos y descripción: Capítulo de neumática - Componentes

* Las piezas del equipo se suministran en una bandeja que puede utilizarse como cajón en el sistema de puzos de trabajo.

Fuente: www.festo.com

Figura 39. Complemento de equipo didáctico

Equipo suplementario de	Componentes	Cantidad	Nº de artículo
Neumática Nivel Básico TP101 a			
Electroneumática Nivel Básico TP 201	BMS, triple**	1	167 261
	Entrada de señales eléctricas**	1	167 262
Suplementa el equipo de Neumática Nivel Básico TP101 para formar un equipo completo de Electroneumática Nivel Básico TP 201.	Unidad de indicación y distribución eléctrica**	2	167 264
Para ayudas a la formación y accesorios recomendados (véase TP201).	Interruptor de proximidad electrónico con fijación a cilindro	2	167 050
	Electroválvula de 3/2 vías con LED, normalmente cerrada	1	167 073
	Electroválvula de 5/2 vías con LED	2	167 074
	Electroválvula de impulsos de 5/2 vías con LED	1	167 076
	Convertidor neumático-eléctrico	1	177 459
	Final de carrera, eléctrico, accionado por la izquierda	1	183 322
	Final de carrera, eléctrico, accionado por la derecha	1	183 365
	Bandeja para componentes*	1	120 793
	Equipo suplementario completo		167 099

(Ínteriores y descripción: Capítulo de neumática – Componentes)

* Las piezas del equipo se suministran en una bandeja que puede utilizarse como cajón en el sistema de puestos de trabajo.

** Se necesitan cuatro clavijas enchufables para fijar los componentes a la placa perforada, (Nº de artículo 525 372) véase Accesorios.

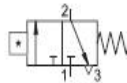
Fuente: www.festo.com

Figura 40. Características técnicas de válvulas detectores

Detector de proximidad neumático

TP102

Nº de artículo 152 870



Un imán permanente montado en el émbolo de un cilindro acciona una válvula neumática de 3/2 vías cuando lo atraviesa, emitiendo así una señal de control. Puede conseguirse una precisión de repetición de 0,1 mm si el detector se activa desde el lado de la conexión. Incluye conectores y kit para montaje en el cilindro.

Indicación _____ Indicación óptica del estado
 Margen de presión _____ 200 – 800 kPa (2 – 8 bar)
 Presión de la señal _____ La misma que la de funcionamiento
 Caudal 1...2 _____ Q_{nn} 40 l/min mínimo
 Caudal 2...3 _____ Q_{nn} 40 l/min mínimo

Fuente: www.festo.com

Figura 41. Características técnicas de válvulas pilotadas

Válvula neumática de 5/2 vías,
doble pilotaje



TP 101, TP 102, BIBB-P

Nº de artículo 152 873

La válvula neumática de doble pilotaje invierte su estado con señales alternativas por ambos pilotajes. El estado del circuito se mantiene al retirar la señal, hasta que aparece un señal en el pilotaje opuesto.

Construcción _____ Válvula de corredera, accionamiento directo bilateral
 Margen de presión _____ 250 – 1000 kPa (2,5 – 10 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 500 l/min
 Caudal nominal 1...4 _____ 500 l/min
 Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) ____ 5 ms

Selector de circuito (OR)



TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 875

Con el selector de circuito se obtiene presión en la salida aplicando presión a una cualquiera de las entradas (función OR).

Construcción _____ puerta OR (válvula selectora)
 Margen de presión _____ 100 – 1000 kPa (1 – 10 bar)
 Caudal nominal 1, 1/3...2 _____ 500 l/min

Válvula de simultaneidad (AND)



TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 876

Con la válvula de simultaneidad se obtiene presión en la salida aplicando presión a ambas entradas (función AND).

Construcción _____ puerta AND (válvula de simultaneidad)
 Margen de presión _____ 100 – 1000 kPa (1 – 10 bar)
 Caudal nominal 1, 1/3...2 _____ 550 l/min

Fuente: www.festo.com

Figura 42. Características técnicas de válvulas especiales

Cabezal de vacío y ventosa

TP 102

Nº de artículo 152 891



Cabezal de vacío y ventosa.

Construcción _____ Principio de eyector
 Vacío a 600 kPa (6 bar) _____ Mínimo 85 kPa (0,85 bar)
 Consumo de aire a 600 kPa (6 bar) _____ 15 l/min
 Frecuencia de conm. a 600 kPa (6 bar) _____ Máximo 10 Hz con 1 m de tubo

Elementos de conexión

TP 101, TP 102, BIBB-P, TP 111

Nº de artículo 152 898

(No mostrados)

Diversos racores rápidos, juntas y pequeñas piezas.

Relé, triple

TP 201, TP 202, BIBB-EP, TP 601, TP 602, TP 701, TP 702

Nº de artículo 162 241



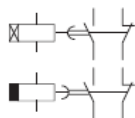
La unidad posee tres relés con terminales y dos barras para la alimentación.

Juego de contactos _____ 4 contactos conmutadores
 Carga de los contactos _____ Máximo 5 A
 Carga interrumpible _____ Máximo 90 W
 Tiempo de llamada _____ 10 ms
 Tiempo de caída _____ 8 ms

Temporizador, doble

TP 202, BIBB-EP, TP 602, TP 702

Nº de artículo 162 243



La unidad contiene un relé temporizador con retardo a la conexión y uno con retardo a la desconexión. Ambos relés pueden ajustarse indefinidamente utilizando el botón giratorio del potenciómetro.

Juego de contactos _____ 2 abiertos, 2 cerrados
 Carga de los contactos _____ Máximo 5 A
 Carga de corte _____ Máximo 100 W
 Retardo _____ 0,5 – 10 s ajustable

Fuente: www.festo.com

Figura 43. Características técnicas de Electroválvulas

Electroválvula de 5/2 vías con LED, de doble bobina



TP 201, TP 202, BIBB-EP, TP 301

Nº de artículo 167 076

Las señales de conmutación están indicadas por LEDs en el cuerpo. La válvula está dotada de dos accionamiento manuales. Las conexiones eléctricas están protegidas ante polaridad incorrecta para el LED y poseen circuito supresor.

Neumática:

Construcción _____ Válvula de corredera, pilotada

Margen de presión _____ 150 – 800 kPa (1,5 – 8 bar)

Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) _____ 10 ms

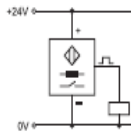
Caudal nominal 1...2 y 1...4 _____ 500 l/min

Eléctrico:

Consumo _____ 1,5 W

Ciclo de trabajo _____ 100 %

Sensor de proximidad, inductivo



TP 202, BIBB-EP, TP 602, TP 701, TP 301

Nº de artículo 178 574

Interruptor de proximidad que detecta la presencia de objetos conductores por un cambio en la inductancia y emite una señal. El sensor de proximidad tiene salida PNP y está diseñado como contacto normalmente abierto. Un LED amarillo indica el estado. El interruptor está protegido contra polaridad inversa y cortocircuito.

Tensión de conmutación _____ 10 – 30 V DC

Distancia nominal de conmutación _____ 4 mm (material S 235 JR)

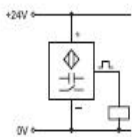
Frecuencia de conmutación _____ Máximo 800 Hz

Función de salida _____ Contacto normalmente abierto,

conmutación positiva

Corriente de salida _____ Máximo 400 mA

Sensor de proximidad, capacitivo



TP 202, BIBB-EP, TP 602, TP 702, TP 301

Nº de artículo 178 575

Interruptor de proximidad que detecta la presencia de objetos conductores por un cambio en la capacitancia y emite una señal. El sensor de proximidad tiene salida PNP y está diseñado como contacto normalmente abierto. Un LED amarillo indica el estado. El interruptor está protegido contra polaridad inversa, sobrecarga y cortocircuito.

Tensión de conmutación _____ 10 – 30 V DC

Distancia nominal de conmutación _____ 4 mm

Frecuencia de conmutación _____ Máximo 100 Hz

Función de salida _____ Contacto normalmente abierto,

conmutación positiva

Corriente de salida _____ Máximo 200 mA

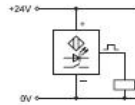
Fuente: www.festo.com

Figura 44. Característica de sensor óptico especial

Sensor de proximidad, óptico

TP 202, BIBB-EP, TP 602, TP 702, TP 301

Nº de artículo 178 577



Interruptor de proximidad que responde a señales de luz y emite una señal. La distancia de detección puede ajustarse con un potenciómetro. El sensor de proximidad tiene salida PNP y está diseñado como contacto normalmente abierto. Un LED amarillo indica el estado. El interruptor está protegido contra polaridad inversa y cortocircuito.

Tensión de conmutación _____ 10 – 30 V DC
 Distancia nominal de conmutación _____ 0 – 100 mm (ajustable)
 Frecuencia de conmutación _____ Máximo 200 Hz
 Función de salida _____ Contacto normalmente abierto, conmutación positiva
 Corriente de salida _____ Máximo 100 mA

Fuente: www.festo.com

Figura 38. Características técnicas de PLC

Kit de iniciación FEC® FST/MWT con interfase Ethernet



Los kits de iniciación FEC® de Festo Dedicado son ideales para introducción en la formación de PLC y para aquellos que desean trabajar con el software de programación FST (STL) o que están especialmente interesados en programar según IEC 1131-3 y para ello quieren utilizar MULTIFROG. El interfase Ethernet integrado, permite conectar varios controladores a un PC.

El kit de iniciación incluye el nuevo FEC® FC34 mini-PLC de Festo y el software de programación MULTIFROG. La única cosa que se necesita además es una fuente de alimentación de 24 V y un PC. Según el kit de iniciación pedido, el CD-ROM que lo acompaña o bien contiene el software FST en Inglés o Alemán, o el MULTIFROG en Inglés, Francés o Alemán; todos los manuales – incluyendo el manual de programación – se entregan como archivos PDF en Inglés y Alemán, y varias presentaciones Microsoft PowerPoint.

Accesorios necesarios:

– Fuente de alimentación de sobremesa o de escritorio
 (Datos técnicos y descripción: capítulo de Accesorios)

Para las posibilidades de conexión con caja de simulación, VICEP2 o Componentes del equipo TP 301, véase Electrónica/PLC – Sumario.

Componentes	Cantidad	Nº de artículo
FEC® FC34	1	
Cable de programación con convertidor TTL-RS232	1	
Simulador de entradas con 8 pulsadores e interruptores enclavables	1	
Software de programación en CD-ROM	1	
Kits de iniciación, completos:		
Kit de iniciación FEC® FST con interfase Ethernet		534 624
Kit de iniciación FEC® MWT con Interface Ethernet		192 778

Fuente: www.festo.com

3. CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES

3.1 Objetivos didácticos

- 1) Aborden individualmente y en grupos la solución a un problema tecnológico, diseñando y analizando las distintas soluciones de forma creativa y evaluando su idoneidad desde distintos puntos de vista.

- 2) Afianzamiento en las operaciones básicas del taller de tecnología: Trazar, cortar, clavar, pegar, soldar,...

- 3) Introducción a las fases del proyecto tecnológico y observación de la importancia de la aportación de cada integrante del grupo para un proyecto más complejo.

- 4) Sensibilizar al alumno sobre la importancia de la precisión en mediciones y su aplicación en la construcción del proyecto.

- 5) Sensibilizar al alumno ante la escasez de materias primas y reconocer las posibilidades de uso de materiales reciclados en la construcción del proyecto.

- 6) Planificar el proyecto tecnológico anticipando los recursos materiales y humanos necesarios.

- 7) Buscar un equilibrio entre los factores estéticos y funcionales.

- 8) Valorar la importancia que tiene el respeto a la diversidad de ideas en un proceso de trabajo en equipo como medio de enriquecimiento mutuo y del proceso en sí.

- 9) Conocer las propiedades y cualidades físicas y/o estéticas de los materiales.

La idea es crear un lugar para preparar ingenieros con tecnologías de automatización industrial, el cual no es algo nuevo en nuestra sociedad. A nivel nacional se ha escuchado mucho desde hace años, y quien sabe realmente por qué nunca se haya hecho nada. A nivel internacional es una realidad desde hace décadas, hay muchos ejemplos funcionales en países de Europa, en países de Asia, y más cerca de nosotros a nivel Latinoamericano. México es un ejemplo; ahora ya contamos con un laboratorio más en la Facultad de Ingeniería, el cual será algo nuevo y novedoso para todos los estudiantes del área de Mecánica Eléctrica.

3.2 Programa de estudio para neumática básica

Tabla I. Programa de estudio para neumática

DÍA	CONTENIDO A CUBRIR
1	<p>-Automatización de Procesos -NEUMÁTICA: ventajas y desventajas -Fundamentos Físicos -Elementos de Un Sistema Neumático -Generación, Preparación y distribución del aire comprimido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación: Tipos de compresores, acumuladores.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación Neumática • Preparación del aire: Secado, Filtrado, Lubricado del aire comprimido. <p>-Actuadores Neumáticos: tipos, uso, simbología.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actuadores lineales: cilindros neumáticos. • Dimensionamiento de los cilindros. • Actuadores giratorios • Motores neumáticos <p>-Válvulas Neumáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de Vías: representación Simbólica, conexiones-posiciones. • Tipos de accionamiento: Manual, mecánico, neumático y eléctrico. • Características constructivas: válvulas de asiento y de corredera.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de las válvulas de vías: 2/2, 3/2, 4/4, 5/2, 4/3 • Válvulas Pilotadas • Métodos de recuperación de las válvulas • Válvulas Monoestables y Biestables
4	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de Bloqueo: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula Antirretorno, regulador de caudal. • Válvula selectora "O" • Válvula de Simultaneidad "Y" • Válvula de escape rápido
5	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de estrangulación unidireccional (con antirretorno): • Regulación de aire escape y aire a presión
6	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de rodillo: Detección de la posición de final de carrera • Detección de la posición de final de carrera sin usar válvulas de rodillo.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de Presión: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula Reguladora de Presión • Válvula de Secuencia
8	<ul style="list-style-type: none"> • Temporizador Neumático <p>-Denominación de los Componentes</p>
9	<p>-Circuitos con dos o mas actuadores -Mando Secuencial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Croquis de Situación • Diagrama de Movimientos • Diagrama de Proceso
10	Examen final escrito y de montaje.

Fuente: Laboratorio de neumática, edificio T-1

3.3 Normas del laboratorio

Evaluación

- El laboratorio se aprueba con una nota de 61 puntos.
- Los aspectos a evaluar serán los siguientes:
- Asistencia a las prácticas
- Exámenes Teóricos
- Exámenes Prácticos
- Exámenes en el Software de Simulación

Comportamiento interno

- Se prohíbe el ingreso al laboratorio a personas bajo el efecto del alcohol.
- Se prohíbe el ingreso de alimentos y bebidas.
- Los estudiantes deben hacer buen uso del equipo de laboratorio.

Cuidado del equipo

- Al inicio de cada práctica se informará a los estudiantes del equipo que reciben, al finalizar la práctica se verificará que el equipo esté completo y en buen estado.
- El estudiante es responsable por daños causados al equipo.
- En caso de daño o extravío de equipo los estudiantes serán responsables de su reposición.

SANCIONES:

- El estudiante que no cumpla con las normas del laboratorio podrá ser expulsado del mismo.
- En caso de que un estudiante cause daños o extravío de equipo, se le retendrá la nota de laboratorio hasta que haga la reposición respectiva.

3.4 Grupos de estudiantes capacitados

Estudiantes de la escuela de mecánica eléctrica capacitados en el laboratorio de neumática:

GRUPO UNO

DURACIÓN: 2 SEMANAS

Tabla II. **Primer grupo de estudiantes capacitados**

11:00 - 13:00

No.	CARNET	NOMBRE
1	2002-13003	Mario Francisco Santizo Guerra
2	2001-12955	Juan Carlos Marroquin González
3	2001-13388	Ernesto Ruben Lopez Lopez
4	2002-12370	Axel Eduardo Morales Barrera
5	2002-12329	Jose Alfredo Marroquin De Leon
6	2001-17189	Gelbert Randolph Juarez Morales
7	2001-12922	Pedro Josue Vasquez Reyes
8	2001-12822	Arturo Alejandro Cruz Castro

GRUPO 2

DURACIÓN: 2 SEMANAS

Tabla III. **Segundo grupo de estudiantes capacitados**

11:00 - 13:00

No.	CARNET	NOMBRE
1	2002-12396	Andrea Xitumul
2	2003-12558	Marlon Elias Mendoza Dardón
3	2003-12907	Eliezer Josué Hernandez García
4	2003-13088	Byron Julian Villatoro Martinez
5	2003-13092	Florencio Alfredo Carrillo Tello
6	1994-16372	Miguel Angel Ramos
7	2003-13238	Oscar Daniel Garcia Quiñonez
8	2002-12360	Manuel Fernando Roman Velasquez

GRUPO 3
DURACIÓN: 2 SEMANAS

Tabla IV. Tercer grupo de estudiantes capacitados

11:00 - 13:00

No.	CARNET	NOMBRE
1	2002-17844	Hector Hugo Tzoc Menchu
2	2002-12274	Javier Orlando Noriega Herrera
3	2002-12437	Carlos Adrian Rivas De Leon
4	2000-10359	Fernando José Chavarria Recinos
5	2002-12297	Williams Armando Morales Monroy
6	2002-12162	Oswaldo Jose Hernandez Solorzano
7	2003-12374	Marlon Arturo Perez Rodas
8	2001-17676	Immer Othoniel Collado Gonzalez

GRUPO CUATRO
DURACIÓN: 2 SEMANAS

Tabla V. Cuarto grupo de estudiantes capacitados

16:00 - 18:00

No.	CARNET	NOMBRE
1	200212404	Eduardo Bonilla
2	200212160	Roberto Orozco
3	200212892	Javier Espinoza
4	1997-12117	Aldo Abilio Santa Cruz
5	1997-12114	Mynor Gabriel De Leon Estupe
6	1990-41425	Marco Vinicio Villatoro
7	2002-12920	David Anibal Figueroa

GRUPO CINCO
DURACIÓN: 2 SEMANAS

Tabla VI. Quinto grupo de estudiantes capacitados

16:00 - 18:00

No.	CARNET	NOMBRE
1	2003-13088	Byron Julián Villatoro
2	2003-13238	Oscar Daniel García
3	2003-13092	Florencio Alfredo Carrillo
4	2001-12881	Carlos Omar Ramirez
5	2003-12620	Luis Miguel Díaz
6	2003-12558	Marlon Mendoza Monzón
7	2002-12360	Manuel Fernando Román

Los estudiantes capacitados fueron del área de eléctrica, electrónica y mecánica, el cual los grupos de trabajo están integrados por cierto porcentaje de cada uno de ellos.

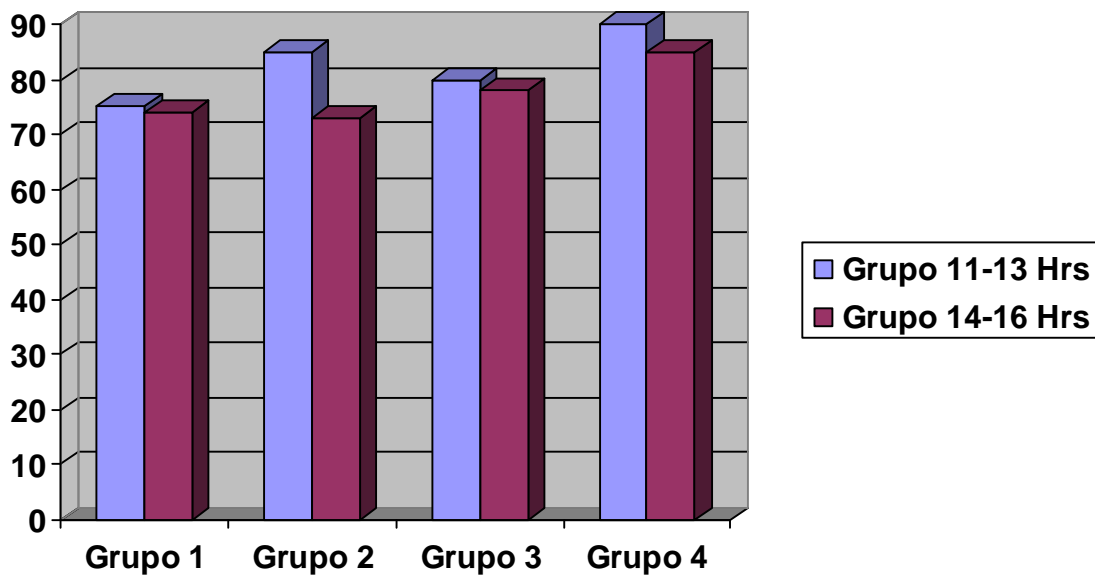
El contenido del curso de Neumática fue el mismo para cada grupo, el cual se cubrió todo el programa mencionado anteriormente.

La calificación de sus exámenes cortos y proyectos finales fue de lo más estricto posible, ya que según la nota del proyecto, se acreditaban el derecho a un diploma otorgado por Decanatura y avalado por la Escuela de Mecánica Eléctrica.

3.5 Estadísticas y gráficas del rendimiento de los grupos capacitados en el curso de Neumática

RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DE ACUERDO A LOS GRUPOS ESTABLECIDOS EN EL LABORATORIO.

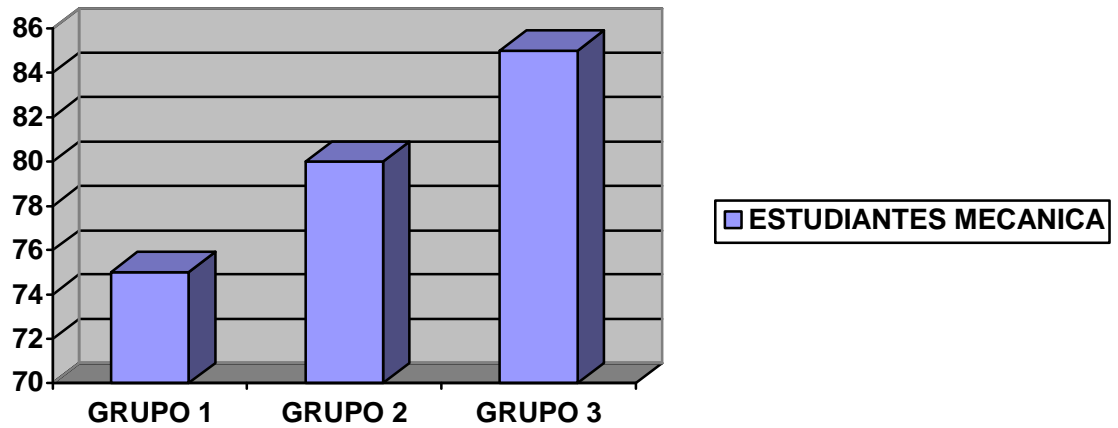
Figura 45. Gráfica del rendimiento de estudiantes



Esta gráfica nos indica como fue el rendimiento de los estudiantes en general de la escuela de Mecánica Eléctrica, según los grupos conformados de acuerdo al listado de asignación, el cual nos indica que el grupo número cuatro del horario de 11-13 hrs tuvo el mayor rendimiento en sus notas de proyectos y exámenes realizados durante su capacitación.

RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DE MECÁNICA EN EL CURSO DE NEUMÁTICA:

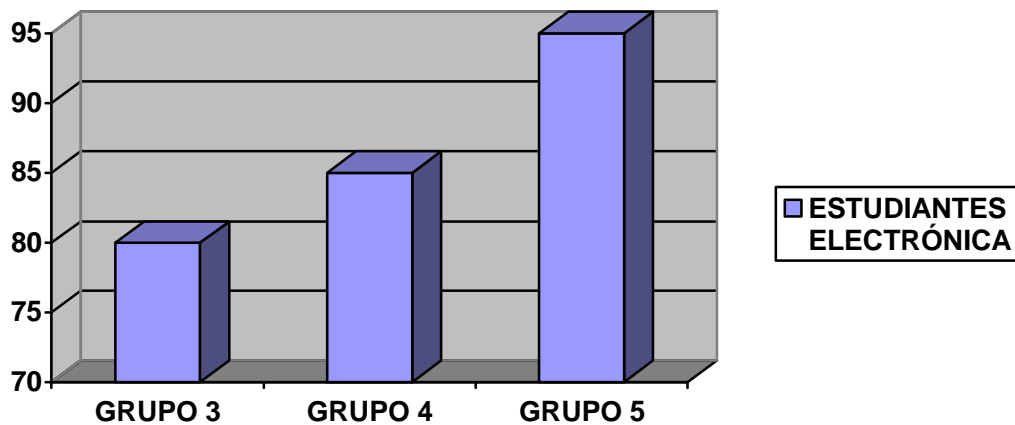
Figura 46. **Gráfica de rendimiento de estudiantes de Mecánica**



Esta gráfica nos muestra el rendimiento de los estudiantes de mecánica que fueron capacitados en cada grupo de trabajo, el cual el grupo 3 tuvo el mayor rendimiento.

RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DE ELECTRÓNICA EN EL CURSO DE NEUMÁTICA:

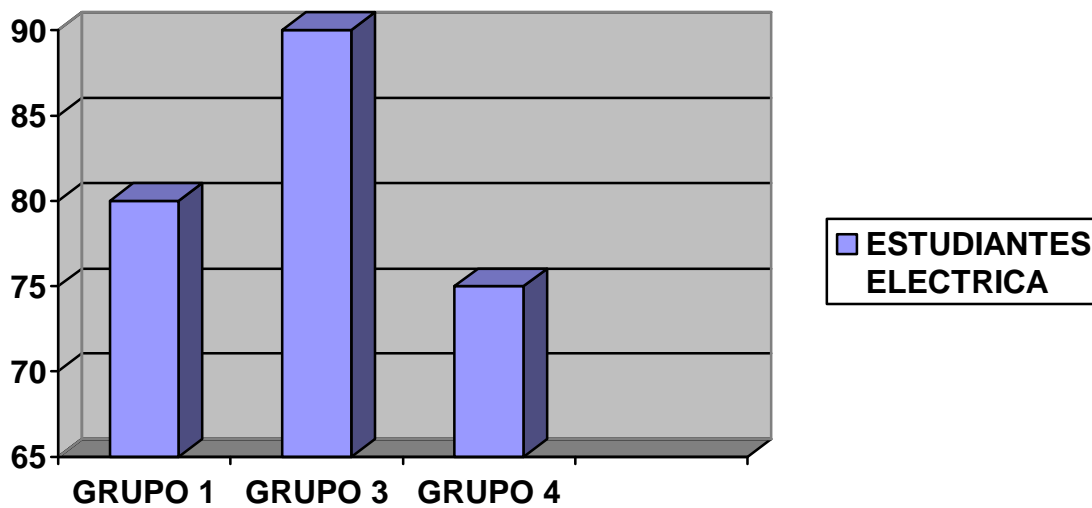
Figura 47. **Gráfica de rendimiento de estudiantes de Electrónica**



Esta gráfica nos muestra que el grupo 5 en donde estudiantes de electrónica en su mayoría, tuvieron el mayor rendimiento.

RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES DE ELÉCTRICA EN EL CURSO DE NEUMÁTICA:

Figura 48. **Gráfica de rendimiento de estudiantes de Eléctrica**



Esta gráfica nos muestra que de los estudiantes de eléctrica que conforman el grupo 3 tuvieron el mejor rendimiento durante la capacitación.

CONCLUSIONES

1. La instalación del equipo de Electroneumática comprendió inicialmente realizar una pequeña instalación eléctrica en el área de uno de los laboratorios de Física, dicha instalación sirvió para hacer funcionar el compresor y dispositivos eléctricos, actualmente, el laboratorio es uno de los más modernos de la Facultad de Ingeniería y cuenta con la tecnología de mayor envergadura.
2. Ingenieros y estudiantes dieron su visto bueno al laboratorio, al grado que es de su interés recibir capacitación sobre los cursos que en él se imparten, como lo es Neumática, Electroneumática y PLC, todos con diploma de participación al finalizar los mismos, avalado por la Escuela Mecánica Eléctrica y Decanatura.
3. Los estudiantes interesados en llevar los diversos cursos en el laboratorio, tienen que pagar a FUNSIN, la mínima cantidad de Q100.00, el cual sirve para autofinanciar el laboratorio. El pago en un principio se pensó que provocaría un disgusto para los estudiantes, pero es todo lo contrario, todos los estudiantes de las diversas carreras están muy interesados.
4. Actualmente en el laboratorio, se ha capacitado a más de 150 estudiantes, el cual todo el dinero recaudado ha servido para seguir comprando equipo para mejorar las instalaciones eléctricas. Actualmente, se compró una computadora con pantalla plana, un PLC de la más alta calidad y otro kit de dispositivos

neumáticos, con lo cual se estructura todo un laboratorio para simular cualquier circuito de control dentro de la industria.

5. Se pudo demostrar que lo más interesante del laboratorio es el conocimiento adquirido por los estudiantes, el cual es bastante óptimo, ya que se combina la parte teórica con la práctica, con un equipo de lo más avanzado en el mercado, demostrado a través de las simulaciones de circuitos industriales, que es lo que más llama la atención a los interesados.

RECOMENDACIONES

1. El laboratorio de Electroneumática es uno de los más modernos de la Facultad de Ingeniería, por lo mismo, es un ejemplo para seguir gestionando proyectos como éste, para así lograr que los estudiantes adquieran el conocimiento necesario para competir en la industria, pero para ello, es necesario hacer conciencia a los estudiantes que lo principal de la formación como futuros ingenieros son los laboratorios.
2. Los encargados del laboratorio deben velar por el buen funcionamiento del equipo, y para que ningún dispositivo se extravíe, así se va adquiriendo confianza y todos los dispositivos que se compren en el futuro, se tenga garantizado que va a estar en buenas manos, pues servirá para formar a los estudiantes.
3. Se debe de dar más publicidad al laboratorio, ya que con la adquisición del nuevo equipo de PLC, no sólo podría funcionar para capacitar a los estudiantes, sino que también, para capacitar al personal de las diversas empresas que trabajan con automatización industrial, el cual son la mayoría.

4. En el laboratorio se cuenta con dos módulos muy completos de aplicación de neumática, electroneumática y PLC, por lo que sería aconsejable, que algunos estudiantes de la carrera de mecánica eléctrica, pudieran poner en marcha dichos módulos, y que los mismos tuviesen validez como proyectos de curso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Deppert, w. Stoll. Aplicaciones de la Neumática. 5ta. ed. Argentina: Editorial Vogel Verlag, 1979.
2. Bocksnick, B. Fundamentos de la técnica de mando, Festo Didactic. Alemania: Editorial Esslingen, 1988.
3. Deppert, w. Stoll. La neumática en la técnica del embalaje. 10 ed. Argentina: Editorial Vogel Verlag, 1985.
4. Meixner, H. Kobler. Introducción a la neumática. 10 ed. México: Editorial Esslingen, 1979.
5. Hasebrink and Kobler. Fundamentos de la técnica de mando. 5ta. ed. Alemania: Editorial Esslingen, 1979.
6. Festo H. Automatización y Control Industrial. 10 ed. Alemania: Editorial ACISA Nivel Básico Neumática TP 101, 1981
7. Meixner, H. Kobler. Mantenimiento de equipos e instalaciones neumáticas. 11 ed. México: Editorial Esslinger 1984
8. Festo H. Automatización y Control Industrial. 10 ed. Alemania: Editorial ACISA Nivel Básico Electroneumática TP 102, 1983.

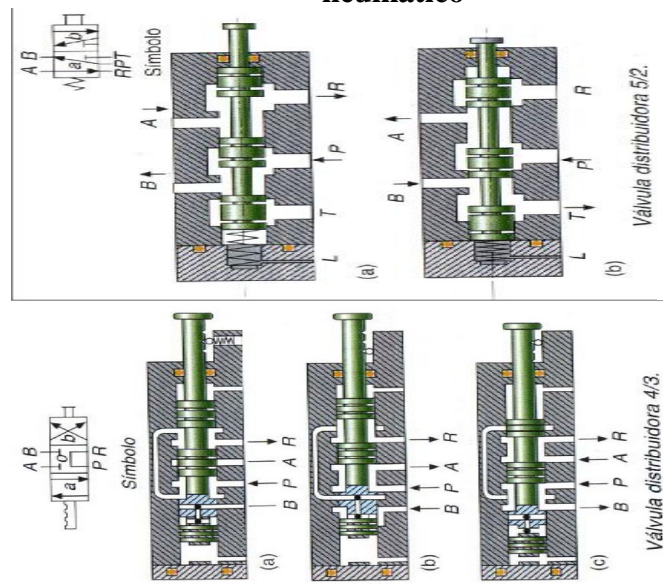
ANEXOS

Ejercicios de proyectos finales, realizados por los estudiantes capacitados en el curso de Neumática Básica:

Al finalizar la capacitación a los estudiantes, estos como proyecto final tienen que realizar un esquema de automatización simulando un proceso industrial utilizando tecnología neumática, con todas las válvulas cuyo funcionamiento se explicó en los seminarios impartidos por el catedrático del curso.

Las válvulas más importantes utilizadas en los esquemas neumáticos son las siguientes:

Figura 43. Forma Constructiva de válvulas más importantes en un esquema neumático



Fuente: www.festo.com

A continuación presentamos los mejores proyectos finales de neumática realizados por estudiantes capacitados en el laboratorio.